

MODELIRANJE INOVATIVNOSTI PODUZEĆA POMOĆU INTELIGENTNE PODATKOVNE ANALITIKE

Martinović, Marko

Doctoral thesis / Disertacija

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Economics in Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:145:036985>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-04**



Repository / Repozitorij:

[EFOS REPOSITORY - Repository of the Faculty of Economics in Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Ekonomski fakultet u Osijeku

Međunarodni međusveučilišni poslijediplomski interdisciplinarni doktorski studij

Poduzetništvo i inovativnost

Marko Martinović

**MODELIRANJE INOVATIVNOSTI PODUZEĆA
POMOĆU INTELIGENTNE PODATKOVNE
ANALITIKE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentorica: prof.dr.sc. Mirna Leko-Šimić

Komentor: prof.dr.sc. Antonio Petošić

Osijek, 2022.

Universtity Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Faculty of Economics in Osijek

International inter-university postgraduate interdisciplinary doctoral program

Entrepreneurship and Innovativeness

Marko Martinović

MODELLING INNOVATIVENESS OF AN ENTERPRISE USING INTELLIGENT DATA ANALYTICS

DOCTORAL THESIS

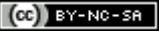
Mentorica: prof.dr.sc. Mirna Leko-Šimić

Komentor: prof.dr.sc. Antonio Petošić

Osijek, 2022.

IZJAVA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI, PRAVU PRIJENOSA INTELEKTUALNOG VLASNIŠTVA, SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je doktorski rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da je Ekonomski fakultet u Osijeku, bez naknade u vremenski i teritorijalno neograničenom opsegu, nositelj svih prava intelektualnoga vlasništva u odnosu na navedeni rad pod licencom *Creative Commons Imenovanje – Nekomercijalno – Dijeli pod istim uvjetima 3.0 Hrvatska*. 
3. Kojom izjavljujem da sam suglasan/suglasna da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Ekonomskoga fakulteta u Osijeku, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, NN br. 123/03, 198/03, 105/04, 174/04, 02/07, 46/07, 45/09, 63/11, 94/13, 139/13, 101/14, 60/15).
4. izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

Ime i prezime studenta: Marko Martinović

JMBAG: 144

OIB: 33160665334

e-mail za kontakt: marko.martinovic@unisb.hr

Naziv studija: Poslijediplomski doktorski studij Poduzetništvo i inovativnost

Naslov rada: Modeliranje inovativnosti poduzeća pomoću inteligentne podatkovne analitike

Mentorica rada: prof.dr.sc. Mirna Leko Šimić

Komentor rada: prof.dr.sc. Antonio Petošić

U Osijeku, 5.7.2022. godine

Potpis



SAŽETAK

Inovativnost predstavlja ključ uspjeha, ekonomskog rasta, održivog razvoja te opstanka poduzeća i ekonomija. Doktorski rad analizira inovativnost i inovativne karakteristike poduzeća koristeći se statističkim metodama i metodama strojnog učenja. U radu se istražuje odnos inovativnosti proizvoda, procesa, marketinga, usluge i organizacijske inovativnosti s inovacijskim aktivnostima te pripadajućim izdacima. Nadalje analizira se suradnja na inovacijama, učinak javnih potpora inovacijama te ekološki aspekti inovacija.

Glavno istraživačko pitanje glasi: Kako povećati razinu inovativnosti poduzeća u Republici Hrvatskoj? Da bi se odgovorilo na to pitanje identificirani su ključni čimbenici inovativnosti poduzeća preko modela za raspoznavanje inovativnosti na temelju značajnih ulaznih prediktora.

Ispitivanje povezanosti te identificiranje ključnih faktora inovativnosti poduzeća provedeno je kroz metode strojnog učenja, napose upotrebom metode umjetnih neuronskih mreža te metode slučajnih šuma. Istraživanje je provedeno nad „*Community Innovation Survey*“ bazom podataka za Republiku Hrvatsku s veličinom uzorka preko četiri tisuće poduzeća.

Rezultati upućuju da je Republika Hrvatska umjereni inovator te se u posljednje vrijeme primjećuje stanoviti napredak. No i dalje postoje prepreke u obliku nedovoljno razvijenog inovacijskog ekosustava te ne podupiruće pravno legislativne okoline. Rezultati ukazuju da ulaganja u inovacijske aktivnosti povećavaju stupanj inovativnosti poduzeća, isto kao i ohrabrivanje poduzeća da surađuju na izradi inovacija. Ekološke aktivnosti dodatno podupiru razvoj inovacija, a najmanji i zanemariv doprinos inovacijama dolazi od javnih potpora inovacijama.

Identificiranjem odnosa inovacijskih aktivnosti, suradnje, javnih potpora, ekologije i inovativnosti poduzeća te određivanjem pripadajućih ključnih čimbenika povezanih s inovativnošću poduzeća, moguće je dati određene preporuke. Takve smjernice mogu poslužiti nositeljima inovacijskih politika kao podloga za donošenje odluka prilikom unaprijeđenja inovacijskog okvira. Rezultati mogu biti uvaženi i prilikom izrade određenih strateških dokumenata.

Ključne riječi: inovacije, inovativnost, poduzeće, strojno učenje, neuronske mreže

Title: **Modelling innovativeness of an enterprise using intelligent data analytics**

ABSTRACT

Innovation is the key to success, economic growth, sustainable development and the survival of companies and economies. This dissertation analyzes the innovativeness and innovative characteristics of enterprises using statistical and machine learning methods. The thesis tests the relationship between product, process, marketing, service, and organizational innovation with innovation activities and related expenditures. It also analyzes collaboration in innovation, the impact of public support for innovation, and the environmental aspects of innovation.

The main focus of the research is on the question: How to increase the innovation capacity of companies in the Republic of Croatia? To answer this question, the key factors of innovativeness were identified using a model based on significant input predictors.

The identification of the key innovation factors was performed using machine learning methods, in particular the artificial neural network method and the random forest method. The research was conducted using the Community Innovation Survey database for the Republic of Croatia with a sample size of over four thousand companies.

The results show that the Republic of Croatia is a moderate innovator and that some progress has been made recently. However, there are still obstacles in the form of an underdeveloped innovation ecosystem and a less than supportive legal and legislative environment. The results suggest that investing in innovation activities increases the level of innovativeness of firms and encourages companies to collaborate in creating new products and services. Environmental activities further support the development of innovation, and the smallest and negligible contribution to innovation comes from public support for innovation.

By determining the relationship between innovation activities, collaboration, public support, ecology and company innovativeness and identifying the relevant key factors, it is possible to make certain recommendations. Such guidelines can serve as a basis for innovation policy makers to make right decisions. The results can also be considered in the preparation of certain strategic documents.

Keywords: innovation, innovativeness, enterprise, machine learning, neural networks

SADRŽAJ

1	Uvod	1
1.1	Istraživački problem i tema istraživanja	5
1.2	Ciljevi rada i istraživačka pitanja	7
1.3	Očekivani znanstveni doprinos rada	9
2	Teorijska podloga	12
2.1.	Inovativnost gospodarstava i konkurentnost	14
2.1.1.1	<i>Inovacijske politike</i>	<i>16</i>
2.1.1.2	<i>Konkurentnost</i>	<i>18</i>
2.1.1.3	<i>Izazovi modernog doba</i>	<i>21</i>
2.1.2	Globalni indeks inovativnosti (GII)	26
2.1.2.1	<i>Globalni indeks inovativnosti (GII) - Hrvatska</i>	<i>31</i>
2.1.3	Međunarodni indeks inovativnosti	32
2.1.4	Europska ljestvica uspjeha u inoviranju	35
2.1.4.1	<i>EIS Izvješće za 2019.</i>	<i>40</i>
2.1.4.2	<i>EIS Izvješće 2019. za Hrvatsku</i>	<i>45</i>
2.1.5	Regionalni inovacijski indeks (RIS)	48
2.1.5.1	<i>Regionalni inovacijski indeks (RIS) za Republiku Hrvatsku</i>	<i>51</i>
2.1.6	Globalni indeks konkurentnosti (GCI)	52
2.1.7	Bloomberg indeks inovativnosti (BII)	59
2.1.8	Ljestvice digitalizacije i digitalne konkurentnosti	60
2.1.9	Osvrt na rezultate analize inovativnosti ekonomija	64
2.2	Inovativnost poduzeća	66
2.2.1	Community Innovation Survey (CIS)	76
2.2.1.1	<i>Okolnosti i razvoj projekta CIS</i>	<i>76</i>
2.2.1.2	<i>Definicije inovativnosti i inovativnih aktivnosti (CIS2014)</i>	<i>81</i>
2.2.1.3	<i>Rezultati CIS istraživanja</i>	<i>85</i>
2.2.2	Global Entrepreneurship Monitor (GEM)	90
2.2.2.1	<i>Konceptualni okvir</i>	<i>92</i>
2.2.2.2	<i>Ukupna poduzetnička aktivnost u ranoj fazi (TEA)</i>	<i>96</i>
2.2.2.3	<i>Poduzetničko okruženje</i>	<i>97</i>
2.2.2.4	<i>GEM i inovativnost</i>	<i>101</i>
2.2.2.5	<i>GEM Hrvatska</i>	<i>108</i>
2.3	Hrvatska inovacijska politika	117
2.3.1	Nacionalni inovacijski ekosustav	117
2.3.2	Razvojne strategije inovacijskog ekosustava Republike Hrvatske	123
2.3.2.1	<i>Strategija poticanja inovacija Republike Hrvatske 2014.-2020.</i>	<i>124</i>
2.3.2.2	<i>Strategija pametne specijalizacije (S3)</i>	<i>126</i>
2.3.2.3	<i>Nacionalna razvojna strategija Republike Hrvatske do 2030. godine</i>	<i>132</i>

2.3.3	Inovativnost i Republika Hrvatska.....	141
3	Prethodna istraživanja.....	145
4	Metodologija rada	151
4.1	Hipoteze istraživanja	152
4.2	Primarne i sekundarne metode istraživanja	157
4.3	Podaci.....	158
4.3.1	Metodologija provođenja anketnog istraživanja	158
4.3.2	Uzorak.....	160
4.3.3	Obrazac	161
4.4	Ulazno-izlazni parametri	162
4.4.1	Varijable.....	163
4.5	Metode strojnog učenja.....	165
4.5.1	Pojam, vrste i način rada strojnog učenja	165
4.5.2	Umjetne neuronske mreže (ANN)	167
4.5.3	Slučajne šume i stabla odlučivanja	171
5	Opis i rezultati istraživanja	176
5.1	Opis ulazno-izlaznih atributa modela.....	176
5.2	Uzorkovanje podataka i testiranje učinkovitosti modela	179
5.3	Ostali parametri modela	181
5.4	Izrada modela	184
5.4.1	Izrada modela na temelju inovacijskih aktivnosti.....	184
5.4.2	Izrada modela temeljem javne potpore inovacijskim aktivnostima.....	186
5.4.3	Izrada modela na osnovu suradnje s drugim organizacijama i institucijama.....	187
5.4.4	Prikaz i analiza odnosa inovativnih poduzeća koji potiču očuvanje okoliša	188
5.5	Rezultati dobivenih modela	189
5.5.1	Rezultati modela za prepoznavanje inovativnih poduzeća na temelju aktivnosti i ulaganja u inovacije	189
5.5.1.1	Analiza atributa modela	189
5.5.1.2	Redukcija ulaznih dimenzija	192
5.5.1.3	Rezultati metoda i modela hipoteze H1 - Model1.....	197
5.5.1.4	Rezultati metoda i modela hipoteze H1 - Model1'	211
5.5.1.5	Rezultati modela za prepoznavanje inovativnih poduzeća na temelju ulaganja u inovacijske aktivnosti.....	219
5.5.2	Rezultati modela za predviđanje inovativnih poduzeća temeljem javne potpore inovativnim aktivnostima	226

5.5.3	Rezultati modela za predviđanje inovativnih poduzeća na osnovu suradnje s drugim organizacijama i institucijama	233
5.5.4	Rezultati modela inovativnih poduzeća koja potiču ekološke inovacije	238
6	Rasprava.....	245
6.1	Analiza rezultata modela temeljenih na inovacijskim aktivnostima	245
6.2	Analiza rezultata modela na temelju ulaganja u inovacijske aktivnosti	250
6.3	Analiza rezultata modela baziranih na javnim potporama inovacijama	254
6.4	Analiza rezultata modela zasnovanog na suradnji s drugim organizacijama ..	257
6.5	Analiza rezultata modela na osnovu ekoloških inovacija	261
7	Zaključak.....	266
8	Literatura	271
	Popis tablica	i
	Popis slika.....	iii
	Popis grafikona	iv
	Popis kratica	vi
	Prilozi.....	ix

1 Uvod

Inovacija zauzima središnje mjesto u razvoju modernih ekonomija, samoodrživosti, standarda življenja i gospodarskog rasta te predstavlja temeljnu odrednicu gospodarskog prosperiteta i napretka.

Mnoge razvijene zemlje prepoznale su značaj inovacija te su inovacije uvrstile u temelj svojih gospodarskih i ekonomskih politika. Države atribuirane kao inovacijski lideri ujedno su i gospodarski najrazvijenije ekonomije.

Postizanje visokog statusa i pozicije unutar globalnog inovacijskog lanca nije jednostavan, niti lagan zadatak. Za uspješno pozicioniranje potrebno je kontinuirano raditi na unaprjeđenju inovacijskog ekosustava te ne skretati fokus s bitnih stvari. To se može ostvariti definiranjem i provođenjem jasnih i preciznih ekonomskih politika i pratećih aktivnosti.

Poticanje inovativnosti prvenstveno je zadaća nacionalnih ekonomija da oforme stimulirajući, cjelovit i funkcionalan inovacijski ekosustav. Također, potrebno je napraviti temeljite strukturne reforme s ciljem stvaranja kanala za nesmetani tok komercijalno uspješnih inovacija. Kvalitetna inovacijska politika i strategija, temelj je daljnjeg razvoja gospodarstva.

Većina zemalja je svjesna važnosti inovacija, no preuzimanje deklarativnog inovacijskog okvira - koristeći se primjerima dobre prakse iz drugih država - neće osloboditi puni inovacijski potencijal. Parcijalna i fragmentirana rješenja obično ne završe s željenim optimalnim ishodima.

Uspostavom dugoročno održivog nacionalnog inovacijskog sustava potiče se prosperitet društva na nekoliko načina (Atkinson i Ezell, 2014). Unaprjeđenjem inovacijskog kapaciteta postojećih poduzeća poboljšava se njihova produktivnost, a preko rasta produktivnosti poslovnog sektora, raste i produktivnost ukupnog gospodarstva. Drugi ishod je direktna posljedica inovacija, a predstavlja stvaranje novo dodanih vrijednosti kroz proizvode i usluge. Novostvorena vrijednost zajedno s povećanom produktivnosti podiže konkurentnost nacionalne ekonomije te gospodarstvo bolje pozicionira unutar globalnog vrijednosnog lanca.

U današnje vrijeme inovacija nije izbor, nego je nužna paradigma za opstanak poduzeća i ekonomija. U prošlosti je protok inovacija tekao znatno sporije nego danas, a gospodarstva su

se većinom oslanjala na tradicionalne i konvencionalne industrije. U utakmici današnjeg doba, globalna inovacijska prednost igra presudnu ulogu. Razvijena gospodarstva s višim ekonomskim standardima osiguravaju veće prihode svojih zaposlenika, a radno i kapitalno intenzivne industrije optimiziraju svoje troškove izvan granica domaće ekonomije (Atkinson i Ezell, 2014). Da bi se kompenzirali takvi učinci potrebno je biti konkurentniji i inovativniji. Konkurentska prednost se ostvaruje automatizacijom i zamjenom radne snage kao i premještanjem težišta od konvencionalnih industrija vezanih za proizvode prema inteligentnim i visokotehnološkim uslužnim industrijama.

Centralna odrednica inovativnosti gospodarstva je inovativnost poduzetništva. Poduzeća su ta koja stvaraju inovacijsku oluju kreativne destrukcije (Schumpeter, 1934) te pomiču frontu razvoja prema naprijed. U kaotičnom okruženju opstaju oni koji se znaju prilagoditi promjenama, a promjena jest inovacija. Ukoliko se ne prilagode, poduzeća najčešće izgube tržište i prestaju postojati, dok se s druge strane stvaraju nova poduzeća. Taj ciklus protoka i izmjene poduzetničkog kontingenta je važan proces te je njime potrebno kvalitetno upravljati.

Postoji puno definicija, no načelno inovacija predstavlja uvođenje nečeg novog što će unaprijediti postojeće stanje organizacije u bilo kojem obliku. Obično se to reflektira uvođenjem novih proizvoda i usluga. Međutim, često su presudne inovacije koje krajnji korisnici direktno ne vide, a to su inovacije procesa, inovacije unutarnjeg uređenja tvrtke te inovacije marketinga. Takve će inovacije u konačnici korisnici indirektno osjetiti kroz kvalitetu proizvoda/usluga, dužeg opstanka proizvoda na tržištu i sl.

Sa druge strane, ukoliko poduzeća ulažu u inovacije, postoji vjerojatnost da neće uspjeti plasirati željene proizvode na tržište te shodno tome riskiraju svoj opstanak. Uspješnost lansiranja novih proizvoda i usluga nije visoka, što za mala ili startup poduzeća znači prestanak poslovanja. Prema tome, poduzeća se nalaze između dvije sile. S jedne strane suočavaju se s rizikom stvaranja novog proizvoda i potencijalnim neuspjehom, a s druge strane, ukoliko ne inoviraju, upitan im je opstanak na tržištu. Osnovno pitanje nije – je li potrebno inovirati – nego, na koji način to napraviti da se optimizira rizik i poveća vjerojatnost opstanka tvrtke na tržištu.

Poduzeća trebaju ustrojiti odjele za menadžment inovacija koji će se usredotočiti na sve aspekte inovativnosti unutar organizacije. Potrebno je stvoriti poslovnu klimu otvorenu za nove ideje te spremnu za učenje i usvajanje novih paradigmi. Inovacija se može gledati kao kontinuirani proces koji neprestano stvara male pomake, što u konačnici rezultira s velikim promjenama.

Da bi se uspješno upravljalo inovacijama potrebno je kvantificirati podatke. Time je moguće pronaći međupovezanosti čimbenika i shodno tome poduzimati aktivnosti s ciljem povećanja šanse za uspješan ishod inovacije. Kvantificiranje inovacija zahtjeva precizne definicije i sistematsko uniformni diskurs. Poželjno je imati velike baze podataka iz kojih se mogu donositi kvalitetni zaključci.

Mjerenje inovativnosti na razini poduzeća nije jednostavno niti jednoznačno (Artige, 2016). Inovativnost obuhvaća jednim dijelom skup intrinzičnih (internih) aktivnosti poduzeća koje nije moguće vidjeti iz javno dostupnih financijskih podataka u godišnjim izvješćima. U prošlosti je to predstavljalo težak zadatak jer su podaci bili oskudni i oslanjali su se na tada jedino dostupne pokazatelje. To su uglavnom bili podaci o ulaganju u istraživanje i razvoj te izvještaji o prodaji novih proizvoda i usluga.

Iznos ulaganja u I&R je mjerljiv podatak te je sastavni dio financijskih ili računovodstvenih izvoda. No, ulaganje u istraživanje i razvoj obuhvaća samo jednu od mnogobrojnih inovacijskih aktivnosti te ne mora nužno predstavljati najvažniju komponentu (Studený, Barteles i dr., 2016).

Zbog navedenih ograničenja došlo je do inicijative međunarodnih organizacija da unificiraju definiciju inovacije. Upute kako na pravilan način pratiti inovativno ponašanje na razini pojedinih poduzeća napravila je „Organizacija za ekonomsku suradnju i razvoj“ – OECD, izdvajajući „Oslo manual“ - priručnik pod nazivom „Upute za prikupljanje i interpretaciju podataka o inovacijama“ (OECD, 2005). Sukladno tom priručniku provedena su brojna istraživanja inovativnosti poduzeća, a jedno od najrelevantnijih je „Community innovation survey“ CIS (Eurostat CIS). Također, na području Europske unije može se izdvojiti i Fraunhofer-Gesellschaft institut s projektom: „European Manufacturing Survey“ (Fraunhofer i Lerch, 2014)

Nakon što je ustaljena praksa prikupljanja jednoobraznih podataka, postalo je moguće provoditi kvalitetna istraživanja na velikom broju poduzeća. Istraživači nastoje opisati zakonitosti i međupovezanosti poduzetih aktivnosti te rezultirane inovacijske izvedbe. Iako postoje napor u modeliranju inovativnosti od strane brojnih autora i u mnogim zemljama, većina prethodnih istraživanja bazira svoju metodologiju na standardnim statističkim metodama koje su se pokazale pod-optimalnima pri rješavanju visoko nelinearnih problema (Hajek i Henriques, 2017; Hajek i Stejskal, 2015; Wang i Chien, 2006).

Budući da je problem međudodnosa inovacijskih komponenti kompleksan, u istraživačkom dijelu rada pristupit će se modeliranju pomoću naprednih nelinearnih metoda strojnog učenja. Takve metode su se do sada pokazale uspješne u brojnim područjima primjene. Korištenjem metoda strojnog učenja kreirat će se statistički modeli - sukladno glavnom istraživačkom pitanju - te identificirati čimbenike preko kojih je moguće unaprijediti inovacijsku izvedbu hrvatskih poduzeća.

U prvom dijelu rada opširno je opisana teorijska podloga inovacija i to zasebno za poduzeća i za nacionalne ekonomije. U poglavlju „*Inovativnost gospodarstava i konkurentnost*“ uključene su analize nacionalnih inovacijskih ekosustava, konkurentnost ekonomija te današnji izazovi. Detaljno su opisane metodologije mjerenja inovacijskih izvedbi država kroz različita međunarodna izvješća i njihove usporedbe. Primjeri takvih međunarodnih projekata su Globalni indeks inovativnosti (GII), Europska ljestvica uspjeha u inoviranju, Globalni indeks konkurentnosti (GCI) itd.

Kroz sve navedene izvještaje nacionalnih inovacijskih izvedbi, Republika Hrvatska je zasebno analizirana s ciljem boljeg razumijevanja konteksta i problematike u kojoj se nalaze domaća poduzeća. Takva saznanja će se koristiti kasnije u diskusiji i interpretaciji rezultata.

Inovativna i konkurentna nacionalna ekonomija je željeni cilj, a on se može postići podizanjem razine inovativnosti poduzeća. Ukoliko poduzetništvo (napose malo i srednje) oslobodi svoj inovacijski potencijal to će se direktno reflektirati i na poziciju gospodarstva.

Inovativnost na razini poduzeća predstavlja središnju temu rada te je detaljno obrazložena. Stoga, u poglavlju „*Inovativnost poduzeća*“ opisan je značaj inovacija iz perspektive samog poduzeća. Pojašnjeno je u kakvom se okruženju danas poduzeća nalaze te koji čimbenici podupiru i guše inovativnost. Također, podrobno su opisani: inovacijski ciklusi, tipovi inovacija, doseg inovacija, menadžment inovacija, proces nastanka inovacija itd.

Posebna pažnja stavljena je na dva velika projekta povezana s inovativnosti i poduzetništvom – „*Community Innovation Survey (CIS)*“ te „*Global entrepreneurship monitor (GEM)*“. Oba projekta su anketno temeljena istraživanja na razini poduzeća (CIS) ili poduzetnika (GEM). CIS projekt predstavlja glavni izvor podataka za metodološku analizu rada i jedan je od rijetkih projekata koji je usko specijaliziran isključivo na analizu inovativnosti poduzeća, a GEM projekt predstavlja najobuhvatnije istraživanje poduzetništva s uključenim inovacijskim aspektima.

Između ostaloga, detaljno je opisano hrvatsko gospodarstvo kroz prizmu inovativnosti. Analiziran je hrvatski nacionalni inovacijski ekosustav s njegovim trenutnim stanjem te jakim i slabim točkama, opisane su nacionalne inovacijske strategije, itd. Npr. „*Nacionalna razvojna strategija Republike Hrvatske do 2030. godine*“ i dr.

Kroz poglavlje prethodnih istraživanja napravljena je sinteza najčešće korištenih metoda modeliranja inovativnosti od strane brojnih autora, kao i do sada ostvarenih ključnih pokazatelja i njihovih rezultata. Navedeni su relevantni istraživački radovi, napravljen je pregled literature iz područja modeliranja inovativnosti.

Nadalje, opisani su podaci i metode korištene u istraživačkom dijelu rada te su prikazani rezultati istraživanja kroz opis ishoda statističkih modela temeljenih na metodama strojnog učenja. Rezultati dobivenih modela su zatim interpretirani kroz raspravu te su navedene prednosti i nedostaci spram postojećih rješenja. U konačnici, izneseni su zaključci o povezanosti pojedinih čimbenika s inovativnošću poduzeća, kao i smjernice za daljnja istraživanja i primjenu modela.

1.1 Istraživački problem i tema istraživanja

Osnovna tema istraživanja jest inovativnost hrvatskih poduzeća, a glavno istraživačko pitanje i problem jest njihova pod optimalna inovacijska izvedba. U istraživačkom dijelu rada nastojat će se odgovoriti na postavljena pitanja te dati sugestije za unapređenje inovacijske izvedbe hrvatskih poduzeća.

Da bi se pristupilo proučavanju problema, prvo je potrebno precizno definirati inovativnost u svim njezinim oblicima. Neophodno je utvrditi kontekst inovativnosti poduzeća te u kakvom su odnosu inovativnost poduzeća i inovativnost gospodarstva. Također, potrebno je identificirati i odrediti aktivnosti koje pridonose ili potencijalno mogu doprinosti inovativnom ponašanju poduzeća.

Nakon jasne i nedvosmislene formulacije inovativnosti - u svim svojim aspektima - moguće je postaviti određena mjerila i standarde preko kojih se mogu usporediti inovacijske izvedbe poduzeća. Potrebno je kvantificirati podatke po čemu se jedno poduzeće može smatrati inovativnijim od drugog poduzeća. Ovo je važno, jer ako ne postoji standardizirani način usporedbe, onda nije moguće niti mjeriti inovativnost. To bi značilo da se bilo koja dva

poduzeća mogu smatrati jednako inovativnim i neinovativnim. Shodno tome, jasno i nedvosmisleno postavljeni parametri otvaraju brojne mogućnosti mjerenja, analiziranja i istraživanja inovativnosti.

Sa jasno definiranom skalom moguće je uokviriti ponašanje poduzeća u određene modele. Takvi modeli mogu uvažiti trenutno stanje i okolnosti, ali mogu i percipirati nove situacije u kojima poduzeće do sada nije bilo. Da bi se konstruirao robustan model potrebno je koncizno pristupiti metodološkom procesu, inkluzijom svih relevantnih, dokazanih i potencijalno važnih čimbenika sa svrhom što točnijeg opisivanja širokog spektra segmenata inovativnog ponašanja poduzeća. Poželjno je imati široku bazu podataka s velikim brojem poduzeća iz različitih poslovnih sektora i različitih veličina.

Simulacijom inovacijske izvedbe poduzeća moguće je uvidjeti relevantnost parametara, odnosno, s kojim čimbenicima se može potaknuti optimalni rezultat. Upravo će to biti jedan od glavnih zadataka ovog rada. Shodno tome, moguće je analizirati specifične faktore poduzeća (inovativne aktivnosti, troškovi, potpora, suradnja, itd.) te ih stavljati u odnos s inovacijskom izvedbom. K tome, moguće je izabrati konkretne primjere s konkretnim pokazateljima i promatrati što će model reći o inovativnosti tog partikularnog poduzeća. Takva predikcijska sposobnost modela može koristiti poduzećima da uvide svoje mogućnosti i poduzmu ciljane aktivnosti kako bi poboljšala svoj stupanj inovativnosti te kako bi postala konkurentnija na tržištu.

Hrvatska je prema istraživanju relevantne baze podataka svrstana među umjerene inovatore, ali se nalazi na marginama te gravitira prema skupini skromnih inovatora (EIS, 2020). Struktura pojedinih stavki inovativnosti je specifična za svaku ekonomiju, no određene zakonitosti i međuođnosi vrijede za puno širi kontekst. Dovoljno velik uzorak poduzeća dostupan za analizu potvrđuje signifikantnost rezultata te daje dodatnu kvalitetu dobivenim ishodima.

Rješenje problema je ponuđeno identificiranjem konkretnih čimbenika i njihovih značajnosti preko kojih je moguće poduzeti specifične mjere s ciljem poboljšanja inovacijske izvedbe. Teorijski okvir će detaljno razraditi cjelokupni kontekst inovacijskog ekosustava s posebnim naglaskom na Republiku Hrvatsku.

1.2 Ciljevi rada i istraživačka pitanja

U radu se nastoji predočiti širi kontekst inovacija, krenuvši od nacionalnog nivoa pa sve do razine poduzeća. Istraživački dio analizira inovativnost hrvatskih poduzeća u mnogim segmentima uvažavajući brojne čimbenike, složene odnose, međuvisnosti i zakonitosti koje vladaju između njih.

Razumijevajući postojeće okolnosti te stavljajući inovaciju u pravilan kontekst, osnovna zadaća rada jest izdvojiti parametre koji potencijalno mogu poslužiti poduzećima ili donositeljima politika da optimiziraju svoju inovacijsku izvedbu.

U istraživačkom djelu rada stvoreni su modeli koji na osnovu postavljenih hipoteza. Modeli su realizirani pomoću metoda strojnog učenja te su rezultati dodatno uspoređeni s jednom od standardnih statističkih tehnika. Zbog noviteta, statističko modeliranje inovativnosti poduzeća koristeći se metodologijom strojnog učenja nije dovoljno zastupljeno u literaturi - napose za slučaj kod hrvatskih poduzeća. Usprkos tome, pokazalo se da inteligentne podatkovne analitike ostvaruju određene metodološke prednosti i pristupaju rješavanju problema na drugačiji način (Hajek i Stejskal, 2015).

Glavni ciljevi rada su:

1. Metodama strojnog učenja istražiti koji čimbenici su najviše povezani s inovativnosti proizvoda, usluge, procesa, organizacije i marketinga poduzeća.
2. Kreirati klasifikacijski/regresijski model pomoću metoda strojnog učenja za prepoznavanje pojedinih tipova inovativnosti poduzeća.

U istraživačkom dijelu rada je konstruirano nekoliko različitih modela – ovisno o tipu problema (regresijski, klasifikacijski) te o brojnim drugim faktorima. Razmatrani parametri podijeljeni su po cjelinama (hipotezama) te su zasebno analizirani.

Istraživačka pitanja raspoređena su u nekoliko glavnih cjelina. Prve dvije cjeline opisuju inovacijske aktivnosti i povezane troškove. Sljedeće tematsko područje se usredotočuje na javne subvencije prema inovacijama. Posebna cjelina posvećena je suradnji poduzeća i organizacija s ciljem stvaranja inovativnog outputa. U konačnici, zasebno su analizirane ekološke inovacije i doprinos okolišu kroz prizmu inovacija.

Istraživačka pitanja:

Aktivnosti

Postoji li pozitivna povezanost između poduzetih inovacijskih aktivnosti sa stupnjem inovativnosti proizvoda, procesa, usluga, organizacije i marketinga poduzeća? Koje od navedenih aktivnosti (*I&R, nabavka opreme, prikupljanje znanja, dizajn, itd.*) pokazuju najsnažniju povezanost sa stupnjem inovativnosti poduzeća?

Ulaganja

Jesu li financijski izdaci na inovacijske aktivnosti povezani s većim stupnjem inovativnosti poduzeća te u kojoj mjeri? Hoće li veća ulaganja biti relevantna za inovativnost poduzeća? Identificirati tip ulaganja s najvećim efektom povećanja inovacijske izvedbe.

Javna potpora

U kakvom su odnosu javne potpore inovacijskim aktivnostima s inovativnosti proizvoda, procesa, usluga, organizacije i marketinga poduzeća? Može li se javna potpora povezati s inovativnošću poduzeća? Koja vrsta javne potpore (lokalna, nacionalna i na razini EU) pokazuje najsnažniju povezanost s inovacijama?

Suradnja

Hoće li suradnja na inovacijskim aktivnostima s drugim organizacijama i poduzećima biti povezana sa stupnjem inovativnosti poduzeća? Jesu li poduzeća koja intenzivnije surađuju inovativnija?

Doprinos okolišu

Ostvaruju li veći stupanj inovativnosti ona poduzeća čije su inovacijske aktivnosti usmjerene prema očuvanju okoliša u usporedbi s drugim inovativnim poduzećima? U kojem su odnosu poduzeća s ekološkim inovacijama te ostala inovativna poduzeća? Identificirati najrelevantniji oblik doprinosa okolišu (*smanjenje CO₂, smanjenje zagađenja vode-zraka-tla, zamjena fosilnih goriva, recikliranje, smanjena potrošnja, itd.*) povezan s inovacijama.

1.3 Očekivani znanstveni doprinos rada

Istraživanje inovativnosti na razini poduzeća ograničeno je s raspoloživosti kvalitetnih ulaznih podataka za veći broj subjekata. Strukturirani i unificirani podaci s jasnim definicijama inovativnosti poduzeća dostupni su zadnjih dvadeset do trideset godina (*CIS, EMIS, itd.*). U tom razdoblju nastaju radovi oslanjajući se na periodička izvješća, no zbog relativno uskog perioda (iz perspektive cjelokupne istraživačke epohe) postoji još podosta prostora za istraživanje, napose za pojedine ekonomije kao što je slučaj za Republiku Hrvatsku.

Na primjer, broj istraživačkih radova temeljen na CIS bazi podataka (baza korištena u ovom radu) od izdanja 2008., do 2014. po izdanju nije prelazio broj sto (Es-Sadki, 2014). CIS baza podataka jedna je od najvažnijih, najširih i najdetaljnijih baza povezana sa istraživanjem inovativnosti na razini poduzeća. Upravo zbog svoje širine ostavlja dovoljno prostora za istraživanje mnogih vidova inovativnosti poduzeća.

Znanstveni doprinos rada ide u dva smjera. Prvi se odnosi na metodološki iskorak, a drugi na ispitivanje međupovezanosti faktora hrvatskih poduzeća - do sada nedostupnih u prethodnim istraživanjima.

Sa metodološkog aspekta, vrlo je malo istraživanja inovativnosti poduzeća temeljenog na metodama strojnog učenja - napose na primjeru Republike Hrvatske. Stoga će jedan od doprinosa rada biti u apliciranju inteligentne podatkovne analitike prilikom izrade statističkih modela.

Pomoću statističkih metoda i metoda strojnog učenja konstruirat će se prediktivni modeli inovativnosti poduzeća koji će biti u stanju temeljem ulaznih varijabli razvrstati poduzeća u skupine prema razini inovativnosti. Sukladno rezultatima identificirat će se ključni čimbenici inovativnosti za pojedine grupe aktivnosti. Stoga, novokreirani modeli će zasigurno predstavljati određeni pomak znanstvenom obolu.

Drugi smjer znanstvenog doprinosa se odnosi na ispitivanje faktora hrvatskih poduzeća koji do sada nisu dovoljno analizirani ili se vrlo rijetko spominju u dostupnoj literaturi. Budući da će u radu biti testirano pet hipoteza povezanih s velikim brojem parametara, mnogi faktori i njihove međuovisnosti biti će istraživani. Takav jedan sveobuhvatni pristup ponuditi će širu i kompletniju sliku inovativnosti poduzeća. Zbog toga rad ima značaj s metodološke i sadržajne strane.

Direktni doprinos:

- Izrada složenog modela za određivanje stupnja inovativnosti poduzeća na temelju velikog broja ulaznih parametara vezanih uz aktivnosti, troškove, javnu potporu, suradnju i zaštitu okoliša.
- Identificiranje ključnih čimbenika povezanih s ukupnim stupnjem inovativnosti hrvatskih poduzeća.
- Određivanje vrste javnih potpora (lokalnih, nacionalnih, EU subvencija) s najvećim inovacijskim učinkom za hrvatska poduzeća.
- Identificiranje najučinkovitijih tipova ekoloških inovacija (smanjenje CO₂, smanjenje zagađenja vode-zraka-tla, zamjena fosilnih goriva, recikliranje, smanjena potrošnja) meritornih za inovativnost hrvatskih poduzeća.
- Doprinos rada se može interpretirati kroz pionirsko istraživanje inovativnosti putem inteligentne podatkovne analitike na primjeru hrvatskih poduzeća.

Indirektni doprinos:

Rezultati istraživanja mogu dati smjernice donositeljima inovacijskih politika i strategija prilikom donošenja odluka (u obliku potpora, suradnje i edukacije) s ciljem poboljšanja inovacijskog potencijala poduzeća, a time i cjelokupnog gospodarstva.

Dobiveni rezultati mogu poslužiti kao poticaj istraživačima za daljnja istraživanja, napose kod ishoda koji do sada nisu proučavani, kao i kod prijedloga za nastavak istraživanja obrazložen u ovom radu.

Privatna i javna poduzeća mogu koristiti rezultate istraživanja kako bi poboljšala svoju inovacijsku izvedbu, poduzimajući aktivnosti sugerirane rezultatima istraživanja.

Osim ispitivanja glavnih hipoteza, indirektni doprinos rada se može pojaviti kroz međurezultate istraživanja. Primjerice:

- Utvrđivanje odnosa unutarnjeg i vanjskog I&R, koji ima značajniju povezanost s inovativnosti. Carvalho, Costa *i dr.* (2013) nisu uspjeli dokazati povezanost vanjskog I&R s inovativnosti poduzeća.
- Određivanje u kojoj mjeri nabavka znanja, licenci, softvera, strojeva i opreme su povezane s inovativnošću. Carvalho, Costa *i dr.* (2013) su pokazali nejasne odnose za pojedine aktivnosti.
- Znanstveni doprinos bi mogao biti da se razluči koji oblik javne potpore daje najbolje rezultate po pitanju inovativnosti: lokalna, državna ili EU razina. Hashi i Stojčić (2013) su pokazali da potpore potiču trošenje na inovativne aktivnosti, ali bez povećavanja inovativnog output-a.
- Utvrđivanje u kojoj mjeri postoji povezanost dobavljača i konzultanta s inovativnosti te generalno koji su najznačajniji oblici suradnje na inovativnim aktivnostima (klijenti, konkurenti, konzultanti, fakulteti, instituti, vlada ili dobavljači). Mention (2011) je dokazao da većina dionika doprinosi inovativnosti, ali da, primjerice, korištenje izvora informacija od konkurencije ima negativan učinak.

2 Teorijska podloga

Još početkom 20. stoljeća začete su ideje o značaju inovativnosti i njenom utjecaju na društvo. Tako ekonomist Joseph Schumpeter (Schumpeter, 1934) među prvima stavlja naglasak na dinamičku komponentu ekonomije nasuprot neoklasičnim teoretičarima svog doba. Dinamika je neizbježna i predstavlja pogonski motor ekonomskog razvoja u čijem se središtu nalazi inovativnost i inovativno poduzetništvo. Schumpeter povezuje utjecaj kreditiranja kao formu investicije koja se prelijeva u nova poduzeća s potencijalom rasta. Što nadalje uzrokuje premještanje težišta kapitala i poslovnih aktivnosti iz tradicionalnih industrijskih grana u brzorastuća inovativna poduzeća.

Inovativna poduzeća često nastaju u skupinama i gomilaju se u određenom prostoru te se fokusiraju na buduće ekonomske aktivnosti. Time potiču rast i ekonomsku ekspanziju, dok se s druge strane javljaju negativni fenomeni ekonomskih depresija i recesija. Stara ustaljena poduzeća odumiru, a rađaju se nova inovativna.

Cjelokupni proces neprekidno traje te ga nije moguće zaustaviti. Dinamika je temeljna i stalna karakteristika ekonomskih ciklusa i bez nje napredak ne bi bio moguć. Jedan od glavnih kodača tih promjena jest inovacija.

Povezanošću inovativnosti poduzeća i ekonomije bavili su se i mnogi drugi istraživači. Galindo i Méndez-Picazo (2013) empirijski proučavaju odnos inovativnosti poduzeća i ekonomskog rasta te postavljaju inovativnost na centralno mjesto. Nadalje Farinha, Ferreira *i dr.* (2018) analiziraju utjecaj inovativnosti i poduzetništva na konkurentnost ekonomija u različitim stadijima razvijenosti. Zaključuju da su inovativnost i sofisticiranost presudni za konkurentnost ekonomije.

Inovativnost ne utječe selektivno na uski segment gospodarstva, ona je sveobuhvatni element koji prožima i međusobno isprepleće cijelu ekonomiju. Djeluje na više načina: podizanjem produktivnosti, stvaranjem novih poduzeća s visoko dodanom vrijednošću, otvaranjem novih tržišta, ubrzanim širenjem tehnologija, itd. Povećana produktivnost inovativnih tvrtki utječe na gotovo sve segmente gospodarstva tj. na ostala poduzeća unutar tradicionalnih industrija.

Širenje inovativnosti putem efekta prelijevanja („spillover“) čini važan moment razvoja poduzetništva u kojem se zaposlenici odlučuju da stečeno znanje i iskustvo pretoče u

poduzetnički pothvat (Acs, Audretsch *i dr.*, 2013). Ovaj je efekt indikativno povezan s geografskom lokacijom i koncentracijom poduzetničkih aktivnosti. Stoga, efekt prelijevanja stvara multiplikativni efekt razvoja regionalnog i nacionalnog poduzetništva.

Geografski gledano, inovativne aktivnosti nisu pravilno raspoređene. Usko su povezane sa znanstveno-istraživačkim centrima koji propagiraju „know-how“ unutar svojeg okruženja (Prester, 2010). Možda najbolji primjeri su američko sveučilište Massachusetts Institute of Technology (MIT) te Sveučilište Harvard kao jedan od važnih razloga zašto je ta regija postala jedna od najinovativnijih svjetskih područja (Bloombergquint, 2020). Kombinacija istraživačkih centara, visokoobrazovanog stanovništva te povoljne poslovne klime stvara podupiruću okolinu za ubrzano primjenjivanje inovativnog znanja i vještina. Drugi dobar primjer je Sveučilište Stanford oko čijeg ekosustava se razvila Silicijska dolina.

Jedna od dodatnih karakteristika važnosti lokacije jest prenošenje neformalnog znanja i iskustva kojeg pojedinci prenose između sebe što je povezano sa zajedničkim lokalitetom prije nego razinom tehnologije koja je općenito dostupna (Gertler, 2003). Prijenos znanja/iskustva uključuje i ono o neuspješnim pothvatima te može biti od presudne važnosti.

Koncentrirane inovacijske zone imaju tendenciju biti sve veće i sve stabilnije. Takvi centri se nalaze u središtu dinamičkog procesa ekonomske ekspanzije. Oni predstavljaju upravo kreativnu stvaralačku frontu Schumpeterovog ciklusa ostavljajući za sobom regije i područja koja se nisu snašla u takvim promjenama.

Dinamički proces podrazumijeva stvaranje novih poduzeća koja implementiraju inovativne koncepte te ubrzano osvajaju nova tržišta i/ili ga preuzimaju od ustaljenih poslovnih subjekata. Ne pridonose sva poduzeća ekonomskom rastu jednako. Veličina i starost poduzeća igraju važnu ulogu u doprinosu ekonomskog rasta.

Onaj segment koji ima značajan utjecaj na gospodarski rast jesu nova brzorastuća inovativna poduzeća (Wong, Ho *i dr.*, 2005) - što je sukladno s teorijskim konceptom ekonomskog razvoja. Naime, na marginama statičkog kontinuuma ekonomskog sustava rađaju se nove prilike pogonjene inovacijama i inovativnim poduzećima koja preuzimaju dio postojećeg tržišta i stvaraju sasvim nova tržišta. Stvaranjem novog tržišta ili ulaskom na novonastale niše otvara se velik prostor za ekspanziju i širenje poslovanja što rezultira većim udjelom brzorastućih poduzeća unutar tog segmenta.

Stoga, cjelokupni gospodarski rast se može gledati kroz dimenziju rasta poduzetništva u čijem udjelu najvažniju ulogu igraju brzorastuća poduzeća. To je važna poveznica između inovativnih brzorastućih (uglavnom novih startup-ova) poduzeća i ekonomskog rasta.

Inovativnost malih poduzeća u prošlosti nije bilo jednostavno odrediti, stoga su često prolazila „ispod radara“. Razlog je tome što sve do prije 20-ak godina nije bilo jasno definiranih pravila za ocjenjivanje inovativnosti poduzeća. K tome, istraživanja su se uglavnom temeljila na ulaznim inputima kao što su I&R i prodaja novih proizvoda/usluga. No takva paradigma vrlo neprecizno opisuje inovativno ponašanje poduzeća. Koristeći se direktnim odnosom istraživanja i razvoja te prihoda ostvarenih od novostvorenih proizvoda/usluga postoji problem vremenskog pomaka potrebnog za razvijanje proizvoda. S druge strane, mnoge druge aktivnosti unutar poslovnih procesa poduzeća pridonose inovativnom outputu i ne mogu se opisati tako pojednostavljenim pristupom.

Još jedan od mogućih razloga zašto je u današnje vrijeme lakše uočiti inovativne aktivnosti malih poduzeća (Acs i Audretsch, 2005) jest povećanje njihovog udjela u globalnoj ekonomiji. Promjene strukture ekonomije ovisi o brzini širenja znanja i iskustva te novih prilika. Agregiranje inovacija stvara pojačavajući učinak što dodatno ubrzava dinamiku stvaranja inovacija. U takvoj ekonomiji prijelomnih inovacija mala poduzeća su agilnija i brže ulaze u tržišne niše te se u njima bolje snalaze.

2.1. Inovativnost gospodarstava i konkurentnost

Neoklasicizam prepušta ekonomski razvoj silama ponude i potražnje te se oslanja na racionalno raspoređivanje i korištenje sredstava. U takvom okruženju tržište bi trebalo biti samo sebi dovoljno da perpetuirati daljnji rast. Takav rast uvjetovan je stabilnim makroekonomskim pokazateljima te punom zaposlenosti. Jedna od ključnih stvari što neoklasicizam razlikuje od klasicističkog pristupa jest određivanje cijena proizvoda i usluga. U neoklasicističkom slučaju cijene su rezultat percepcije korisnosti od strane potrošača, a što znači da se iznosi značajno mogu razlikovati od realne cijene proizvoda (Jovanov, 2017). S druge strane, klasicizam se oslanja na troškove kao osnovnu determinantu određivanja cijena proizvoda.

Upravo takav pristup procjene vrijednosti proizvoda isključivo prema korisnosti jedan je od mogućih uzroka Velike recesije 2008. Nakon stvaranja nekretninskog balona percepcija javnosti je bila da rast cijene nekretnina neće nikada prestati. Jedna od mogućih sličnih primjera

jesu određene kriptovalute i kripto tokeni¹, gdje po klasicističkoj teoriji njihova cijena jest približno nula², a po neoklasicističkoj teoriji vrijednost bi trebala biti zrcalo njihovih korisnosti. Kod većine njih korisnost je također približna nuli (osim za nekolicinu, npr. Bitcoin), no percepcija korisnosti je ta koja definira cijenu i temelji se većinom na špekulativnim shemama trgovanja.

Percepcija korisnosti tržišta trebala bi sukladno neoklasicizmu i teoriji racionalnog ponašanja uključivati racionalnost što često nije slučaj, stoga se tržišna vrijednost često može značajno razlikovati od stvarne vrijednosti.

Također, neoklasicizam ne uzima u obzir stvaralačke i destruktivne sile inovacija unutar tržišta, koje su, prema Schumpeterosvkom učenju, glavni pokretači ekonomskih ciklusa i napretka. Zbog toga konvencionalni ekonomisti nisu pobornici zasebnih intervencija na tržištu makar se radilo i o definiranju inovacijskih politika. Oni smatraju da je inovacija produkt tržišta te da će tržište samo po sebi riješiti nepravilnosti i optimizirati produktivnost. Inovacija po tome jest nusprodukt koji se sam po sebi događa (Atkinson i Ezell, 2014).

Određeni ekonomisti čak smatraju da intervencije prema inovacijskom sustavu mogu naštetiti efikasnoj preraspodjeli tržišta. Ovakav stav prevladava još kod mnogih zapadnih ekonomista (Atkinson i Ezell, 2014).

No, u zadnjih 20-ak godina situacija se počela intenzivno mijenjati. Klasični poslovni modeli gube svoj značaj, a inovacije postaju osnovna sastavnica globalnog lanca vrijednosti. Za razliku od tromih tradicionalnih poslovnih modela, inovacije su mobilne jer su vezane uz znanje i ne poznaju granice. Danas su prepoznate kao jedna od glavnih komponenti konkurentnosti preko koje države pozicioniraju svoja gospodarstva unutar globalnog lanca vrijednosti.

Pozicioniranjem nacionalnih ekonomija na skalama konkurentnosti multiplikativnim efektom privlače se dodatne vrijednosti, prilike, kapital, tehnologija, znanje, ljudski resursi itd. Globalna inovacijska prednost je preduvjet za održivi ekonomski rast i za prosperitet društva općenito (OECD, 2010).

Koliko veliki utjecaj inovacije imaju na nacionalne ekonomije može se vidjeti iz primjera Velike Britanije, gdje je dvotrećinski rast produktivnosti u sedmogodišnjem razdoblju (od 2000.

¹ Velik broj, ali ne sve - trenutno je dostupno preko nekoliko tisuća tokena i kriptovaluta.

² Vrijeme potrebno za stvaranje tokena i ekosustava zahtijeva određeni broj radnih sati, ali ukoliko se broj radnih sati podijeli s tržišnom procjenom tokena/valute cijene često budu blizu ničice.

do 2007. godine) rezultat inovativnih aktivnosti (NESTA, 2009). Sukladno tome, vlada Velike Britanije se odlučila da inovacijsku politiku prioritetno postavi u središte strategije ekonomskog rasta (Malins, 2010).

Drugi primjer govori o razlikama rasta plaća između inovativnih poduzeća i državnog prosjeka SAD-a u sedmogodišnjem razdoblju u periodu od 1999. do 2007. godine. Rast plaća u visoko inovativnim poduzećima gotovo je dva i pol puta veći od prosjeka (Rai, Graham *i dr.*, 2010).

U SAD-u varijacije dohotka su preko 90 posto rezultat učinkovitosti korištenja kapitala (tj. inovacija), dok je učinak razlike ljudskog i financijskog kapitala svega 9 posto (Helpman, 2009)

Od svih inovacija napose se izdvajaju tehnološke inovacije koje ostvaruju najviše stope povrata investicija. Recimo, stope povrata investicija za inovacije od vladinih potpora u SAD-u su preko 140 posto (Leech, Link *i dr.*, 1998).

Navedeni primjeri upućuju na to što bi kreatorima politika trebalo biti u fokusu kako bi svoja gospodarstva učinili dugoročno prosperitetnima i održivima.

2.1.1.1 Inovacijske politike

Ekonomika inovacija postaje vodeća paradigma, a inovacijske politike dobivaju sve veći značaj unutar ekonomskih politika. Mnogim donositeljima odluka postaje jasno da je potrebno selektivno djelovati prema znanstveno-istraživačkim centrima, visoko inovativnim sektorima i obrazovnom sustavu kako bi se ubrzao i potakao daljnji napredak.

Da bi se olakšao i podupro ekonomski razvoj nužno je zadovoljiti određene uvjete. Prvenstveno je potrebno stvoriti podupiruće inovativno, regulatorno i poslovno okruženje te precizno definirati ciljne inovacijske politike. Inovacijske politike je potrebno postaviti u središte ekonomskih politika te s time potaknuti pravilan razvoj nacionalnog inovacijskog ekosustava.

Inovacijske politike bi trebale osloboditi inovativni i produktivni potencijal gospodarstva i korigirati nemogućnosti tržišta da optimiziraju razvoj. Samim monetarnim i fiskalnim intervencijama nije moguće precizno pristupiti rješavanju problema. Unatoč klasicističkom razmišljanju, tržišta ne uspijevaju sama od sebe riješiti sve probleme. Ukoliko se želi aktivirati puni potencijal rasta gospodarstva, osnovni uvjet jest da države konstruktivno sudjeluju, usmjeravaju i utječu na gospodarstvo.

Primjer je izgradnja kvalitetne infrastrukture inovacijskog ekosustava, što nije realno očekivati da bude inicijativa pojedinih poduzeća (Tassey, 2007). Stoga se od države traži da inovacijskim politikama i ciljanim aktivnostima omogući razvojni okvir. Okvir koji se sastoji od umreženog znanstveno-istraživačkog, akademskog, javnog i privatnog sektora i pozitivne poslovne klime.

Djelovanje države ne mora biti ekstremno (ono u čemu se konvencionalni ekonomisti najviše libe), tj. da se biraju i postavljaju tržišni pobjednici selektivnim putem. Takva se praksa u mnogim slučajevima pokazala neuspješnom, čak i ako je odabir poduzeća bio fokusiran prvenstveno prema najinovativnijim poduzećima. Država treba dati smjernice te se pozicionirati u sredini kontinuuma utjecaja, tj. izbjegavati ekstreme. Potrebno je definirati pravila koja su jednaka za sve potičući ključne nacionalne industrijske grane i široko definirane tehnologije (npr. auto industrija, IT industrija) i faktorske uvjete (npr. znanost) (Atkinson i Ezell, 2014).

Krajnost s druge strane jest prepuštanje inovacijskog ekosustava u potpunosti tržišnim mehanizmima što se pokazalo do sada nedovoljno učinkovito.

Politike se ne bi trebale vezati isključivo na nova (startup) poduzeća (koja predstavljaju važan dio inovacijskog kapaciteta), nego i na cijeli spektar postojećih tvrtki (različitog spektra starosti i veličina). Oslobođanjem inovativnog potencijala širokog raspona poduzeća „zbirnim efektom“ podiže produktivnost cijelog gospodarstva i time se nacionalna ekonomija pozicionira bolje u globalnom inovacijskom lancu vrijednosti.

I na kraju, samo donošenje inovacijskih politika nije dovoljno. Potrebno je puno više kako bi se pokrenuo tijek komercijalno uspješnih inovacija. Čest je slučaj da države načelno postave ciljeve uspostave inovacijskog ekosustava te da po primjerima dobre prakse kopiraju ista rješenja, no inovacijska politika treba biti djelotvorno implementirana i obično posebno krojena za svaku nacionalnu ekonomiju - sukladno njezinim karakteristikama. Također, fragmentirani pristupi i parcijalna rješenja ne daju optimalne rezultate.

Izgradnja inovacijskog ekosustava nije krajnji cilj, nego je proces koji kontinuirano traje, a inovacijska politika je tu da ga usmjerava i prilagođava promjenama. Takve promjene trebaju uvažiti dinamičke cikluse kako nacionalne tako i globalne ekonomije te se uklopiti u globalni inovacijski lanac vrijednosti.

Kroz istraživanje ovog rada nastojat će se odrediti poveznice između inovacijskih aktivnosti, suradnje na inovacijama, javnih potpora inovacijama, ekoloških aktivnosti te inovativnog outputa hrvatskih poduzeća. Relacije takvih odnosa mogle bi poslužiti kao smjernice pri određivanju budućih inovacijskih politika..

2.1.1.2 Konkurentnost

Konkurentnost nacionalnih ekonomija je usko povezana s inovacijama te predstavlja jedan od osnovnih pokretača ekonomskog rasta (Jakovac, 2012). U današnje vrijeme više nego ikada je potrebna inovacija. Utakmica za globalnu inovacijsku prednost pozicionira nacionalne ekonomije na skali konkurentnosti. Konkurentnost igra presudnu ulogu u održivom gospodarstvu te u međunarodnoj trgovini i izvozu. Utjecaj izvoza obično ima značajno bolji utjecaj na zaposlenost i dodanu vrijednost nego prihod u domaćoj potrošnji. Susljedno tome, trgovinski suficit predstavlja zdrav temelj za daljnji rast. Ovaj efekt ima još pozitivniji učinak ukoliko se radi o izvozu proizvoda/usluga s visoko dodanom vrijednošću.

Konkurentnost se može promatrati kroz čimbenike koji omogućavaju efikasnije korištenje faktora proizvodnje (Puška i Beganović, 2020) koji posljedično potiču gospodarski rast.

„Grow Account“ teorija (Solow, 1957) promatra ekonomski rast kao zbroj faktora proizvodnje, rada, kapitala i dodatnih faktora koji sinergijski povećavaju proizvodni kapacitet. Skriveni faktor povećanja produktivnosti je rezultat tehnološkog napretka te stvara dodatnu vrijednost. Ukupna faktorska produktivnost (engl. Total Factor Productivity - TFP) predstavlja omjer agregiranog outputa i inputa (rad i kapital) te se njegov rast može interpretirati kao dio rasta outputa koji nije objašnjen rastom inputa korištenog u proizvodnji. Tehnološki napredak rezultat je inovativnih aktivnosti i inovacijskog ekosustava te se ovdje može vidjeti direktna povezanost inovativnosti s održivim gospodarskim rastom.

Važnost ekonomskog prosperiteta naglašena je od strane Ujedinjenih naroda s deklaracijom agende održivog razvoja sa sedamnaest održivih ciljeva (UN, 2019). Održivi razvojni ciljevi su postavljeni do 2030., a neki od tih ciljeva su direktno povezani s ekonomskim rastom - kao što je „dostojanstven rad i gospodarski rast“. Sam ekonomski prosperitet rješava i mnoge druge ciljeve, napose one koji se tiču rješavanja siromaštva („bez siromaštva“ i „bez gladnih“) ali i ostale aspekte društva, npr. klimatske promjene, efikasno korištenje svjetskih resursa, sigurnost

rada itd. Mnoge od postavljenih ciljeva neće biti moguće u potpunosti ostvariti zbog ekonomskih kriza i pandemije u kojoj se svijet našao početkom 2020. godine (UN, 2019).

Zbog Velike recesije u prošlom desetljeću, a i prije, gospodarski rast bio je podoptimalan u gotovo svim zemljama (razvijenim i nerazvijenim), što je rezultiralo razlikama između planiranih i postavljenih ciljeva.

Iako konkurentnost sama po sebi pretpostavlja međusobno natjecanje, zajedničkim povećanjem daje se doprinos razvoju globalne razine konkurentnosti, što čini svjetsku ekonomiju održivijom i otpornijom na krize. Ekonomije na različitom stupnju razvijenosti drugačije reagiraju na vanjske izazove. To se može vidjeti na primjeru ekonomskih kriza gdje se konkurentnije i razvijenije zemlje brže oporavljaju nego što je to slučaj sa zemljama u razvoju (Jurčić, 2017).

Kako bi se osigurala robusna, održiva i otporna globalna ekonomija, potrebno je poboljšati produktivnost tj. održivi razvoj najslabije razvijenih zemalja. Ekonomski rast se ne događa sam po sebi, nego je potrebno postaviti određene minimalne preduvjete. Potrebno je adresirati slabe točke koje uzrokuju različite neželjene posljedice.

Postavljanje inovacije u središte ekonomije je izazovno i zahtjevno. Potrebno je zadovoljiti više preduvjeta kako bi se osigurala protočnost inovacijskog lanca vrijednosti, oslobodio njegov potencijal i shodno tome potaknuo rast ukupne faktorske produktivnosti.

U posljednje vrijeme sve veći broj poduzeća prihvaća nove poslovne paradigme i disruptivne ideje. Također, izvori financiranja kroz fondove rizičnog kapitala sve su dostupniji. No, regulatorni i pravni okviri država se sporije adaptiraju na promjene i stvara se svojevrsan jaz koji otežava ubrzani razvoj.

Novi inovativni poslovni modeli u domeni financija (fintech), „blockchain“ tehnologije, digitalnog poslovanja i sl., zahtijevaju bržu reakciju kako bi im se omogućila potrebna infrastruktura i dala potpora. Osim toga, otvaraju se prostori za brojne prijetnje u obliku cyber kriminala, privatnosti podataka, zaštite autorskih prava, poteškoća u regulaciji tržišnog natjecanja, itd.

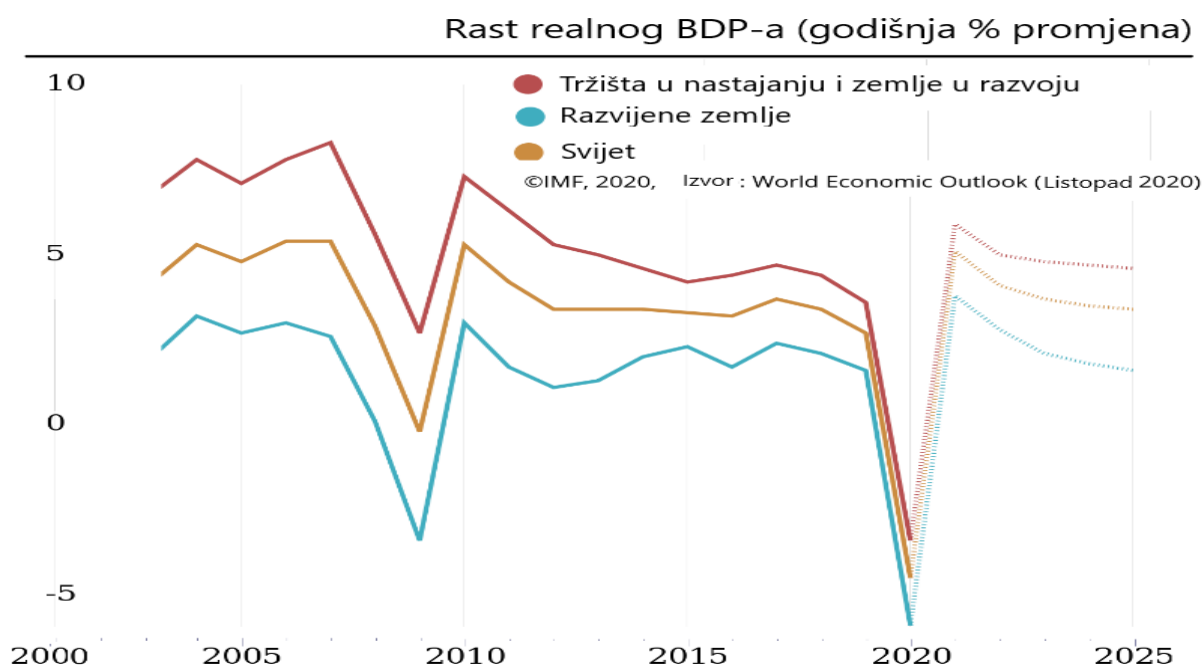
Za nastali jaz jednim dijelom je zaslužna rapidna tehnološka promjena koja je zahvatila gotovo sve segmente poslovanja. Takve rapidne promjene nije moguće kontrolirati niti usporiti. Potrebno ih je anticipirati te im se prilagoditi koliko je moguće. Ekspanzivna dinamika tehnoloških promjena se može opisati Schumpeterovim procesom kreativne destrukcije (Schumpeter, 1934) koji govori o tome da se kreativnost i inovativnost trebaju ohrabrivati, a posljedičnu destrukciju držati pod kontrolom.

Negativne eksternalije tj. neželjene posljedice procesa kreativne destrukcije mogu se vidjeti gotovo svugdje, od promjene cjelokupne strukture gospodarstava, drugačije redistribucije kapitala, pomaka težišta ljudskog kapitala i ostalo.

U doba četvrte industrijske revolucije i agresivne automatizacije poslovnih procesa potrebno je posebno obratiti pozornost na ljudski kapital, distorziju i preraspodjelu težišta radne snage, nesigurnost oko budućnosti te nezaposlenosti kao nusprodukta. Nesigurnost se stvara zbog tromosti promjene strukture tržišta radnog kapitala zbog čega se otvara prazan prostor između traženih zanimanja i trenutnih mogućnosti. Stoga, takve negativne eksternalije bi trebale biti uračunate u politike očuvanja radnih mjesta, a države trebaju promatrati gospodarstvo kroz širi pojam, tj. kroz socijalnu, ekološku i ekonomsku dimenziju.

2.1.1.3 Izazovi modernog doba

U zadnjih dva desetljeća trendovi rasta svjetskog gospodarstva su negativni. Čak i prije Velike recesije 2008. godine pojavile su se naznake usporavanja rasta globalnog bruto društvenog proizvoda (Cornell University, INSEAD i dr., 2019). Nakon toga, rast BDP-a se nije vratio na pretkrizno razdoblje nego je nastavio sa stagnacijom i padom sve do sljedeće velike krize izazvane COVID-19 pandemijom 2020. Isti trend je zabilježen i kod razvijenih zemalja i kod zemalja u razvoju što je prikazano na *Grafikonu 1*.



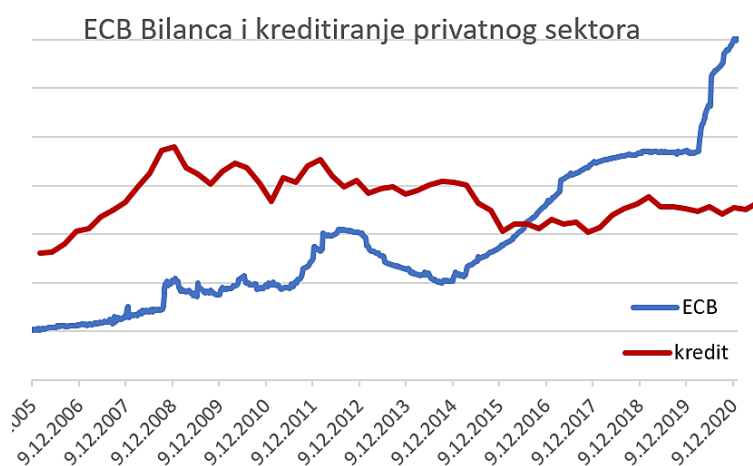
Grafikon 1. - Rast svjetskog BDP-a od 2003-2020. (IMF, 2020)

Oporavak trenda rasta je izostao usprkos brojnim monetarnim intervencijama od strane najvećih središnjih banaka. Jedan od mogućih čimbenika ograničavanja rasta jest razina produktivnosti globalne ekonomije. Nakon 2008. godine prosječan rast ukupne faktorske produktivnosti (TFP) razvijenih ekonomija pao je oko tri puta, a za zemlje u razvoju preko dva puta (Obstfeld i Duval, 2018). Osim toga što je rast konkretnosti i produktivnosti usporen, velikim djelom za taj rast zaslužan je razvoj IT industrije, što upućuje na stagnaciju ostalih grana.

Jedno od objašnjenja usporavanja rasta produktivnosti jest efekt „histereze produktivnosti“ koji pripisuje dugoročne negativne efekte krize nastale povećanom nesigurnošću investitora, niskom stopom agregirane potražnje i drugačijim uvjetima kreditiranja (Duval, Hong i dr., 2017).

Nakon velike krize vlade su pokušavale monetarnim intervencijama i kvantitativnim opuštanjem potaknuti razvoj gospodarstva. Centralne banke najvećih svjetskih gospodarstava su od Velike recesije do sredine 2019. proširile svoje bilance za preko 14 bilijuna dolara, dok je samo Sustav federalnih rezervi SAD-a u godinu dana, od sredine 2019., (za vrijeme COVID19 pandemije) proširio svoju imovinu za 90% (3,6 bilijuna dolara) (FED, 2020).

No, kreditiranje (investiranje) u nefinancijski privatni sektor u mnogim državama nije praćen proširenjem bilanci centralnih banaka, što se može vidjeti na primjeru euro-zone. Na *Grafikonu 2.* prikazan je odnos (bez jediničnih dimenzija) ukupne bilance Europske središnje banke (ESB) te iznosa kredita privatnom nefinancijskom sektoru. Od početka 2009. godine do početka 2021. godine bilanca ECB-a se proširila za oko 70%, dok su krediti pali za 9%. Ako bi se uračunala deprecijacija valute uzrokovana, između ostaloga, navedenim monetarnim intervencijama, efekt bi bio još značajniji.



Grafikon 2. - Odnos trendova ECB bilance i odobrenih kredita u privatnom sektoru (izradio autor prema (FRED, 2021))

Stoga, financijski stimulansi nisu bili dovoljni kako bi se tempo rasta produktivnosti globalne ekonomije oporavio, tj. monetarne intervencije same po sebi nisu dovoljno „jak“ alat kojim bi se suštinski podigla produktivnost.

Ekspanzivne monetarne politike sa sobom povlače i neke neželjene posljedice jer se novčano tržište ne ponaša isto kao prije. Tržište financija se mijenja kao i kamatne stope. Banke u novopostavljenoj ravnoteži drugačije balansiraju svoje portfelje. Zbog nižih kamatnih stopa banke su sklonije izbjegavati ulaganja u rizičniji realni sektor i svoje aktivnosti usmjeravaju više prema financijskom trgovanju i poslovanju temeljenom na naknadama (Brei, Borio i dr., 2019). S druge strane zbog efekta „histereze produktivnosti“ i konzervativnijem stavu prema ulaganju, umjesto da se novac dalje reinvestira, mnogi se odlučuju za štednju.

Stoga, distorzija monetarnog ekosustava nije dala željeni poticaj rasta ukupne faktorske produktivnosti. Također, zbog već prethodno iskorištenih financijskih alata, reakcija na dodatne monetarne stimulanse mogla bi biti skromnija, a sustav na njih sve otporniji. Stoga, kreatori politika imaju puno manje opcija danas nego nakon Velike recesije 2009.

Potreban je drugačiji pristup koji bi potaknuo dugoročne promjene strukture ekonomije te stavio težište na faktore produktivnosti. Pomak paradigme gospodarstva prema tehnološki naprednijem društvu trebao bi stvoriti dodatni moment ekonomskog rasta i učiniti sustav robusnijim i otpornijim na nadolazeće krize.

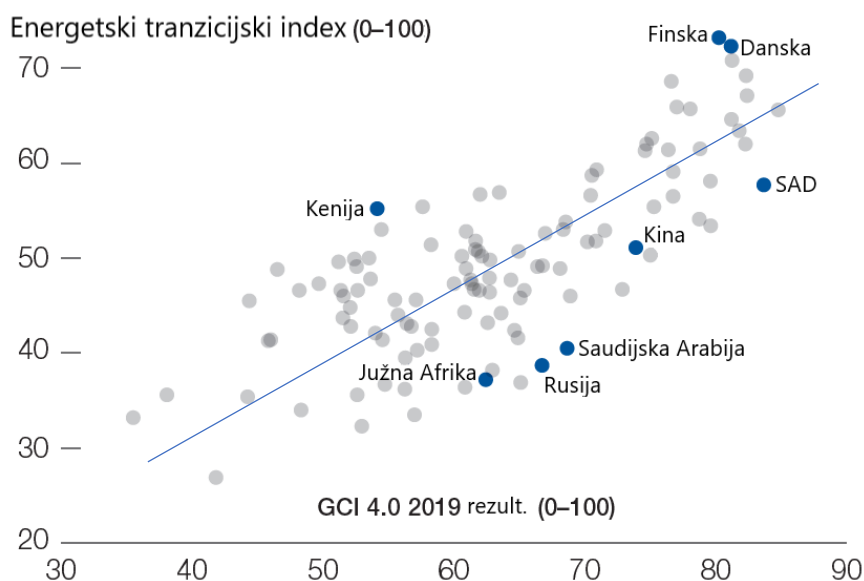
No, kako bi se pokrenuli novi pozitivni trendovi potrebno je napraviti duboke strukturne reforme, fokusirati se više na kvalitetne fiskalne politike prije nego monetarne politike. Fiskalna politika treba precizno ciljati prema aktivnostima koje potiču inovativnost i povećavaju produktivnost (Mourougane, Botev *i dr.*, 2016). To su investicije u istraživanje i razvoj, investicije u ljudski kapital, obrazovanje, u nove tehnologije, zelenu energiju, itd.

Strategije održivoga gospodarstva i održive konkurentnosti uključuju ekonomske i društvene komponente kao i planove održivog okoliša. Stoga globalno održivo društvo ne radi kompromise nego sagledava holistički sve elemente održivog rasta.

Često postoji stav da saniranje negativnih eksternalija (društvenih i ekoloških) uzrokuje kompromise te da se ustupanjem jednom radi šteta drugome, no istraživanja govore da upravo ekonomski najuspješnija gospodarstva pokazuju najbolje ocjene kako u ekološkoj tako i u društvenoj dimenziji. Recimo socijalna uključivost podrazumijeva transparentnije društvo, likvidnije tržište rada, pristup kvalitetnom obrazovanju, veću međugeneracijsku protočnost i ostalo (Schwab, 2019b).

Ekološka održivost povezana je s investicijama, zelenim inovacijama, sa istraživanjem, razvojem, itd. *Grafikon 3.* stavlja u odnos konkurentnost i stupanj energetske tranzicije (Energetski tranzicijski indeks – ETI i Indeks globalne konkurentnosti - GCI). Konkurentnije zemlje imaju veću tendenciju prema energetskim-zelenim tranzicijama.

Radi svoje važnosti, tematika ekoloških inovacija (kroz sekciju „doprinos okolišu“) opisana je H5³ hipotezom rada. Odnosi se na ekološke čimbenike inovativnosti poduzeća (obnovljivi izvori energije, reciklaža, potrošnja energije, zagađenje), tj. na odnos između ekoloških aktivnosti poduzeća i inovativne izvedbe.



Grafikon 3. - Odnos ETI i GCI (Schwab, 2019b)

Nakon što su pojašnjene relacije između inovativnosti, produktivnosti i konkurentnosti, bilo bi dobro vidjeti njihove odnose u kvantitativnom obliku. U radu kvantitativni dio istraživanja stavlja u odnose inovacijske inpute i outpute te konstruira modele koji opisuju inovativnost te se nastoje prikazati mjerljivi čimbenici inovativnosti poduzeća. Inovativnost poduzeća jasno reflektira inovativnost gospodarstva što čini okosnicu konkurentnosti ekonomije.

Stoga će se u nastavku ovog poglavlja (*"Inovativnost gospodarstava i konkurentnost"*) nastojati kvantitativno i strukturno prikazati komponente koje čine gospodarstvo inovativnim i konkurentnim te na koji način se mogu izmjeriti. Da bi to bilo moguće, oformljene su mnoge međunarodne organizacije i udruženja koja redovito prate i mjere inovacijske izvedbe pojedinih država. Za svaki inovacijski indeks ili indeks konkurentnosti zasebno je definirana

³ Poduzeća čije inovativne aktivnosti doprinose očuvanju okoliša, ostvaruju veći stupanj inovativnosti od ostalih inovativnih poduzeća.

metodologija. Definirani konstrukti se u mnogo čemu preklapaju (zajedničke komponente), ali postoje i određene razlike, no metodološki okviri utemeljeni su na znanstvenim istraživanjima.

Takvi rezultati su važni jer opisuju ekonomiju s detaljnom izvedbom pojedinih komponenata. Iz toga donositelji politika mogu jasno vidjeti u kojem smjeru je potrebno pokrenuti aktivnosti s ciljem unaprjeđenja inovacijskog rejtinga. Nadalje, moguće je vidjeti i geografsku razvijenost pojedinih regija izvan granica klasičnih država. Regije su međusobnoj interakciji te se nerijetko ponašaju (po inovacijskoj izvedbi) kao zasebne jedinice. Stoga je nekad efikasnije pristupati pojedinim regijama s ciljanim inovacijskim politikama. Inovacijske izvedbe regija opisane su u poglavlju „*Regionalni inovacijski indeks (RIS)*“.

Nadalje, u poglavlju se objedinjuju sva najvažnija istraživanja inovativnosti i konkurentnosti svjetskih ekonomija. Analizirane su strukture i sastavnice inovativnosti te je objašnjena metodologija izračuna. Prikazani su konačni rezultati i napravljene usporedbe izvedbi. U svim navedenim izvještajima nalazi se i Republika Hrvatska koja je zasebno analizirana.

U daljnjem tekstu ovog poglavlja opisani su *Globalni indeks inovativnosti (GII)*, *Međunarodni indeks inovativnosti*, *Europska ljestvica uspjeha u inoviranju*, *Regionalni inovacijski indeks (RIS)*, *Globalni indeks konkurentnosti (GCI)*, *Bloomberg indeks inovativnosti (BII)*, *Ljestvica digitalizacije i digitalne konkurentnosti* te je u konačnici napravljen osvrt na rezultate analize inovativnosti ekonomija.

Rezultati opisanih istraživanja nerijetko se koriste kao mjerilo napretka gospodarstva (mjerni instrument) kojeg države (tako i Hrvatska) koriste u izradama razvojnih strategija. Recimo unutar *Nacionalne razvojne strategije Republike Hrvatske do 2030. godine*, kao mjerilo uspješnosti strateških ciljeva koristi se *Globalni indeks konkurentnosti* i *Indeks digitalne konkurentnosti*. U *Strategiji pametne specijalizacije (S3)*, koriste se *Europska ljestvica uspjeha u inoviranju* i *Globalni indeks konkurentnosti (komponente inovativnosti i sofisticiranosti)*. Isti indeksi se koriste i u *Strategiji poticanja inovacija Republike Hrvatske 2014.-2020.* itd.

Zbog uskog odnosa inovativnosti poduzeća i inovativnosti gospodarstva u metodološkom djelu rada deskriptivno su prikazani udjeli inovativnih poduzeća u referentom uzorku. Zbog toga, uvid u izvedbu nacionalnih ekonomija prikazuje zrcalnu sliku izvedbe poduzetništva koje čini integralni element i kralježnicu nacionalnog inovacijskog ekosustava.

Također, napravljen je pregled pojedinih aktivnosti i elemenata strukture inovativnosti na razini ekonomije. Zbirni inovacijski podaci reflektiraju inovacijski ekosustav te su dobar indikator inovacijske izvedbe zemlje. Upravo takvi pokazatelji zauzimaju važno mjesto u metodološkim okvirima raznih izvješća opisanih u ovom poglavlju.

2.1.2 Globalni indeks inovativnosti (GII)

Jedan od najznačajnijih projekata koji se bave istraživanjem i mjerenjem inovativnosti je *Globalni indeks inovativnosti* (engl. *Global Innovation Index*) – *GII*. (GII, 2019)

GII indeks prati višedimenzionalne aspekte rasta gospodarstva temeljenog na inovacijama. Pružajući 80 detaljnih mjernih indikatora za 129 gospodarstava. *GII* indeks je postao jedan od meritornih alata za mjerenje inovacijskih učinaka u ekonomiji. Svake godine *GII* predstavlja tematsku komponentu koja prati globalne inovacije. (GII, 2019)

Projekt *Globalni indeks inovacija (GII)* pokrenuo je profesor Dutta 2007. godine iz poslovne škole INSEAD (Dutta i INSEAD, 2011). Cilj je bio modernizirati način mjerenja inovacija i prevladati tradicionalni pristup temeljen isključivo na indikatorima poput broja patenata, broja znanstvenih radova te iznosa ulaganja u istraživanje i razvoj. (Duspara, Knežević i dr., 2017).

Od 2012. *GII* projekt se pridružio *WIPO* (engl. *World Intellectual Property Organization*) - Svjetskoj organizaciji intelektualnog vlasništva. (GII, 2019)

Projekt svake godine prolazi kroz reviziju od strane *Centra kompetencija za kompozitne pokazatelje i istraživanja* (JRC) Europske komisije te sukladno preporukama svake godine se nadopunjuje i unaprjeđuje. Konceptualni i statistički integritet *GII* provjerava se kroz četiri koraka:

- i) Konceptualna konzistentnost
- ii) Kompatibilnost s postojećom literaturom o definicijama inovacija.
- iii) Provjera podataka - provjera ažurnosti podataka, provjera grešaka, provjere asimetričnosti i kurtičnosti podataka, itd.
- iv) Statistička konzistentnost – agregiranje strogo koreliranih indikatora, grupiranje indikatora u pod-stupove i pod-indekse, ponderiranje i skaliranje koeficijenata, itd..

GII je sastavljen od sedam temeljnih stupova, a svaki od njih je podijeljen na tri pod-stupa. Svaki od njih se sastoji od dva do pet individualnih indikatora. Agregacija podataka na višoj razini radi se pomoću ponderiranih prosjeka nižih razina.

Ukupan broj pokazatelja - kako je već napomenuto - iznosi 80 (GII, 2019), te ih je moguće razvrstati u tri kategorije:

1. kvantitativni / objektivni podaci (57 indikatora)
2. kompozitni / podaci indeksa (18 indikatora)
3. ankete / kvalitativni podaci (5 indikatora)

Kompozitni podaci su preuzeti od drugih međunarodnih institucija kao što su Svjetska banka, UN, agencije, akademske zajednice (Yale, Sveučilište Kolumbija) i sl. Oni su već prihvaćeni, a uklopljeni u GII projekt sukladno standardima i naputcima.

Kvantitativni indikatori (sirovi podaci) su preuzeti iz različitih javnih i privatnih izvora, kao što su Svjetska banka, Thomson Reuters, JRC (*Joint Research Centre of the European Commission*), UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*), UNIDO (*United Nations Industrial Development Organization*), WIPO (*World Intellectual Property Organization*), PwC, itd.

Anketni podaci su preuzeti iz istraživanja Svjetskog ekonomskog foruma - EOS (*Executive Opinion Survey*).

Kao output glavnih pokazatelja GII okvira (godišnjih izvješća) tri su glavna indeksa:

1. Pod-indeks ulazne inovativnosti (prosjeak prvih pet glavnih stupova),
2. Pod-indeks izlazne inovativnosti (prosjeak zadnja dva glavna stupa) i
3. Globalni indeks inovativnosti (prosjeak ulaznog i izlaznog indeksa inovativnosti).

Glavnih 7 komponenti (stupova) GII okvira su:

- Ulazne: institucije, ljudski potencijali i istraživanja, poslovna sofisticiranost, infrastruktura, sofisticiranost tržišta
- Izlazne: output znanja i tehnologije, kreativni output

Ukratko, u prvom stupu, “*Institucije*“, ocjenjuje se političko i regulativno okruženje te poslovna okolina. U drugom stupu “*Ljudski potencijali i istraživanja*“ boduje se postotak ulaganja u

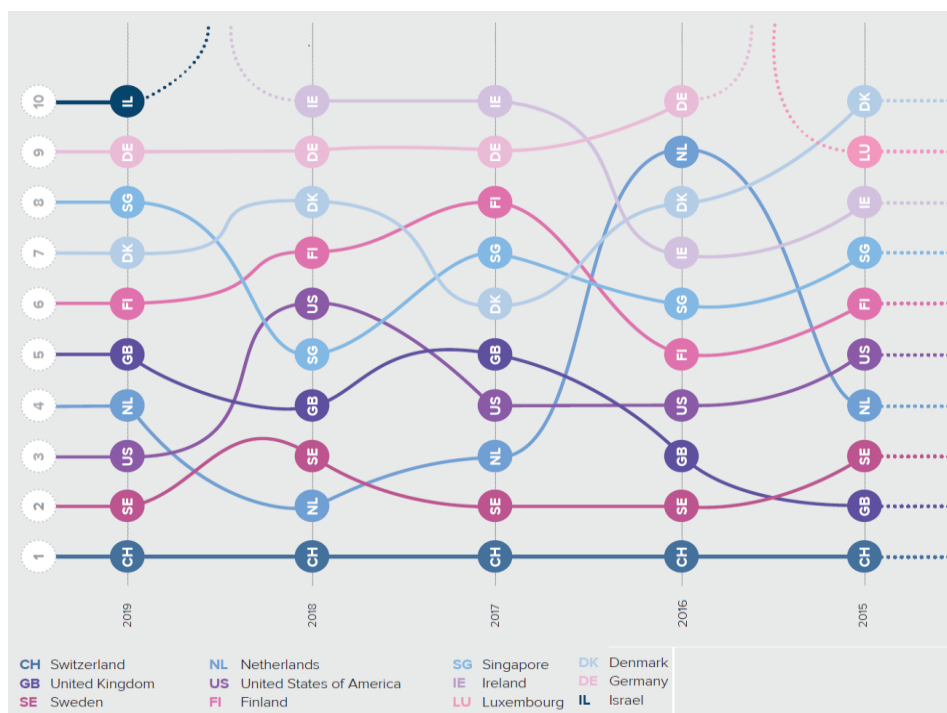
istraživanje i razvoj, struktura obrazovanja, troškovi povezani s ulaganjem u školstvo i rezultati PISA ispita. Nadalje pod “*Infrastruktura*” se pristupa s naglaskom na ICT tehnologije, online dostupnost, digitalizaciju javne uprave, ekološku održivost te se gleda i opća infrastruktura. Stup “*Poslovna sofisticiranost*” prati umreženost inovativnosti između industrije i sveučilišta, nadalje, udio ulaganja u istraživanje i razvoj između privatnog i javnog sektora, udio istraživača u privatnom sektoru, udio intelektualnog vlasništva, broj patenata, itd.

Peti stup pod nazivom “*Sofisticiranost tržišta*” ocjenjuje razinu konkurentnosti i veličinu tržišta, udio rizičnog kapitala u BDP-u, kapitalizaciju ukupnog tržišta te pokazatelje o kreditnim aktivnostima, dostupnosti kreditima i mikrofinanciranju. Šesti stup “*Output znanja i tehnologije*” na osnovu inovativnih ulaza prethodnih komponenti vrednuje razinu inovativnog izlaza kroz razine stvaranja i diseminacije novog znanja, registraciju patenata, broj objavljenih radova, citata i H-indeksa, na brzini rasta paritetne kupovne moći, broju novih startup poduzeća, udjelu hi-tech proizvodnje, intelektualnom vlasništvu, hi-tech izvozu, ICT izvozu i ostalom.

I na koncu, sedma glavna komponenta predstavlja “*Kreativni output*” koji validira kreativne industrije, proizvode i usluge, nematerijalna dobra (zaštitni znak, industrijski dizajn), on-line kreativnu produkciju, Internet domene, proizvodnju mobilnih aplikacija, itd.

Jednim ovako sveobuhvatnim i strukturalnim pristupom stvoren je kvalitetan okvir kao mjerilo usporedbe i pokazatelj inovativne izvedbe pojedine ekonomije. Samim time, rezultati detaljno i jasno prikazuju u kojim komponentama gospodarstva se nalaze slabe točke. Te informacije mogu poslužiti kao polazne točke i smjernice razvoja budućih inovativnih politika i strategija, s ciljem povećanja inovativnog outputa te posljedično time i poboljšanja ekonomske performanse pojedine zemlje.

Slika 1. prikazuje prvih 10 zemalja prema *Globalnom indeksu inovativnosti* od 2015. do 2019. Švicarska je dugi niz godina na prvom mjestu.

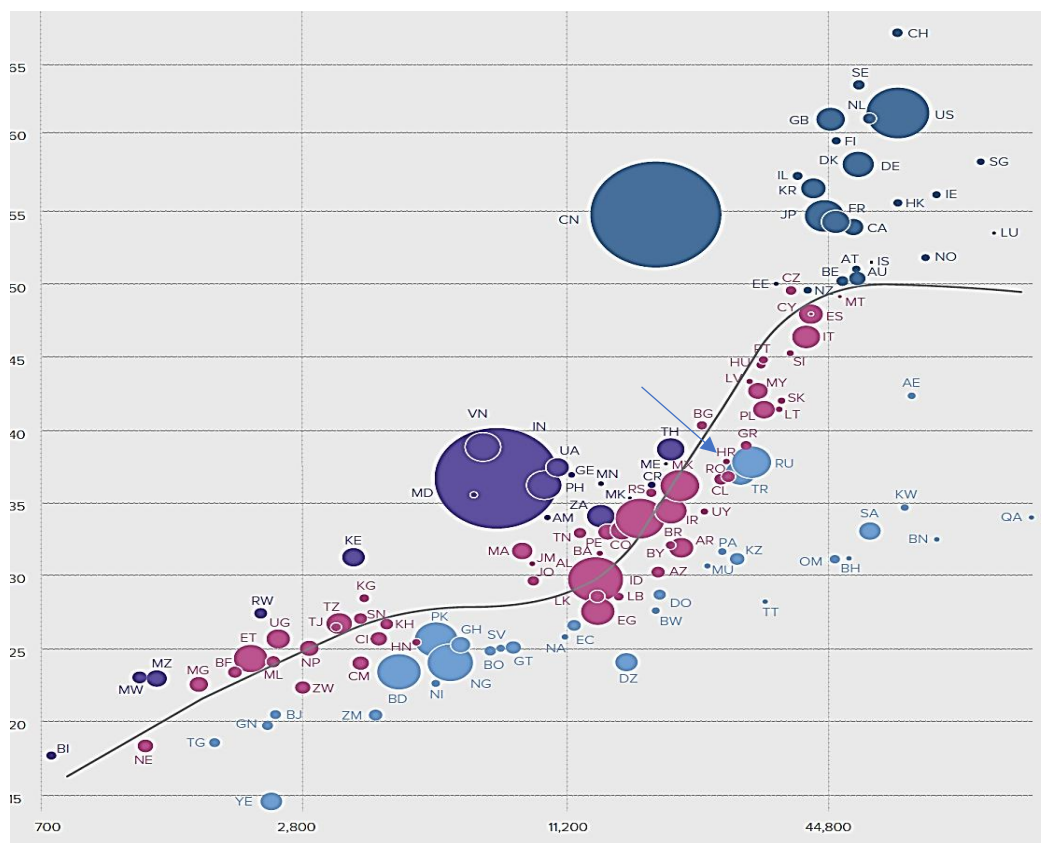


Slika 1. - GII indeks za prvih 10 zemalja (GII, 2019:11)

Pored Švicarske, Švedska pozicija GII indeksa je relativno stabilna kroz promatrano razdoblje te se kreće oko drugog mjesta. Također, Sjedinjene Američke Države se nalaze među prvih pet zemalja. Zanimljivo je primijetiti snažnu oscilaciju Nizozemske koja je 2015. bila na četvrtom mjestu pa godinu dana poslije (2016.) pala na devetu poziciju i onda se isto tako naglo vratila na drugu poziciju 2018. godine. Iz grafikona je također vidljivo da Republika Irska više nije u vrhu, a da je u zadnjem promatranom razdoblju na desetu poziciju došao Izrael.

Relativna stabilnost i visoka inovativna razina prvih 10 zemalja rezultat je zdravog, postojanog i poticajnog ekosustava, ulaganja u istraživanje i razvoj te visoke povezanosti akademske zajednice s gospodarstvom.

Na Slici 2. prikazana je usporedba između veličine GII indeksa te bruto nacionalnog dohotka po glavi stanovnika prema standardu kupovne moći (u američkim dolarima) za 2019. godinu prema logaritamskoj skali.



Slika 2. - Odnos GI indeksa i BDP-a (GII, 2019:16)

Širina kružnice predstavlja veličinu populacije, a tanka linija prikazuje koliko se inovacijska izvedba pojedine zemlje razlikuje od očekivane vrijednosti sukladne stupanju razvijenosti i veličini BDP-a. Linija trenda je polinom petog stupnja ($R^2=0,6928$).

Gospodarstva koja su u blizini linije trenda su ona čija je inovacijska uspješnost u skladu s očekivanjima s obzirom na razvijenost (ružičasta boja). Što je udaljenost viša od trend linije, to je njezin inovacijski učinak bolji u odnosu na stupanj razvijenosti (ljubičasta/tamnoplava). Suprotno tome, ekonomije smještene ispod trend linije su one čija je inovacijska učinkovitost niža od očekivane (svijetloplava).

Iz slike se jasno vidi da Švicarska dominira pozicijom i nalazi se na samom vrhu. Ispod nje se nalazi klaster država koji se uglavnom sastoji od razvijenih zemalja Europe i SAD-a. Također, zanimljivo je uočiti Indiju i Kinu i njihova odstupanja od linije trenda koja upućuju na inovativnu učinkovitost znatno veću od očekivane. Hrvatska (pogledati strelicu) se nalazi u području sredine grafikona gdje je zajedno s drugim zemljama istočne Europe (Bugarska, Rumunjska, Grčka...). Hrvatska se svrstava u zemlje s inovativnom učinkovitosti u skladu s očekivanjem, ali se nalazi na donjoj granici tolerancije.

2.1.2.1 Globalni indeks inovativnosti (GII) - Hrvatska

U GII izvješću za 2019. godinu, Hrvatska zauzima 44. mjesto s pod-indeksom ulazne inovativnosti 46, a izlazne 52, što predstavlja lošiju poziciju za 3 mjesta usporedno s prethodnom 2018. godinom (41). Pokazatelji ukazuju da je najslabija komponenta Hrvatskog GII indeksa unutar stupa „*sofisticiranost tržišta*“ (71. mjesto), naročito pod indikatorima „*investicije*“ (84. mjesto) i „*konkurentnost*“ (napose na lokalnoj razini – 117. mjesto).

Unutar domene „*institucionalnog okvira*“, najveći problem predstavlja poslovno okruženje, a napose stavka „*jednostavnost pokretanja posla*“ (engl. „*ease of starting a business*“) (95. mjesto). Pod izvedbom istraživanja/ljudski potencijali loše je ocijenjena razina ulaganja u istraživanje i razvoj te dolazna mobilnost studenata. U ovom stupu najbolje je ocjenjen omjer nastavnika i učenika u srednjim školama (1. mjesto).

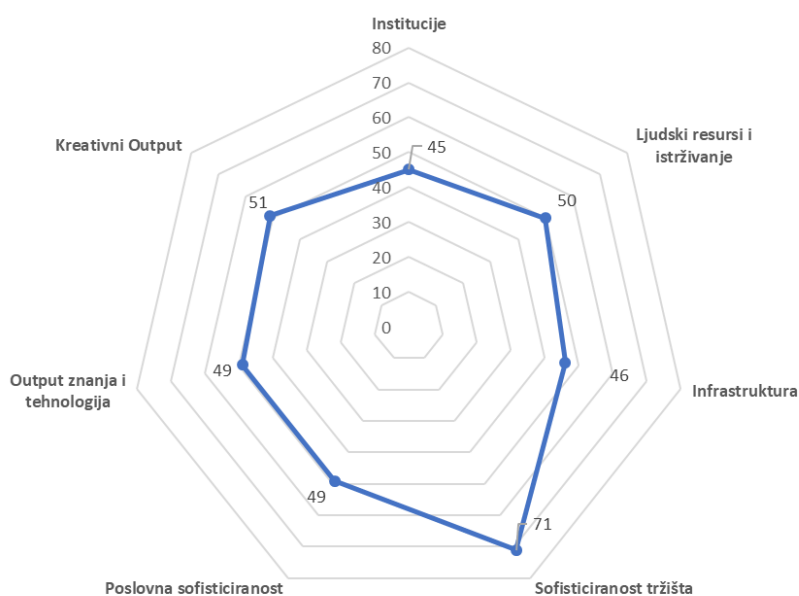
Infrastrukturno, najbolje stoje ekološki indikatori, napose po broju ISO 14001 ekoloških certifikata. Pod stupom „*poslovna sofisticiranost*“ najveći problem predstavlja komponenta indikatora suradnje i industrije (111. mjesto) te razina razvijenosti klastera (119. pozicija). Najsnažnija komponenta ovog stupa je znanje i opremljenost radnika, posebice indikator postotka kompanija koje nude različite oblike edukacija i treninga (22. mjesto).

Šesti stup „*output znanja i tehnologije*“ najbolje se očituje kroz indikator broja objavljenih znanstvenih i stručnih radova (sram BDP-a) (19. mjesto), broju pokrenutih novih poslovnih poduhvata (sram populacije) (27. mjesto) te broju ISO 9001 certifikata kvalitete (12. mjesto). U zadnjem stupu „*kreativni output*“ GII indeksa za Hrvatsku, kreativni proizvodi i usluge su kotirani iznadprosječno. Naročito su pozitivni indikatori koji ukazuju na postotak izvoza

kulturnih i kreativnih usluga (7. mjesto) te postotak izdavačke djelatnosti i medija u ukupnoj proizvodnji (9. mjesto).

Gledano kronološki kroz godine, od 2014. do 2019., Hrvatska zauzima pozicije 40.- 47. i trenutno je (kako je navedeno za 2019.) na 44. mjestu.

Kompletna strukturna tablica indikatora GII izvješća za Republiku Hrvatsku nalazi se u Prilogu 1. Na *Grafikonu 4.* je naveden odnos pojedinih stupova Republike Hrvatske spram ostalih država, iz čega je vidljivo da kategorija „institucije“ predstavlja prosječnu, a sofisticiranost tržišta lošu ocjenu.



Grafikon 4. - Strukturna tablica indikatora GII izvješća 2019. za Republiku Hrvatsku (izradio autor prema (GII, 2019:248))

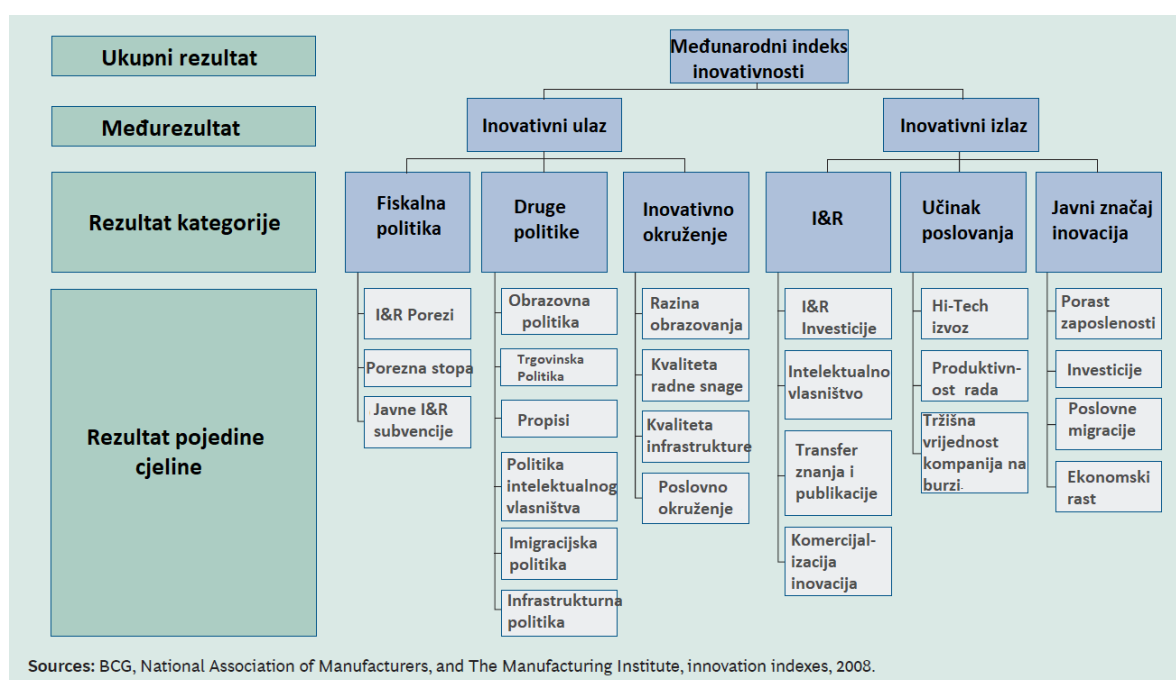
2.1.3 Međunarodni indeks inovativnosti

Međunarodni indeks inovativnosti dio je velike istraživačke studije koja proučava poslovne rezultate inovacija te sposobnost poticanja i razvoja inovativnosti kroz javne politike.

Boston Consulting Group (BCG) te *NAM* osmislili su način određivanja razine inovativnosti po zemljama s fokusom na Sjedinjene Američke Države. Svoju analizu su sročili u dokument pod nazivom *“The Innovation Imperative in Manufacturing – How the United States Can Restore its Edge”* (Andrew, DeRocco i dr., 2009), a indeks su nazvali *Međunarodni indeks inovativnosti*. Iako je dostupno izvješće samo za 2009. godinu, korisno je napraviti kratki pregled metodologije i načina pristupa i određivanja inovativnosti. Institucije koje su

sudjelovale u izradi ovog dokumenta jesu američke organizacije te cijelo izvješće ima naglasak na Sjedinjene Američke Države, no napravljene su i detaljne komparacije većine država koristeći se inovacijskim okvirom posebno izrađenim za ovu studiju. Autori izvješća nakon detaljne analize inovativnosti ukazuju na slabe točke inovacijskog sustava SAD-a te daju prijedloge za unaprjeđivanje inovacijske politike kroz nekoliko točaka. Za razliku od *Globalnog indeksa inovativnosti*, veliki značaj je stavljen na mikro podatke poduzeća (podaci na razini poduzeća).

Studija je obuhvatila istraživanje s više od 1.000 poduzeća i direktora tvrtki iz svih industrija, trideset detaljnih dubinskih intervjua te ispitivanje inovacijskog okruženja.



Slika 3. - Strukturalni prikaz Međunarodnog indeksa inovativnosti (izradio autor prema izvješću Andrew, DeRocco i dr. (2009:9))

Izvještaj ne pokazuje samo rangiranje država, već što tvrtke trenutno rade i što bi trebale raditi na poticanju inovacija. Izvještaj daje pokazatelje inovacijskih politika, uključujući porezne olakšice, imigracijsku politiku, obrazovanje, intelektualno vlasništvo itd.

Na Slici 3. se nalazi strukturalni prikaz *Međunarodnog indeksa inovativnosti*. Vidljivo je (slično kao i kod *Globalnog indeksa inovativnosti*) da se indeks sastoji od dvije glavne podkomponente: *inovativnog ulaza i inovativnog izlaza*.

Pod inovativnim ulazom svrstane su različite politike povezane s inovativnošću (obrazovna, trgovinska, imigracijska i infrastrukturna), fiskalna politika (I&R porezi, subvencije razvoja

inovativnosti itd.) te inovacijsko okruženje koje uključuje komponente kao što su obrazovanje i kvaliteta radne snage. U slučaju GII indeksa, zasebno su odvojene komponente (stupovi) za institucije, za ljudske resurse i infrastrukturu. No uz to su uključene dodatne stavke: sofisticiranosti tržišta i poslovna sofisticiranost koja ne postoji u *Međunarodnom indeksu inovativnosti*. Upravo stoga što je indeks uže fokusiran na stavke koje su izravnije povezane s inovativnošću ovaj pristup može biti i nešto precizniji.

Inovativni izlaz se sastoji od glavnih komponenti: “*rezultati I&R*” i “*učinci inovacija na poslovanje i gospodarski rast*”. Rezultati istraživanja i razvoja se očituju kroz indikatore kao što su: komercijalizacija inovacija, transfer znanja, broj znanstvenih i stručnih publikacija, intelektualno vlasništvo te I&R investicije. A učinci inovacija se promatraju kroz indikatore: ekonomskog rasta (BDP), produktivnosti rada, porasta broja zaposlenih, tržišnu vrijednost kompanija itd.

Komparativno, GII pod-indeks inovativnog izlaza se sastoji od temeljnih komponenti, kreativnog outputa te outputa znanja i tehnologija. Iako su pod-indeksi poprilično slični postoje i određene razlike.

U analizu je uključeno 110 zemalja diljem svijeta, a rezultati za prvih 20 zemalja s najvećim učinkom inovativnog indeksa prikazani su u *Tablici 1*. Republika Hrvatska se nalazi na četrdeset i osmom mjestu (od sto deset) s rezultatom indeksa od -0,03, (inovativni ulaz je 0,21, inovativni izlaz -0,26). I ovo istraživanje ukazuje na blagu asimetričnost izlazne inovativnosti spram ulazne (koja se također očituje i kod GII izvještaja za 2019. – ulaz 46, a izlaz 52), što znači da postoji dovoljno prostora za povećanje inovativnosti optimiziranjem i unaprjeđivanjem slabih točaka.

Potrebno je još jednom naglasiti da ovaj izvještaj datira još iz 2009. godine, a da je samo istraživanje provedeno i ranije. Također, u izvještaju nisu objavljene detaljne analize za svaki indikator/stavku posebno, stoga nije moguće dublje analizirati komponente te prikazati snage i slabosti pojedinih stavki. Međutim, rezultati tj. rang liste zemalja su vrlo sukladni što upućuje da su i konstrukti za mjerenje inovativnih okvira za pojedine zemlje dobro utemeljeni.

Tablica 1. - Rezultati za prvih 20 zemalja III indeksa za 2009. (izradio autor prema Andrew, DeRocco i dr. (2009:10))

RANG LISTA - MEĐUNARODNI INDEKS INOVATIVNOSTI				
Rang	Država	Ukupni rezultat	Inovativni ulaz	Inovativni izlaz
1	Singapore	2.45	2.74	1.92
2	South Korea	2.26	1.75	2.55
3	Switzerland	2.23	1.51	2.74
4	Iceland	2.17	2.00	2.14
5	Ireland	1.88	1.59	1.99
6	Hong Kong	1.88	1.61	1.97
7	Finland	1.87	1.76	1.81
8	United States	1.80	1.28	2.16
9	Japan	1.79	1.16	2.25
10	Sweden	1.64	1.25	1.88
11	Denmark	1.60	1.55	1.50
12	Netherlands	1.55	1.40	1.55
13	Luxembourg	1.54	0.94	2.00
14	Canada	1.42	1.39	1.32
15	United Kingdom	1.42	1.33	1.37
16	Israel	1.36	1.26	1.35
17	Austria	1.15	1.38	0.81
18	Norway	1.14	1.48	0.70
19	Germany	1.12	1.05	1.09
20	France	1.12	1.17	0.96

2.1.4 Europska ljestvica uspjeha u inoviranju

Ovo izvješće će biti nešto detaljnije opisano radi relevantnosti, dostupnost i važnosti, napose za Republiku Hrvatsku i njezin relativni položaj u Europskoj uniji i zemljama okruženja. Također, iz predloženog okvira i njegove strukture se mogu jasno interpretirati mnoge povezanosti inovacijskih izvedbi država s pojedinim indikatorima.

Europska ljestvica uspjeha u inovacijama (EIS - *The European innovation scoreboard*) jest komparativna analiza inovativnosti koju provodi Europska komisija od 2001. redovito na godišnjoj bazi. Prikazuje izvedbe inovativnosti pojedinih zemalja Europske unije i država okruženja te njihovu međusobnu usporedbu. Analiziraju se snage i slabosti nacionalnih inovacijskih sustava, pojedinih komponenti te pokazatelja. (EIS, 2019)

Na godišnjoj bazi, koristi se unaprijed definirani okvir (konstrukt) inovativnosti, tj. kompozitni indeks inovacijske izvedbe pod nazivom zbirni inovacijski indeks (engl. *Summary Innovation Index* ili Europski inovacijski indeks, EII⁴ ili kompozitni inovacijski indeks) koji obuhvaća cijeli spektar zasebnih pokazatelja.

⁴ U radu će se zbirni inovacijski indeks Europske ljestvice uspjeha u inoviranju referirati kao EII (Europski Inovacijski Indeks).

Istraživanjem je obuhvaćeno svih 28 članica Europske unije⁵ te 9 drugih europskih država (Švicarska, Island, Izrael, Norveška, Srbija, Turska, Sjeverna Makedonija i Ukrajina). Na globalnoj razini, napravljena je usporedba i analiza najvećih EU konkurenata (SAD, Australija, Kanada, Japan, Kanada, Južna Koreja) te BRICS zemlje (Brazil, Rusija, Indija, Kina i Južna Afrika).

Slično kao i kod *Globalnog inovacijskog indeksa (Prilog 1.)* te *Međunarodnog inovacijskog indeksa (Slika 3.)*, *Europska ljestvica uspjeha u inoviranju* opisuje inovacijski konstrukt (u ovom slučaju zbirni/europski inovacijski indeks - EII) koji prati izvedbu inovativnosti na razini država. Zbirni inovacijski indeks se sastoji od ukupno 27 indikatora kategoriziranih i raspoređenih u 10 dimenzija. Dimenzije su nadalje podijeljene na 4 glavne grupe (stupa). Znatan broj indikatora iz već prethodno opisanih izvješća se donekle preklapa, no često su sadržajno raspoređeni na drugačiji način. Ili indirektno različiti indikatori ukazuju na slične izvedbe pojedinih komponenti. U *Tablici 2.* je prikazana struktura EII indeksa.

Tablica 2. – Struktura indeksa europske ljestvice u inoviranju (izradio autor prema EIS (2019:8))

OKVIRNI UVJETI	INOVACIJSKE AKTIVNOSTI
<u>Ljudski resursi</u>	<u>Inovatori</u>
Novi doktorandi Udio populacije (25-34) s visokim obrazovanjem Cjeloživotno obrazovanje	MSP ⁶ s inovacijom proizvoda, usluga ili procesa MSP s marketing i organizacijskom inovacijom MSP s razvojem inovacija unutar poduzeća
<u>Atraktivnost istraživačkih sustava</u>	<u>Povezanost</u>
Međunarodne znanstvene publikacije 10% najcitiranih publikacija Broj stranih doktorskih studenata	Inovativna MSP u suradnji s drugima Privatno-javne publikacije Privatno sufinanciranje javnih I&R troškova
<u>Inovacijsko okruženje</u>	<u>Intelektualno vlasništvo</u>
Penetracija širokopojasne mreže Poduzetništvo potaknuto prilikama	PCT prijave патената Prijave zaštitih znakova Prijave dizajna
INVESTICIJE	UTJECAJ
<u>Financiranje i podrška</u>	<u>Utjecaj na zapošljavanje</u>
Troškovi I&R u javnom sektoru Ulaganja fondova rizičnog kapitala	Zaposlenje u znanjem intenzivnim poduzećima Zaposlenje u brzorastućim poduzećima inovativnih sektora
<u>Ulaganja poduzeća</u>	<u>Utjecaj na prodaju</u>
Troškovi I&R u privatnom sektoru Troškovi u inovacije osim I&R ICT edukacije	Izvoz srednje i visoko tehnoloških proizvoda Izvoz znanjem intenzivnih usluga Prodaja inovativnih proizvoda i usluga

⁵ EIS 2019 izvješće uključuje Ujedinjeno Kraljevstvo koje je napustilo Europsku uniju 31.siječnja 2020.

⁶ Mala i srednja poduzeća MSP ,(na engleskom SME).

Prva grupa indeksa pod nazivom „okvirni uvjeti“ predstavlja glavne vanjske pokretače inovativnosti, tj. faktore poticajne poduzetničke okoline. Unutar te kategorije nalaze se tri dimenzije: *ljudski resursi*, *istraživački sustavi* te *inovacijsko okruženje*. Sve te navedene dimenzije predstavljaju okruženje čija optimizacija ohrabruje i potiče razvoj inovativnih aktivnosti na razini poduzeća. Dimenzija „*ljudski resursi*“ sastoji se od osnovnih indikatora, a odnose se na broj novih doktoranada, udio populacije (25-34) s visokom stručnom spremom te cjeloživotnim obrazovanjem. Za usporedbu s *Globalnim inovacijskim indeksom*, opis ljudskih potencijala značajno je uži. Unutar GII inovacijskog konstrukta ljudske potencijale određuje cjelokupno obrazovanje, a ne samo visoko (troškovi, PISA test i sl. te podaci o znanstvenicima i istraživačima) (GII, 2019). Nadalje, dimenzija „*atraktivni istraživački sustav*“ naglašava značaj znanstvene i stručne komponente kao poticajnog faktora inovativnosti te prikazuje udio međunarodnih publikacija, top 10% najviše citiranih radova te broj stranih doktorskih studenata unutar određene zemlje.

Sljedeća glavna skupina „*investicije*“ uključuje podatke o financijskoj podršci i ulaganjima. Unutar financijske dimenzije prikazuju se troškovi istraživanja i razvoja javnog sektora te troškovi fondova rizičnog kapitala. Ulaganja na razini poduzeća su pak prikazana indikatorima: *ulaganje u istraživanje i razvoj od strane poslovnog sektora*, *troškovi inovativnih aktivnosti izvan domene I&R* te *edukacije za razvoj ICT vještina*.

Nadalje, stup „*inovacijske aktivnosti*“ podijeljen je na tri dimenzije: *inovatori*, *povezanosti* i *intelektualno vlasništvo*. Podaci o inovatorima preuzeti su iz CIS (*Community Innovation Indeks*) baze te se odnose na poduzeća s barem jednim ili više različitih tipova inovativnosti (inovacije proizvoda, usluga, procesa, organizacije i marketinga). Povezanost opisuje intenzitet suradnje javnog i privatnog sektora na inovacijskim aktivnostima te također i intenzitet suradnje između samih MSP-ova. Sprengnutost javnog i privatnog sektora mjeri se kroz troškove i intenzitet suradnje poslovnog sektora u javnim istraživačkim projektima te brojem zajednički objavljenih radova. Dimenzija „*intelektualno vlasništvo*“ obuhvaća standardne pokazatelje kao što su prijave za patent, dizajn ili prijave zaštitnih znakova.

Na koncu, glavna grupa „*utjecaji*“ predstavlja rezultat inovacijskih aktivnosti (slično kao i kod GII indeksa) i on je direktno povezan s prethodno navedenim kategorijama. Inovativni izlaz se promatra kroz podatke o zaposlenosti u visoko tehnološko inovativnim sektorima te udjelu prodaje inovativnih proizvoda i usluga.

Uz gore opisanu glavnu strukturu (okvir) indeksa *Europske ljestvice inoviranja*, u izvještaju od 2017. godine (EIS, 2017) pa nadalje, uveden je dodatni skup parametara koji usporedno analizira inovacijske izvedbe. Cilj je ukazati na važnost strukturalnih aspekata te jasnije prikazati razliku između država u izvedbi pojedinih indikatora. Ova struktura obuhvaća općenite informacije kao što je bruto nacionalni dohodak, promet malog i srednjeg poduzetništva, demografiju itd. Detaljna struktura opisana je u *Tablici 3*.

Tablica 3. - Kontekstualni indikatori EIS-a (EIS, 2019:10)

IZVEDBA I STRUKTURA EKONOMIJE	PODUZETNIŠTVO I POSLOVNI SEKTOR
<i>BDP s paritetom kupovne moći</i>	<i>Broj novih poduzeća (+10 zaposlenih)</i>
<i>Prosječna stopa rasta BDP-a(%)</i>	<i>Ukupna poduzetnička aktivnost (TEA)</i>
<i>Udio zaposlenih u uslužnom (znanjem intenzivnim) djelatnostima</i>	<i>Udio stranih investicija (u BDP-u) i</i>
<i>Udio zaposlenih u (hi-tech) proizvodnji</i>	<i>Sofisticiranost kupaca</i>
<i>Udio prometa MSP-a te velikih poduzeća</i>	UPRAVLJANJE I POLITIKE
<i>Udio vrijednosti poduzeća upravljanih izvana</i>	<i>Lakoća pokretanja posla</i>
DEMOGRAFIJA	<i>Osnovna školske poduzetničke edukacije</i>
<i>Broj stanovnika</i>	<i>Nabava hi-tech proizvoda od strane vlade</i>
<i>Prosječni rast broja stanovnika</i>	<i>Vladavina prava</i>
<i>Gustoća naseljenosti</i>	

Kako je vidljivo iz tablice, kontekstualni indikatori *Europske ljestvice u inoviranju* su podijeljeni u četiri glavne cjeline. Prva cjelina opisuje strukturu i izvedbu ekonomije u cjelini. Sastavnice su bruto domaći proizvod po stanovniku, prosječni godišnji rast, udio zaposlenosti u proizvodnji te od toga udio zaposlenih u srednje i visoko tehnološkim poduzećima.

U ovoj cjelini se još nalazi udio zaposlenih u djelatnostima sa znanjem-intenzivnim uslugama, ukupan promet malih, srednjih i velikih poduzeća te udio poduzeća upravljanih izvana.

Sljedeća cjelina opisuje poslovni sektor te uključuje pokazatelje o poduzetničkim aktivnostima, kao što su broj novonastalih poduzeća, investicije, itd. Preostala dva stupa predstavljaju kontekstualni okvir za potencijalni razvoj poslovanja te samim time i inovacija. Ona uključuju demografske podatke te općenite infrastrukturne uvjete kao na primjer vladavina prava, lakoća pokretanja posla itd. Sve nabrojane cjeline su direktno ili indirektno povezane inovacijskim ekosustavom.

Poduzeća srednje-visoko i visoko tehnoloških industrija izdvajaju znatno veća sredstva u istraživanje i razvoj, ostvaruju veći broj prijava za patent i shodno tome imaju veći udjel inovativnih kompanija, za razliku od ostalih industrija (EIS, 2019:11-12). Prema podacima iz CIS istraživanja, udio inovativnih kompanija Europske unije koje su uvele barem jednu od inovacija u referentnim tehnološkim industrijama viši je nego u svim ostalim industrijskim granama. Također, te industrije pridonose s 85% ukupnih ulaganja u istraživanje i razvoj privatnog sektora. (EIS, 2019:11)

Glavnina podataka (uključujući i kontekstualne indikatore) preuzeta je s Eurostata i iz drugih izvora kao što su Svjetska banka, OECD, UN, Svjetski ekonomski forum, GEM⁷ i dr. Podaci za sve indikatore su javno dostupni i potpuni.

Za izračun kompozitnog zbirnog inovacijskog indeksa (glavnog pokazatelja) koristi se svih 27 već navedenih indikatora. A krajnji rezultat, tj. vrijednost indeksa, metodološki se izračunava kao ne-težinski prosjek 27 indikatora.

Prethodno, podaci su pred-procesuirani kroz nekoliko faza i operacija. Kao na primjer, rješavanje problema s nedostajućim vrijednostima, određivanje graničnih vrijednosti, transformiranje iskrivljenih podataka, skaliranje, itd.

Osim referentne godine za pojedino izvješće, prate se i kronološki uspoređuju izvješća sve do 2011. godine. Tako da za trenutno dostupno izvješće iz 2019., referentno razdoblje za usporedbu su godine 2011. i 2018.

Rezultati se u konačnici uspoređuju s prosječnom vrijednosti EU izvedbe za svaki indikator i za svaku državu te su prikazani u postocima. Npr., ako vrijednost pokazatelja iznosi 123, to znači da određeni indikator pokazuje 23% bolju performansu od EU prosjeka.

⁷ *Global Entrepreneurship Monitor.*

2.1.4.1 EIS Izvješće za 2019.

Podaci posljednjeg dostupnog izvješća Europske ljestvice uspjeha u inoviranju objavljenom 17.6.2019. godine⁸ (odnose se na podatke iz 2018. i ranije). Glavni pokazatelj predstavlja zbirni inovacijski indeks (dalje u tekstu EIS indeks⁹) koji obuhvaća sve indikatore unutar referentnog okvira. Države su svrstane u četiri glavna razreda sukladno rezultatima indeksa. Zadnje naknadno objavljeno izvješće je EIS (2020).

Inovacijski lideri: uključuju one članice koje ostvaruju rezultat veći od 120% EU prosjeka. U tu grupu su svrstane četiri zemlje EU: Danska, Finska, Nizozemska i Švedska.

Veliki inovatori: obuhvaćaju članice čija izvedba se nalazi između 90% i 120% EU prosjeka. Njoj pripadaju države; Austrija, Belgija, Estonija, Francuska, Njemačka, Irska, Luksemburg i Ujedinjeno Kraljevstvo¹⁰

Umjereni inovatori: indeks se nalazi između 50% i 90% EU prosjeka. Četrnaest država zadovoljava taj kriterij: Hrvatska, Cipar, Češka, Grčka, Mađarska, Italija, Latvija, Litva, Malta, Poljska, Portugal, Slovačka, Slovenija i Španjolska. Hrvatska je na 55% prosjeka EU za 2018.

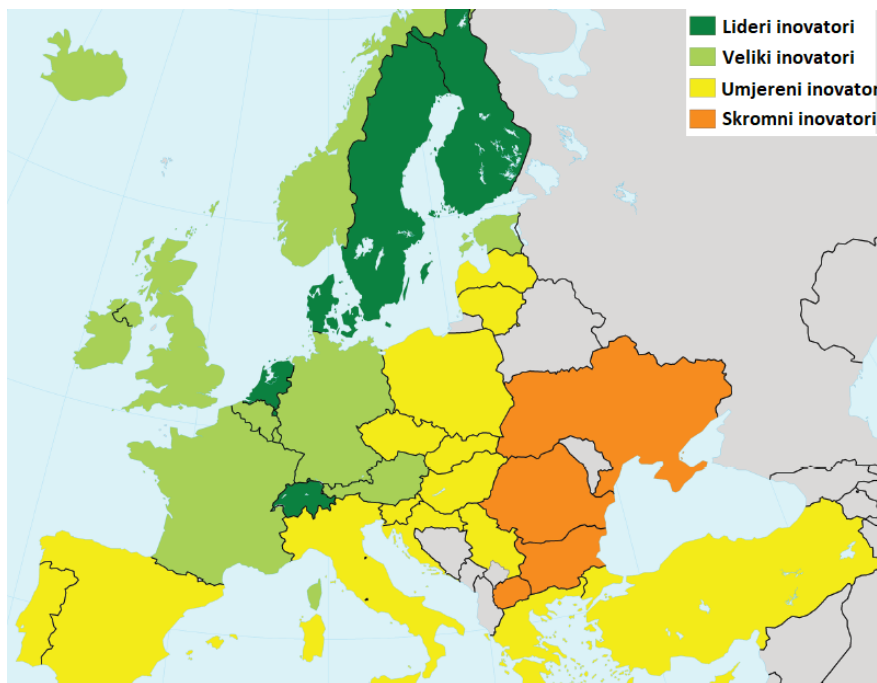
Skromni inovatori: čine preostale dvije države Bugarska i Rumunjska čiji se indeks nalazi ispod 50% EU prosjeka.

⁸ U vrijeme pisanja ovog poglavlja (svibanj 2020), još nije bilo dostupno novo izvješće (objavljeno 23.6.2020.). Stoga je analiza napravljena prema tada dostupnom izvješću iz 2019.

⁹ European Innovation Scoreboard (EIS).

¹⁰ U posljednjem dostupnom izvješću iz 2019., koji se odnosi na podatke iz 2018., Britanija je bila članica EU.

Na *Slici 4.* se nalazi karta Europe s pripadajućima kategorijama inovativnosti. Prikazan je prošireni skup od osam dodatnih država: Island, Norveška, Sjeverna Makedonija, Srbija, Švicarska, Turska i Ukrajina.

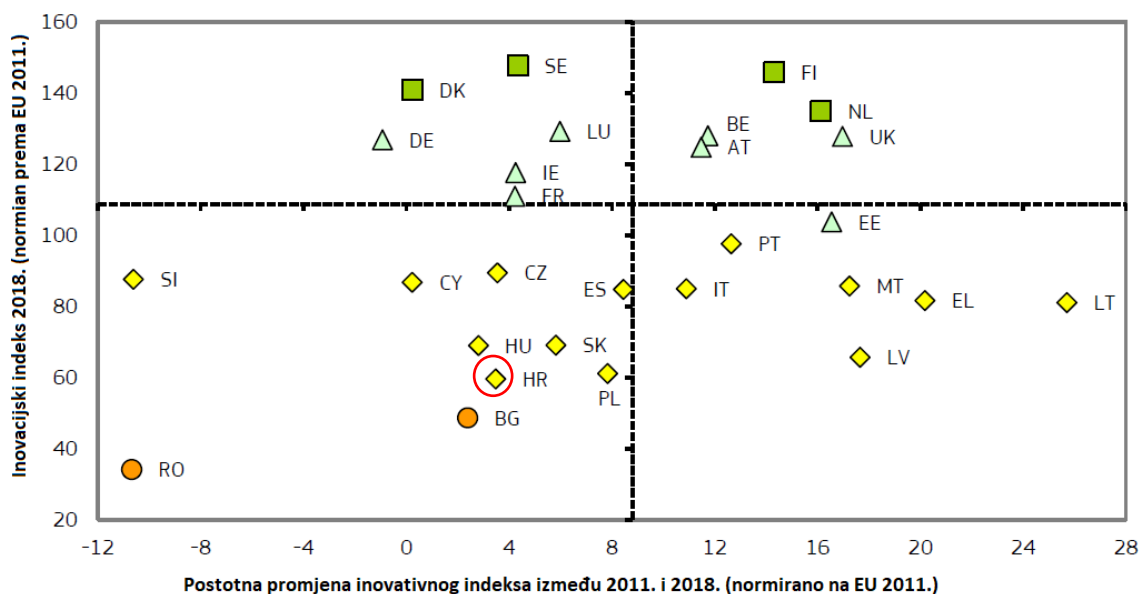


Slika 4. - Inovativne izvedbe država prema EIS indeksu svrstane u 4 grupe (EIS, 2019:27)

Iz slike se može uočiti uzorak povezanosti geografskog položaja i razine inovativnosti. Države istočnog bloka značajno zaostaju sa zapadnim EU članicama, dok države srednje Europe ostvaruju prosječan rezultat.

Sveukupno poboljšanje inovativne izvedbe spram 2011. na razini EU iznosi 8,8%. U razdoblju od 2011. do 2018., najviše su napredovale: Litva (25,7%), Grčka (20,2%), Latvija (17,7%), Malta (17,2%), Britanija (17%), Estonija (16,5%) i Nizozemska (16,1%). S druge strane najviše su nazadovale: Rumunjska (-10,7%), Slovenija (-10,6%) te Njemačka (-0,9%). Republika Hrvatska spada u skupinu zemalja čije promjene iznose od 0% do 5%, konkretno Hrvatska je na 3,5%

Intenzitet promjene u postocima za sve EU države članice prikazan je na *Grafikonu 5.*, gdje ordinata predstavlja postotnu promjenu 2018. u odnosu na 2011. godinu, a apscisa označava inovacijski indeks iz 2018. godine (normiran s EU prosjekom iz 2011. godine). Iz grafikona se vidi da je Litva na krajnjem desnom spektru s najvećom pozitivnom promjenom, a suprotno njoj nalaze se Rumunjska i Slovenija s najvećim padom.



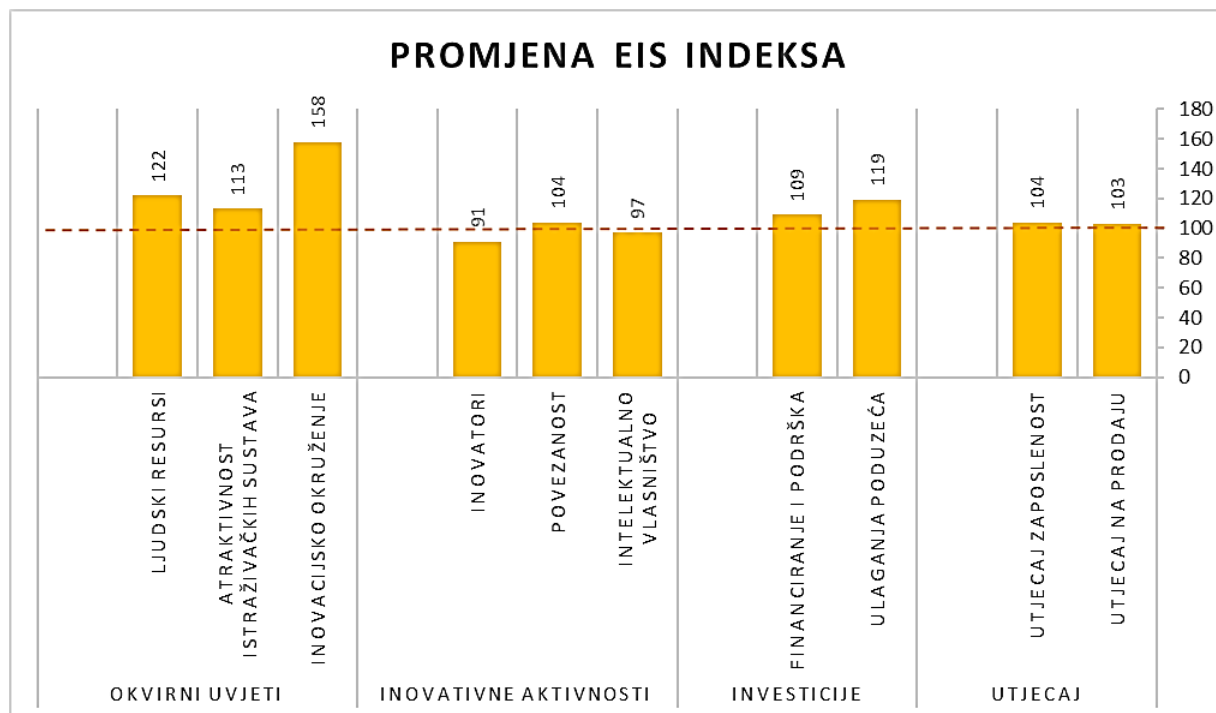
Grafikon 5. - Postotna promjena inovativne izvedbe u ovisnosti o trenutnoj razini (EIS, 2019:15)

U gornjem dijelu grafa se nalaze države sa iznad prosječnom izvedbom inovativnosti, a ispod su države čija izvedba je lošija od prosjeka EU. Horizontalna linija siječe grafikon na vrijednosti 108,8, što predstavlja prosječno EU poboljšanje (od 8,8%) između 2011. i 2018. godine.

Najpoželjniji je gornji desni kvadrant koji ukazuje na države s iznadprosječnom izvedbom inovativnosti i s najvećom promjenom vrijednosti od 2011. godine. Dijametralno suprotno, nalazi se kvadrant u kojem se nalaze države s ispodprosječnom inovativnom izvedbom i s ispodprosječnim napredovanjem (ili nazadovanjem). U toj skupini se nalazi i Republika Hrvatska (crveni kružić).

Ako se promatra po glavnim komponentama indeksa (Grafikon 6.) te po inovacijskim dimenzijama svih država članica, može se primijetiti da je u referentnom vremenskom okviru od 2011. do 2018. godine najveće poboljšanje ostvarila dimenzija „inovacijsko okruženje“ i to od 58%. Unutar ove dimenzije još više je napredovala rasprostranjenost širokopojasne mreže (100%), a komponenta „poduzetništvo potaknuto prilikama“, povećano je za 58%. Povećanje dostupnosti širokopojasne mreže čini infrastrukturu koja se trenutno nalazi u ekspanziji. No ta ekspanzija je ograničenog dosega, stoga u dugoročnoj vremenskoj perspektivi ovaj indikator će ući u zasićenje. Povećanje udjela poduzeća potaknuto prilikama od 58% dobar je pokazatelj zdrave poduzetničke aktivnosti. Još jedna dimenzija koja je značajnije napredovala u odnosu na 2011. godinu su „ljudski resursi“ (indikator povećanja broja završenih doktorskih studenata

od 45%). No s druge strane, aktivnost cjeloživotnog obrazovanja (broj upisanih) se povećala svega 2% u referentom razdoblju.



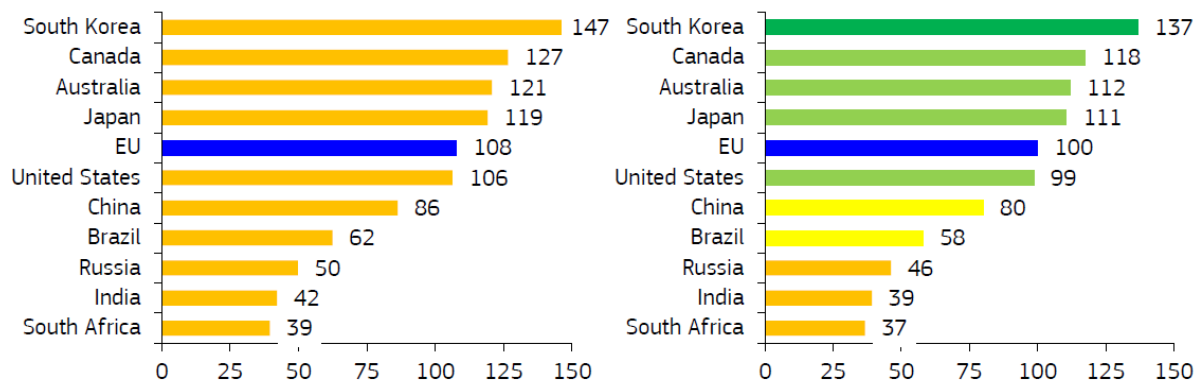
Grafikon 6. - Promjena EIS indeksa između 2011. i 2018 po dimenzijama za EU (izradio autor prema: (EIS, 2019))

Na drugom kraju spektra, kategorija s najlošijom izvedbom jest dimenzija „inovatori“. Ta dimenzija predstavlja broj inovativnih poduzeća (što je u fokusu ovog rada). Najveći pad zabilježen je kod poduzeća s organizacijskom i/ili marketing inovacijom od -15%, dok se broj inovativnih poduzeća s razvijenom inovacijom proizvoda, usluga ili procesa smanjio za -3% u odnosu na 2011. godinu. Također, za -10% se smanjio broj poduzeća koja su sama razvijala inovacije (*in-house*). Ovi brojevi ukazuju na trendove koji nisu ohrabrujući, jer korijen inovativnog sustava leži upravo na inovativnim poduzećima kao nositeljima cjelokupnog inovacijskog ekosustava.

Investicije fondova rizičnog kapitala su povećane za 29%. Ulaganja u istraživanje i razvoj od strane poslovnog sektora su povećana za 15%, no s druge strane ulaganja u I&R javnog sektora su manja za -7%. Zanimljivo je uočiti da je inovativni „*output*“ ostao približno na razini kao i prije sedam godina s povećanjem oko 3%.

Kao što je već prije navedeno, inovacijska izvedba svih dimenzija i indikatora država članica Europske unije prosječno se povećala za 8%. Ako bi se taj rezultat usporedio s drugim globalnim konkurentima, dobio bi se prikaz prema Grafikonu 7. Lijeva strana grafikona

uspoređuje inovativni indeks 2018. godine u odnosu na EU prosjek 2011. godine (promjena), a desna strana grafikona prikazuje izvedbu iz 2018. godine u odnosu na EU prosjek iz 2018. godine (izvješće 2019.).



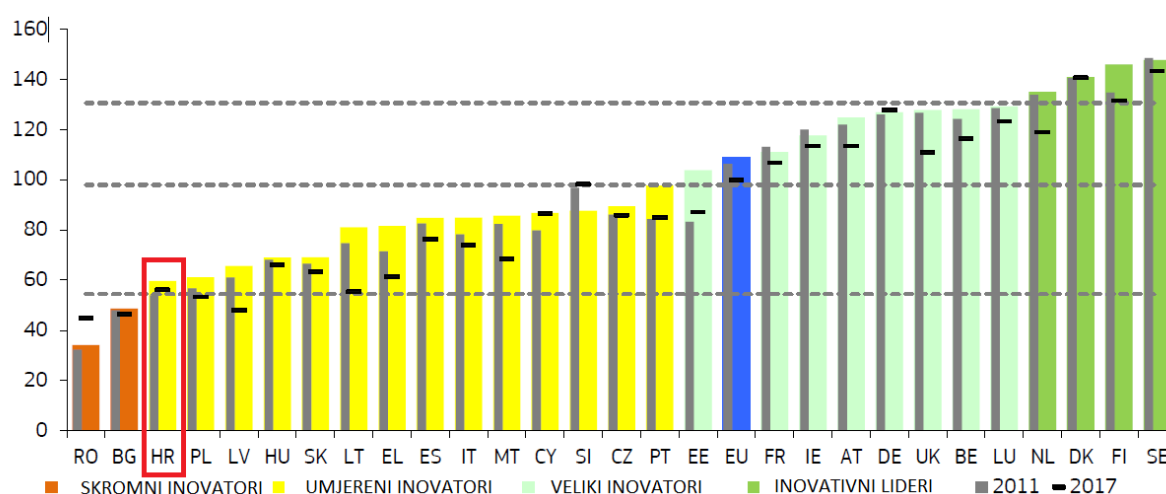
Grafikon 7. - Usporedba inovativne izvedbe EU s globalnim konkurentima (EIS, 2019:29)

Globalni inovativni lider jest Južna Koreja, veliki inovatori su Kanada, Australija, Japan, EU i SAD. Umjereni inovatori su Kina i Brazil, a Rusija, Indija i Južna Afrika predstavljaju skromne inovatore. Po ovom izvješću EU pokazuje bolju izvedbu nego SAD. Najveće napredovanje (veće ili jednako 10%) u promatranom razdoblju (2011.-2017. godine) napravile su Južna Koreja, Kina, Brazil, Južna Afrika i Japan. S druge strane najviše su nazadovale Indija (-6%), SAD (-2,3%) i Kanada (-1%). Europska unija se tu dobro pozicionirala spram globalnih konkurenata s povećanjem od oko 8%.

No, važno je napomenuti da među globalne konkurente nisu uvrštene neke bliske europske zemlje kao na primjer Švicarska koja po svojoj inovativnoj izvedbi nadmašuje sve ostale države svijeta. Što se tiče drugih država Europe koje nisu EU članice (kao što su države zapadnog Balkana) planirano je njihovo uključivanje u EIS analizu u narednom periodu. Za sada su uključene Srbija i Sjeverna Makedonija, a u planu su Bosna i Hercegovina, Kosovo, Crna Gora i Albanija. Najveći problem jest nedostatak podataka za analizu pojedinih inovativnih dimenzija koji su preduvjet za uključivanja u sam projekt.

2.1.4.2 EIS Izvješće 2019. za Hrvatsku

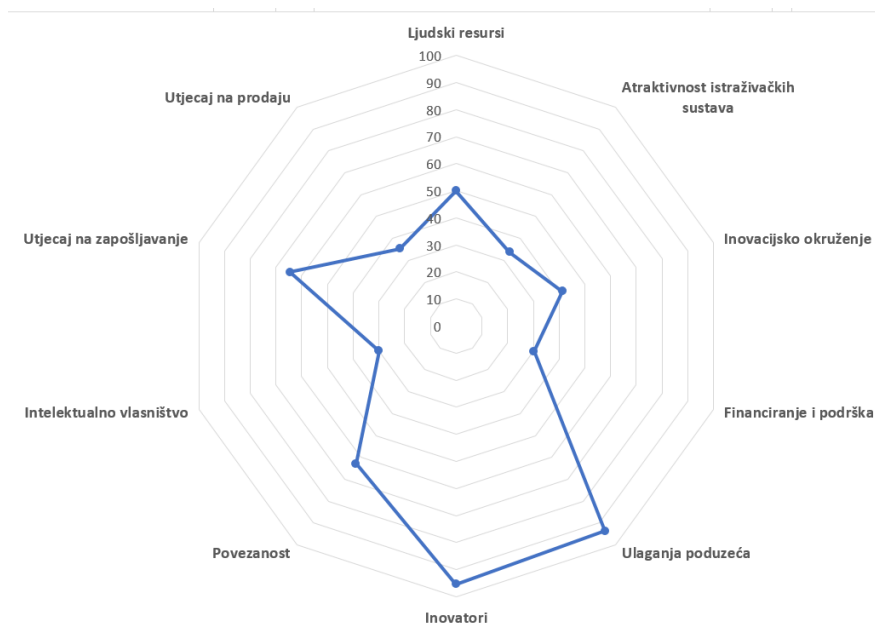
Republika Hrvatska je već godinama uključena u EIS izvješće. Kao što je već i prije spomenuto Hrvatska se nalazi u skupini umjerenih inovatora (zajedno s još 13 članica) s rezultatom EIS indeksa od 60 bodova. No, unutar te skupine se nalazi na samom rubu, što je vidljivo iz *Grafikona 8*. Tri vertikalne crtkane linije označavaju pragove između skupina inovativnosti (inovativni lideri, veliki, umjereni i skromni inovatori).



Grafikon 8. - EIS indeks za EU članice (EIS, 2019:13)

Obojani stupci predstavljaju vrijednost inovacijskog indeksa za 2018. godinu, sivi uski stupci vrijednost indeksa za 2011. godinu, a vertikalna crtica – vrijednost indeksa za 2017. godinu. Iz svega ovog se vidi da Hrvatska nije značajno napredovala u razdoblju od sedam godina te da su po izvedbi iza nje jedino Rumunjska i Bugarska.

Na *Grafikonu 9*. (stranica ispod) prikazan je odnos pojedinih dimenzija inovativnosti za Republiku Hrvatsku. Daleko ispodprosječna izvedba (35% ili manje od EU prosjeka) pokazuju dimenzije „intelektualno vlasništvo“ (30%), „financiranje i podrška“ (30%), „atraktivnost istraživačkog sustava“ (34%) te „utjecaj na prodaju“ (35%) (udio prodaje inovativnih proizvoda i usluga). Dimenzije s prosječnim rezultatima su „ulaganja poduzeća“ (94%) i „inovatori“ (95%).



Grafikon 9. - Izvedba dimenzija EIS inovacijskog indeksa (izradio autor prema (EIS, 2019:53))

No, ako se detaljnije analizira struktura indeksa po krajnjim indikatorima (Tablica 4.), mogu se vidjeti najjače i najslabije komponente. Najlošije izvedbe indikatora s rezultatom ispod 20% prosjeka EU su: „izvoz znanjem intenzivnih usluga“ (3%), „ulaganja fondova rizičnog kapitala“ (12%), „cjeloživotno obrazovanje“ (12%), „prijava патената“ (18%) te „broj dolaznih doktorskih studenata“ (19%).

Najbolje izvedbe su (iznadprosječnom izvedbom spram EU za 2018. godinu): „izdaci za inovacije izuzev I&R“ (141%), „MSP s marketing ili organizacijskom inovacijom“ (108%) te „ICT edukacije“ (105%).

Tablica 4. - Izvedba EIS za Hrvatsku po indikatorima (izradio autor prema (EIS, 2019:53))

OKVIRNI UVJETI		INOVATIVNE AKTIVNOSTI		INVESTICIJE		UTJECAJ	
Ljudski resursi		Inovatori		Financiranje i podrška		Utjecaj na zapošljavanje	
Novi doktorandi		MSP sa inovacijom proizvoda, usluga ili procesa		Troškovi I&R u javnom sektoru		Zaposlenje u znanjem intenzivnim poduzećima	
Udio populacije (25-34) sa visokim obrazovanjem		MSP sa marketing i organizacijskom inovacijom		Ulaganja fondova rizičnog kapitala		Zaposlenje u brzorastućim poduzećima inovativnih sektora	
Cjeloživotno obrazovanje		MSP sa razvojem inovacija unutar poduzeća					
Atraktivnost		Povezanost		Ulaganja poduzeća		Utjecaj na prodaju	
Međunarodne znanstvene publikacije		Inovativna MSP u suradnji sa drugima		Troškovi I&R u privatnom sektoru		Izvoz srednje i visoko tehnoloških proizvoda	
10% najcitatiranih publikacija		Privatno-javne publikacije		Troškovi u inovacije osim I&R		Izvoz znanjem intenzivnih usluga	
Broj stranih doktorskih studenata		Privatno sufinanciranje javnih I&R troškova		ICT edukacije		Prodaja inovativnih proizvoda i usluga	
Inovacijsko okruženje		Intelektualno vlasništvo					
Penetracija širokopojasne mreže		PCT prijave патената					
Poduzetništvo potaknuto prilikama		Prijave zaštitnih znakova					
		Prijave dizajna					

Unutar kontekstualnih indikatora za Republiku Hrvatsku, najlošiju izvedbu predstavljaju komponente „vladavina prava“ (25%), „investicije“ (58%) te napose „broj poduzeća s velikim ulaganjima u istraživanje i razvoj“. Najbolji rezultati jesu „ukupna poduzetnička aktivnost – TEA¹¹“ (134%) te „udio novih poduzeća“ (127%). Stoga, iz kontekstualnih varijabli se mogu uočiti slični problemi s inovacijskim okruženjem (vladavina prava i investicije) kao i u već prethodno opisanim izvješćima. S druge strane, povećana poduzetnička aktivnost nužno ne predstavlja indikator gospodarskog razvoja niti inovativnosti (države koji imaju vrlo visok TEA su uglavnom zemlje u razvoju. (Bosma, Hill i dr., 2020)

Uzmemo li u obzir *Globalni inovacijski indeks (GII)*, teško je napraviti direktnu komparaciju, jer su indikatori drugačije raspoređeni po različitim inovacijskim dimenzijama. Također, određeni EIS indikatori uopće ne postoje u unutar GII strukture i obrnuto. Primjerice, indikator cjeloživotnog obrazovanja, broj novo završenih doktorskih studenata, broj dolaznih doktorskih studenata iz drugih zemalja, CIS podaci, itd. Možda najviše preklapanja po dimenzijama (stupovima) postoji između EIS grupe „okvirni uvjeti“ i GII pod-stupa „ljudski potencijali i istraživanja“ te između EIS grupe „inovativni utjecaji“ i GII pod-stupa „kreativni output/output znanja i tehnologije“. K tome, GII indeks prvenstvo označava redne pozicije pojedine države (1-129), a bodovi po pojedinim stupovima (dimenzijama) nisu normalizirani na isti način. Također, broj država uključenih u istraživanje u GII značajno je veći nego kod EIS-a. No, bez obzira, oba pristupa pokušavaju obuhvatiti i opisati istu stvar - suštinu inovativnosti ekonomija te ukazuju na trendove i smjerove razvoja inovativnosti države kao i njezine dobre i loše strane.

U *Prilogu 2.* i *Prilogu 3.* se nalaze kompletna izvješća iz 2019. i 2020. godinu za Republiku Hrvatsku.

¹¹ Total early-stage Entrepreneurial Activity - TEA predstavlja postotak broja poduzetnika koji upravljaju sa novim poduzećem u ukupnoj populaciji stanovništva starosti od 18 do 64 godine.

2.1.5 Regionalni inovacijski indeks (RIS)

Slično kao i kod *Europske ljestvice uspjeha u inoviranju* Europska komisija je provela istraživanje po regijama. *Regionalni inovacijski indeks (RIS)*¹² se može smatrati kao proširenje EIS izvješća. RIS istraživanje za razliku od EIS-a se provodi u pravilu svake druge godine. Zadnje dostupno izvješće je od 8.6.2019. (RIS, 2019)

RIS pokriva 238 regija (prema NUTS 1 i NUTS 2) svih 23 EU članica (uključujući Ujedinjeno Kraljevstvo koje je tada bilo članica EU). Također obuhvaća Norvešku, Srbiju i Švicarsku. Cipar, Estonija, Latvija, Luxemburg i Malta uključeni su na razini cijele države, jer se NUTS regije preklapaju s granicama zemlje.

RIS 2019. uspoređuje inovacijske izvedbe i razlike u inovacijama između pojedinih regija, koristeći 18 od 27 EIS pokazatelja. Shodno izvedbi, regije su svrstavane po grupama uspješnosti. Takvi rezultati mogu se koristiti za daljnju analizu i komparaciju strukturnih i ekonomskih razlika između regija.

Kako se većina dostupnih podataka, indikatora i pokazatelja nalazi u izvješćima na razini države (a ne regija), broj ulaznih indikatora regionalne razine je sužen kao i dostupnost takvih podataka. Također, podaci u ovom istraživanju nisu prikupljeni isključivo za period od godine dana prije objave izvješća, nego u višegodišnjem razdoblju u ovisnosti o dostupnosti samih podataka pojedinog pokazatelja.

U prethodnom poglavlju „*Europska ljestvica uspjeha u inoviranju*“ detaljno je opisan referentni okvir za mjerenje inovativne izvedbe *Europske ljestvice u inoviranju*. Za potrebe RIS-a referentni okvir je načelno preslikan uz redukciju nekoliko indikatora zbog nedostataka podataka, tako da ovdje neće biti posebno razmatran.

Regije predstavljaju važan čimbenik gospodarskog razvoja, stoga mjerenje inovacijske izvedbe pojedinih regija igra sve značajniju ulogu. U posljednje vrijeme regionalni sustavi inovacija postali su česta tema proučavanja. Istraživanja ukazuju na tri važne činjenice povezane s regijama. Prva je da inovacije nisu uniformno raspoređene među regijama. Drugo, inovacije

¹² Engleski naziv je *Regional innovation Scoreboard*. U izvještaju na Hrvatskom jeziku stoji naziv „Rezultati regija u području inovacija“. Glavni pokazatelj ljestvice je „Regionalni inovacijski indeks“ (RIS). Radi jednostavnosti u tekstu će za izvješće navoditi naziv Regionalni inovacijski indeks (RIS).

imaju tendenciju da se prostorno konvergiraju i koncentriraju. I treće, čak i regije sa sličnim inovacijskim kapacitetom ostvaruju različitu dinamiku i stupanj razvijenosti (RIS, 2019:7).

Regije se međusobno razlikuju teritorijalnom veličinom i brojem stanovnika u ovisnosti o državi gdje se nalaze, stoga predstavljaju podosta heterogenu skupinu. Krenuvši od Norveške koja ima sedam NUTS2 regija po 756.000 stanovnika do Francuske koja posjeduje četrnaest NUTS 1 regija po 4.780.400 stanovnika. Različitost veličine regija otežava izravnu usporedbu između njih (RIS, 2019:10-12). Republika Hrvatska se sastoji od dvije NUTS 2 regije s otprilike 2 milijuna stanovnika, HR03 – Jadranska Hrvatska i HR04 – Kontinentalna Hrvatska.

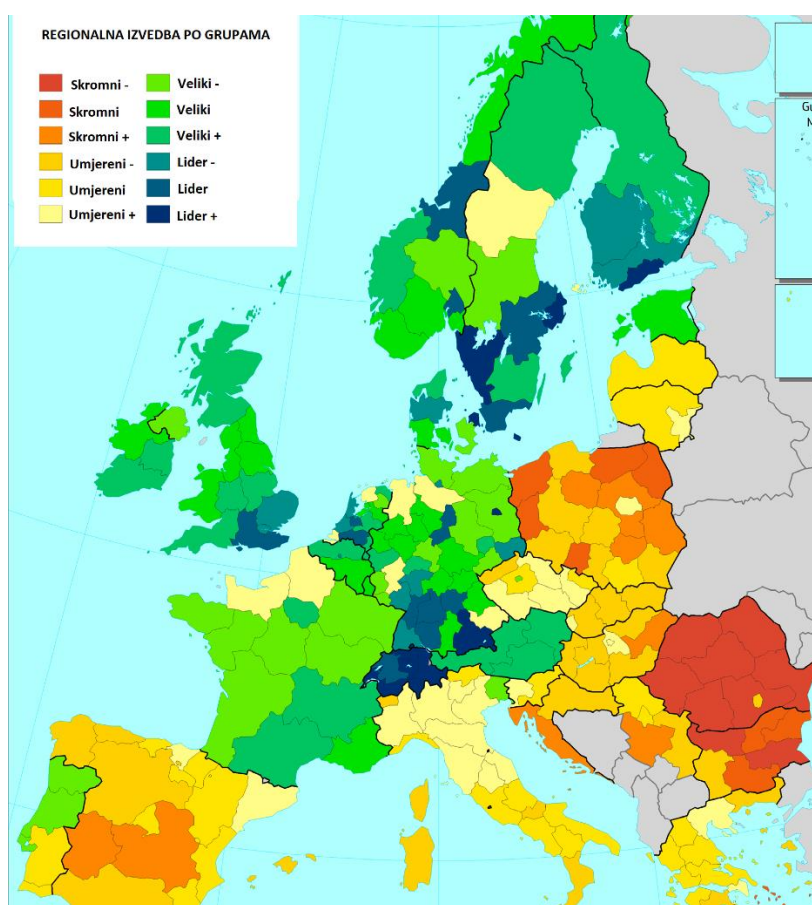
Slično kao i kod EIS-a, regije su podijeljene u četiri skupine ovisno o izvedbi inovativnosti. Od 238 regija, 38 regija su inovacijski lideri, 73 su veliki inovatori, 97 umjereni inovatori i 30 regija su skromni inovatori. Radi dodatne preciznosti, navedene grupe su dodatno graduirane na 3 razine.

Indeks inovativnosti države obično prati razvijenost pojedinih regija, ali se može dogoditi da unutar iste države postoji i do 7 različitih stupnjeva razvijenosti (Njemačka). Osim indikatora definiranih u referentnom okviru, RIS također uključuje strukturalne pokazatelje preuzete s Eurostata kao što su BDP, udio industrije u BDP-u, prosječni broj zaposlenih po industriji, gustoća naseljenosti itd. Strukturalni indikatori mogu pomoći pri interpretaciji rezultata inovacijske izvede regija i kod njihove usporedbe. Npr., na koji način općeniti pokazatelji kao što su BDP ili gustoća naseljenosti čine razliku kod regija sa sličnim inovacijskim izvedbama.

Rezultati upućuju da kroz vrijeme većina regija koje su lideri u inovacijama to i ostaju, ali također da se smanjuje razlika između lidera i velikih inovatora. Od promatranih 238 regija 159 ih je napredovalo u proteklom 9-godišnjem razdoblju. Najveći broj regija koje su napredovale nalazi se unutar skupine umjerenih inovatora (80% zemalja), a najmanji broj regija s napretkom je unutar grupe skromnih inovatora (45% zemalja). Ovaj podatak upućuje da se povećava jaz između regija s najslabijom inovativnom izvedbom (regija Jadranska Hrvatska se nalazi u toj skupini) i ostalih grupa.

Na Slici 5. se nalazi vizualni prikaz regionalnog inovacijskog indeksa 2019. u bojama. Plava boja predstavlja *inovacijske lidere*, zelena *velike inovatore*, žuta *umjerene inovatore* i narančasta *skromne inovatore*. Svaka boja ima tri nijanse, gdje tamnija označava bolju inovativnu izvedbu unutar iste skupine. Iz slike je uočljiva velika razlika između zapadnog i istočnog bloka Europe te juga i sjevera. Najveći kontrast je između Rumunjskih i Švicarskih regija.

Od 10 najinovativnijih regija 6 ih se nalazi na području Švicarske. Najbolji rezultat ostvaruje regija Zürich (CH04) – Švicarska, a najinovativnija regija unutar Europske unije jest Helsinki-Uusimaa (FI1B) - Finska.



Slika 5. - Regionalni inovacijski indeks (RIS, 2019:17)

2.1.5.1 Regionalni inovacijski indeks (RIS) za Republiku Hrvatsku

Republika Hrvatska je podijeljena u dvije regije, Kontinentalnu (HR04) i Jadransku Hrvatsku (HR03) prema Slici 6. (RIS, 2019:26).

Kontinentalna Hrvatska se nalazi na 177 od 238 mjesta i ima nešto bolju inovacijsku izvedbu od Jadranske Hrvatske s pozicijom 216. (od 238 mjesta). Što znači da se Jadranska Hrvatska nalazi u skupini od 10% najmanje inovativnih regija. K tome, u periodu od 9 godina Jadranska Hrvatska je nazadovala za oko -7% (-3,2 boda). Sjeverna Hrvatska je nešto bolja te se ubraja u skupinu umjerenih inovatora, a promjena u 9-godišnjem razdoblju iznosi oko +3%.



Slika 6. - Podjela Hrvatske na regije (RIS, 2019:26)

Izvedba Jadranske Hrvatske je po svim pokazateljima slabija od Kontinentalne. Najveća odstupanja su u indikatorima troškova u istraživanje i razvoj, prijavi dizajna te u broju publikacija proizašlih iz suradnje javnog i privatnog sektora. Ako se uzme u obzir da su ulaganja u istraživanje i razvoj te prijave dizajna i патената na državnoj razini daleko ispod prosjeka EU, rezultati dodatno ukazuju na ozbiljne probleme inovacijske izvedbe u kojima se nalazi južna Hrvatska, ali i Hrvatska općenito.

2.1.6 Globalni indeks konkurentnosti (GCI)

Izvješće o globalnoj konkurentnosti je projekt započet 1979. od strane *Svjetskog ekonomskog foruma* (WEF, 2021). Osim što prati konkurentnost, istraživanje je fokusirano i na druge aspekte društva kao što su održivi razvoj, zelena energija te ravnopravnost. Zadnje dostupno izvješće iz prosinca 2020. godine (WEF-GCI, 2020) predstavlja specijalno izdanje i ne obuhvaća standardna izvješća po pojedinim ekonomijama. Stoga, u radu će biti opisano zadnje dostupno kompletno globalno izvješće konkurentnosti iz 2019. godine (Schwab, 2019b).

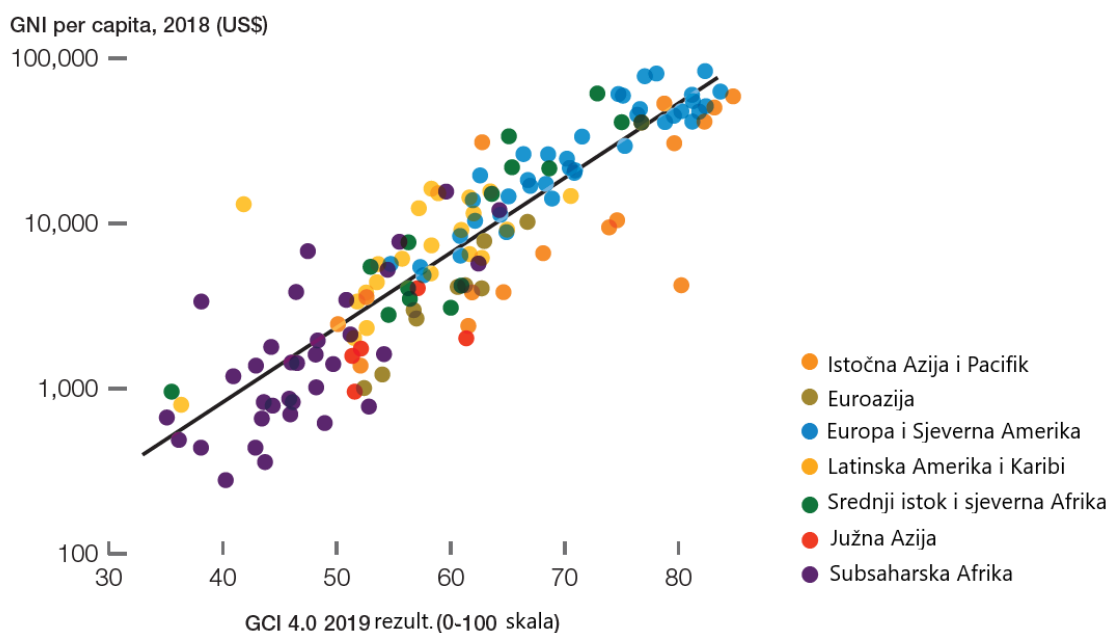
Glavni pokazatelj izvješća je *globalni indeks konkurentnosti* (GCI 4.0¹³). GCI prikazuje ukupni agregirani rezultat svih indikatora te je sukladno rezultatima napravljena rang lista država uključenih u istraživanje. Namjera je ukazati na jake i slabe komponente sustava s ciljem boljeg uvida u probleme, nuđenjem smjernica koje lideri mogu koristiti kako bi unaprijedili i korigirali svoje ekonomije.

GCI 4.0 se sastoji od komponenti povezanih s inovativnošću i produktivnošću. Nadalje uključuje komponente rasta, ekološku i ekonomsku održivost te ljudski razvoj u doba četvrte industrijske revolucije. Izvješće pokriva 141 zemlje, što čini preko 99% svjetskog BDP-a. Efikasnost GCI konstrukta može se vidjeti u činjenici da je rezultatom indeksa konkurentnosti obuhvaćeno 81% varijacija (razlike) prihoda između predmetnih ekonomija te 71% varijacija dugoročnog rasta (Schwab, 2019b).

Odnos između bruto nacionalnog dohotka i indeksa konkurentnosti prikazan je na *Grafikonu 10.* (stranica ispod) Vidljivo je da postoji jasna korelacija s GCI indeksom što ukazuje na adekvatnost konstrukta te povezanost konkurentnosti s ekonomskim prosperitetom gospodarstva.

Također, iz slike je vidljivo da u gornjem dijelu spektra (visok GCI i visoki prihodi) dominiraju Europske zemlje i zemlje Sjeverne Amerike, dok se na drugoj strani spektra nalaze zemlje supsaharske Afrike.

¹³ Trenutna verzija 4.0, predstavlja zadnju iteraciju metodologije istraživanja.



Grafikon 10. - Odnos konkurentnosti (CGI) i dohotka (GNI) (Schwab, 2019b)

Globalni indeks konkurentnosti se zasniva na 103 indikatora koji su organizirani u 12 glavnih stupova. Izračun indeksa se provodi sukcesivnom agregacijom rezultata od nivoa početnih indikatora do završnog konačnog rezultata. Svaki nivo agregacije (indikatori->stupovi->rezultat) je izračunat kao prosjek prethodnih komponenti.

Podaci su preuzeti iz različitih izvora, od međunarodnih organizacija, akademske zajednice, neprofitnih organizacija, itd. Veliki dio podataka (oko 30% indikatora) dolazi iz Svjetskog ekonomskog foruma (anketno istraživanje izvršnih direktora organizacija koje se godišnje provodi na oko 15.000 ispitanika).

Konkurentnost GCI-a podrazumijeva efikasnije korištenje faktora proizvodnje. Koncept je utemeljen na „*Growth accounting*“ teoriji (Solow, 1957) koja mjeri ekonomski rast kroz proizvodnu funkciju (npr. zbroj) različitih faktora. S time se indirektno mjeri stupanj tehnološkog napretka kao ostatkom poznatih i mjerljivih elemenata. Sveobuhvatnom ekonomskom rastu pridonose faktori kapitala, rada te komponenta koja se ne može opisati vidljivim promjenama. Taj nepoznati dio rasta predstavlja porast tehnološkog napretka i produktivnosti, tj. stvaranje viška outputa sa istom količinom inputa.

U izvješću se rast produktivnosti prikazuje preko TFP-a („*Total factor productivity*“). TFP predstavlja omjer agregiranog outputa (primjerice bruto društvenog proizvoda) i agregiranog inputa (rad i kapital). Ukoliko se naprave određena pojednostavljenja obično se rast TFP-a (uz

nepromijenjene ostale varijable) može interpretirati kao dio rasta outputa koji nije objašnjen rastom inputa (rada/kapitala) korištenog u proizvodnji. Stoga, indeks konkurentnosti nastoji detektirati temeljne faktore i dati smjernice o tome što je važno za dugoročni rast gospodarstva. Takva saznanja mogu pomoći pri odabiru ispravnih politika u procesu oblikovanju cjelovitih ekonomskih strategija.

Glavni stupovi (pilari) indeksa konkurentnosti prikazani su na *Slici 7*. Konačni rezultat indeksa se računa kao agregirani prosjek svih navedenih cjelina. Načelno, konstrukt je podijeljen na četiri temeljne komponente (poslovno okruženje, tržišta, ljudski resursi i inovacije).



Slika 7. - Struktura GCI indeksa (NVK, 2019)

Povezanost indeksa konkurentnosti s inovativnošću je višedimenzionalna te se proteže kroz većinu tematskih cjelina. Unutar stupa institucije opisana je komponenta „*prava vlasništva*“, a sastoji se između ostalog od indikatora zaštite intelektualnog vlasništva. Nadalje, u istoj cjelini pod komponentom „*orijentacija vlade na budućnost*“ nalaze se pokazatelji koji se odnose na pravne okvire usvajanja digitalnih poslovnih modela i energetska efikasnost.

Cjelokupni stup „*primjena informacijsko komunikacijske tehnologije*“ opisuje IKT infrastrukturu i broj korisnika interneta kao dio inovacijske platforme. Digitalna infrastruktura predstavlja tehnološki minimum za inovativni razvoj. O digitalnoj konkurentnosti biti će više riječi u poglavlju „*Ljestvice digitalizacije i digitalne konkurentnosti*“.

Nadalje, na stup „*vještine*“ se može gledati kao output formalnog te cjeloživotnog obrazovanja. Pokazatelji su opisani indikatorima digitalnih vještina, digitalne pismenosti te općenito udjelima visoko kvalificirane radne snage. Cjelina „*tržište proizvoda*“ pobliže opisuje konkurentnost domaćeg tržišta kao i otvorenost tržišta, a stup „*tržište rada*“ navodi fleksibilnost

i mobilnost radne snage. Naglašene komponente inovacijskog ekosustava mogu se vidjeti i unutar stupa „*financijski sustav*“ s pokazateljima financiranja malog i srednjeg poduzetništva te dostupnosti rizičnog kapitala.

Uz sve do sada navedeno, inovacijskom ekosustavu eksplicitno su posvećena dva glavna stupa: „*poslovna dinamika*“ te „*inovacijski kapacitet*“. Stup „*poslovna dinamika*“ opisuje poduzetničku kulturu te administrativno okruženje (uvjeti i okolnosti pokretanja novog poduzeća). Unutar navedenih kategorija nalazi se percepcija i stav prema poduzetničkom riziku, rast udjela inovativnih poduzeća te udio poduzeća s prijelomnim (*engl. disruptive*) inovacijama. Cjelina „*inovacijski kapacitet*“ obuhvaća komercijalizaciju, istraživanje i razvoj te suradnju. Unutar ove cjeline opisani su indikatori troškova istraživanja i razvoja, prijave patenata, prijave zaštitnih znakova, broj znanstvenih publikacija, prestižnosti istraživačkih institucija, međunarodna suradnja na inovacijama i dr.

Izvješće globalne konkurentnosti 2019¹⁴ (Schwab, 2019b) uključuje rezultate za 141 ekonomiju. Na prvih pet pozicija s najboljom inovacijskom izvedbom nalaze se države: Singapur, SAD, Hong Kong, Nizozemska i Švicarska. Temeljem izvještaja, svakoj državi je pripisan određeni rezultat (0 -100), gdje maksimalni broj 100 predstavlja idealno stanje tj. horizont gdje ne postoje nikakve prepreke za razvoj konkurentnosti.

Ukupni rezultat za najbolju ekonomiju Singapur iznosi 84,8 bodova što se može interpretirati da postoji još prostora (25 bodova) za unapređenje sustava kako bi se uklonile sve eventualne barijere za razvoj konkurentnosti.

Svaka bi zemlja trebala raditi na tome da dođe do idealne granice. Takav pristup daje mogućnost državama da prate svoj napredak i korigiraju faktore koji potiču i unaprjeđuju proces ekonomskog rasta i održivog razvoja.

Prosjek rezultata indeksa svih država značajno je niži i iznosi 60,7. Dakle, da se ostvari optimalna sinergija globalne konkurentnosti potrebno je još savladati udaljenost od oko 40 bodova (Schwab, 2019a).

Na globalnoj razini svi elementi konkurentnosti nisu jednako razvijeni. Ukoliko se krene od svjetskog prosjeka (60,7 – prosjek svih elemenata) značajna je razlika u izvedbi pojedinih komponenti. Obično najslabije komponente čine usko grlo razvoja sustava. Najslabiji stupovi

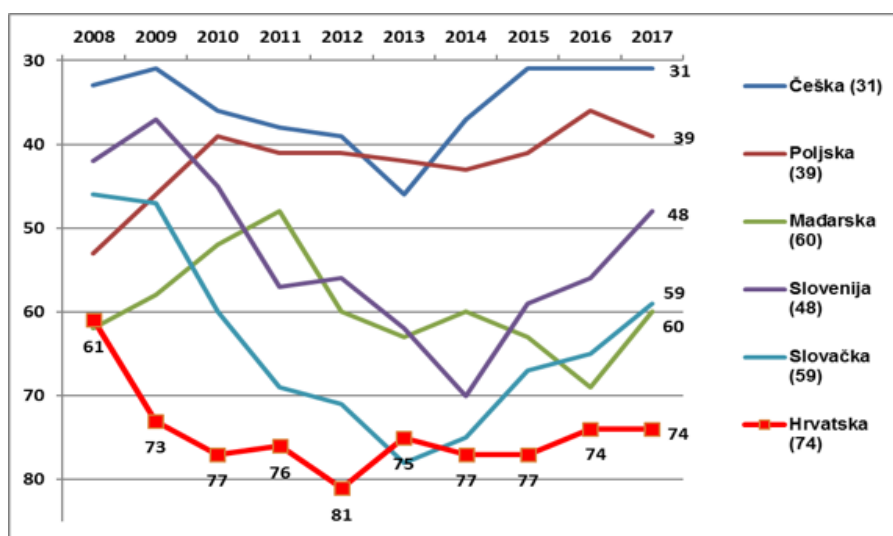
¹⁴ U vrijeme pisanja rada (siječanj 2021.) zadnje dostupno izvješće.

globalne konkurentnosti su *inovacijski kapacitet, primjena IKT tehnologije te tržište*. Najrazvijenije komponente su *makroekonomska stabilnost i zdravlje*. Nerazvijeni elementi ukazuju gdje leže najveći problemi i na čemu je potrebno najviše raditi. Težište je upravo na unaprjeđenju kapaciteta inovativnosti.

Zemlje s najboljom inovacijskom izvedbom (stupovi inovacijski kapacitet i poslovna dinamika) su: Njemačka, SAD, Švicarska i Tajvan. Svega četvrtina ekonomija ostvaruje broj bodova inovativne izvedbe viši od 50, a medijan iznosi tek 38. Zdravi inovacijski ekosustav nije jednostavno kopirati niti nametnuti. Uspostavljanje je proces koji predstavlja naprednu fazu razvoja društva i zahtjeva temeljiti, kontinuirani i kompleksni pristup.

Izvješće konkurentnosti u sebi obuhvaća znatno širi kontekst. Nastoji objediniti sve čimbenike održivog razvoja društva na globalnoj razini. Adresira ekološku održivost, ravnopravnost te jednake prilike za sve te ih zajedno postavlja kao jednako važne elemente sustava. Uključivanje šireg konteksta nije kompromis, nego predstavlja suštinski element održivosti društva. Ukoliko se uključe sve eksternalije (pozitivne i negativne) te „*spill over*“ efekt, tek se tada može dobiti cjelokupna slika razvoja, stoga je važno donositi holističke politike i strategije izvan uskih okvira.

Republika Hrvatska je duže vrijeme uključena u izvješća globalne konkurentnosti. Na *Grafikonu 11.* prikazano je godišnje kretanje GCI indeksa Hrvatske te EU zemalja srednje i istočne Europe za razdoblje 2008. – 2017. godine.



Grafikon 11. - Ljestvica indeksa globalne konkurentnosti za EU zemlje srednje i istočne Europe (Konkurentnost, 2017.)

Nakon agresivnog pada uzrokovanog Velikom recesijom 2008. godine, vrijednost indeksa za Republiku Hrvatsku se godinama kretao oko 75. mjesta - na začelju država prikazanih na slici.

Rezultati za izvješće iz 2019. stavljaju Hrvatsku na 63. poziciju (od 141), gdje se na godišnjem nivou vidi trend (2017.–74. mjesto, 2018.–68. mjesto, 2019.–63. mjesto), no ta promjena je prvenstveno rezultat povećanja makroekonomske stabilnosti, te se sastoji od inflacije i stabilnosti javnog duga. No, niti inflacija niti dug nisu pokretač razvoja ekonomije te nisu usko povezani s inovacijskim ekosustavom.

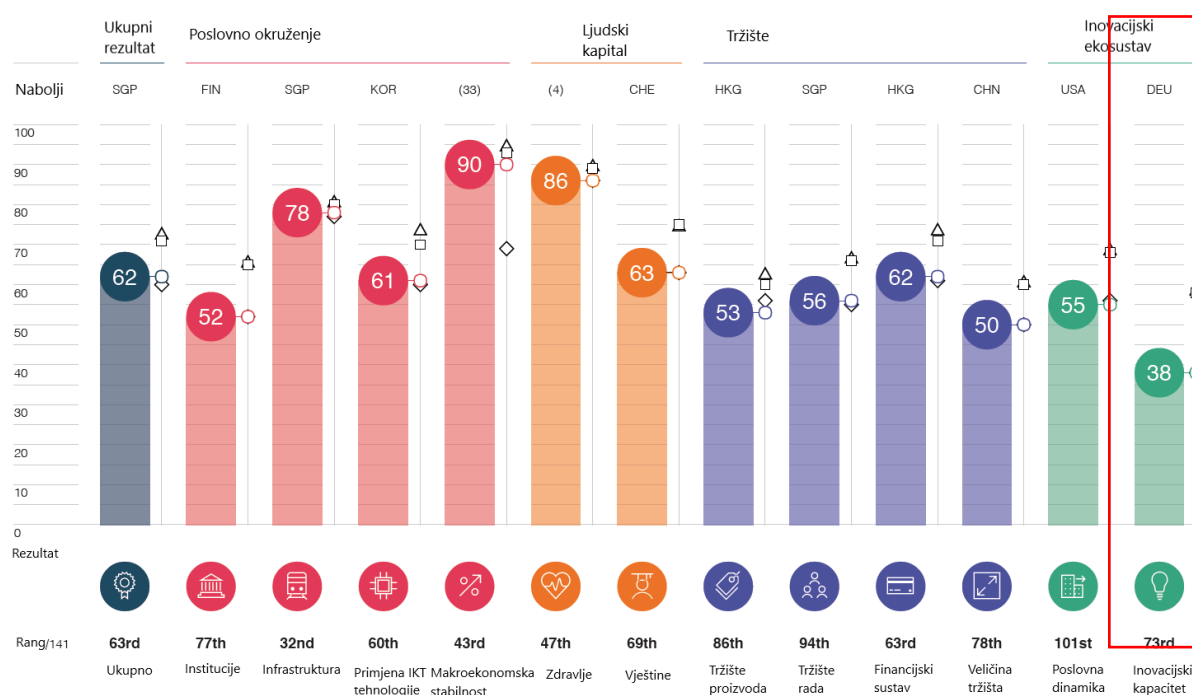
S druge strane, trend pada se bilježi na primjeni ICT tehnologije, vještinama, tržištu, financijskom sustavu te inovacijskom ekosustavu.

Najslabija komponenta konkurentnosti Hrvatske je inovacijski ekosustav u kojem komponenta „inovacijski kapacitet“ ostvaruje najmanje bodova od svih ostalih 12 kategorija. U *Tablici 5.* su prikazane konkurentske prednosti i nedostaci Hrvatske, gdje se jasno vidi što je potrebno popraviti kako bi se ostvarili pozitivni učinci.

Tablica 5. - Konkurentske prednosti i nedostaci RH (Schwab, 2019c)

Konkurentske prednosti	Rang	Konkurentski nedostaci	Rang
Inflacija	1	Efikasnost pravnog sustava u rješavanju sporova	140
Kreditni raskorak/jaz (razliku između kredita u BDP-u i dugoročnog trenda)	1	Opterećenje vladinim propisima	139
Stopa elektrifikacije (% stanovništva)	2	Efikasnost pravnog okvira u osporavanju propisa	138
Trgovinske barijere	6	Lakoća zapošljavanja strane radne snage	137
Prava dioničara u korporativnom upravljanju	12	Sklonost prema poduzetničkim rizicima	137
Kvaliteta cesta	13	Fokusiranost Vlade prema budućnosti	137
Prava radnika	14	Jednostavnost pronalaženja kvalificiranih zaposlenika	137
Zaštita okoliša i s njom povezani ugovori (na snazi)	17	Zapošljavanje i otpuštanje zaposlenika	136
Obavezne pričuve banaka	18	Sposobnost vlade da se prilagodi promjenama	136
Gustoća željezničke mreže (km mreže na km ²)	21	Suradnja na području radnih odnosa	135

Rezultati svih glavnih stupova navedeni su na *Slici 8*.



Slika 8. - GCI Indeks za Hrvatsku 2019. (Schwab, 2019c)

Najsnažnije komponente okvira su *otvorenost tržišta*, *infrastruktura* i *zaduženost*. Ono što zabrinjava jest činjenica da su slabe točke sustava fokusirane na poslovno okruženje, a to su: *efikasnost pravnog sustava*, *opterećenje propisima*, *vizija vlade* kao i *problemi s radnom snagom*. Ovdje se napose treba naglasiti komponentu *efikasnost pravnog sustava* koji Hrvatsku stavlja na predzadnje mjesto od svih ekonomija uključenim u istraživanje (141 ekonomije). Ovaj čimbenik dakako je veliki uteg normalnog funkcioniranja gospodarstva i privlačenja stranih investicija.

Zbog toga, kako bi Hrvatska poboljšala konkurentnost prvi glavni korak bi trebao biti fokusiran na korekciju poslovnog okruženja jer bez toga ostale aktivnosti usmjerene prema izgradnji boljeg inovacijskog sustava neće ostvariti optimalni efekt. Mnoge od navedenih stavki se nalaze u domeni vlade te za njih nisu potrebni vanjski inputi (kao investicije, priljev tehnologije i sl.). Takve promjene je moguće napraviti temeljitim strukturnim reformama. Uz korijenite strukturne reforme potrebno je kontinuirano raditi na poboljšanju ostalih komponenata, a napose onih koje su uže povezane s konkurentnosti i inovativnosti.

2.1.7 Bloomberg indeks inovativnosti (BII)

Predstavlja još jedan u nizu instrumenata procjenjivanja inovativnosti gospodarstva. Za razliku od nekolicine prethodno nabrojanih, ovaj indeks se prvenstveno oslanja na egzaktne podatke temeljene na statističkim pokazateljima orijentiranim prema industriji te ne analizira šire poimanje inovativnosti kroz institucionalne okvire, infrastrukturu niti anketno dobivene rezultate (Bloomberg, 2020).

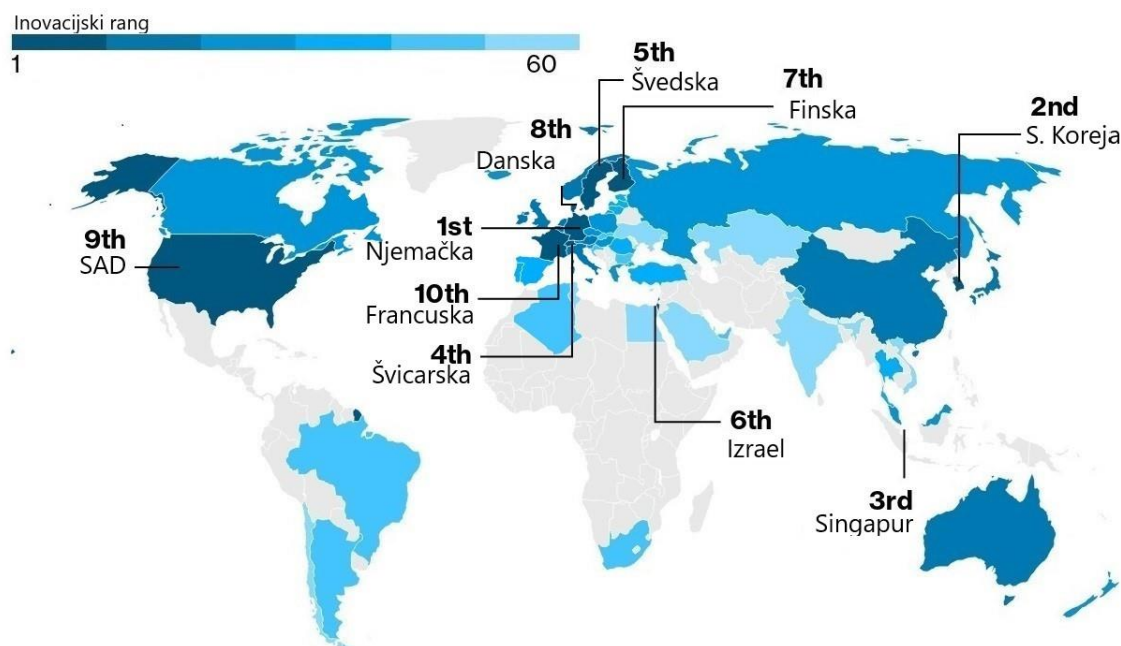
Sukladno tome, metodologija izračuna indeksa podijeljena je u sedam osnovnih područja. Područja se prvenstveno oslanjaju na aktivnosti povezane sa istraživanjem, razvojem i inovativnošću (Szerb, Terjesen *i dr.*) kao i na obrazovni sektor. Osnovne komponente indeksa su: *intenzitet ulaganja u I&R, proizvodna dodatna vrijednost (MVA), produktivnost, udio visoke tehnologije, visoko obrazovanje te broj patenata i istraživača.*

Iznos ulaganja u istraživanje i razvoj je nezaobilazan pokazatelj uključen u istraživanja inovativnosti ekonomija, što je slučaj i kod ovog istraživanja. Slična situacija je i s brojem prijavljenih patenata te analizama istraživačkog sektora i visokog obrazovanja. Indeks uračunava udio populacije istraživača angažiranih na razvojno-istraživačkim projektima.

Visoko obrazovanje se promatra kroz udio završenih studenata u STEM području, postotak upisanih studenata te udio visokoobrazovnog stanovništva općenito. S druge strane, *Europska ljestvica uspjeha u inoviranju* od prethodno navedene tri stavke navodi udio populacije s visokim obrazovanjem, ali uvažava dva druga indikatora koja nisu navedena u BII-u, a to su broj novih doktora znanosti te udio stanovništva aktivnog u cjeloživotnom obrazovanju.

Područja specifična BII konstrukt su fokusirana na produktivnost i dodatnu vrijednost u proizvodnji (mjeri se u odnosu na BDP po stanovniku). Također, uključen je pokazatelj zastupljenosti visoke tehnologije, a govori o udjelu visoko tehnoloških poduzeća u odabranim industrijskim sektorima te općenito udjelu visokotehnoloških poduzeća na burzama (Arhivanalitika, 2020).

Zadnje dostupno istraživanje provedeno je u siječnju 2020., a rezultati su prikazani na *Slici 9.*



Slika 9. - Bloomberg indeks inovativnosti (Bloomberg, 2020)

U istraživanje je uključeno 60 ekonomija. Na prva tri mjesta (s najboljom inovacijskom izvedbom) su Njemačka, Južna Koreja i Singapur. Hrvatska je na 43. poziciji i nalazi se među zemljama Europe s najslabijom izvedbom (bolje su pozicionirane Rumunjska i Bugarska). Malta i Cipar su na začelju Europe što je i očekivano za male otočne države s turizmom kao glavnom gospodarskom granom bez dovoljno razvijene industrije. Standardno, među prvih deset zemalja svrstane su Nordijske zemlje (osim Norveške) te Švicarska, što potvrđuju i druga istraživanja.

2.1.8 Ljestvice digitalizacije i digitalne konkurentnosti

Digitalizacija danas igra važnu i nezaobilaznu ulogu u razvoju gospodarstva i konkurentnosti na razini poduzeća i ekonomija. Predstavlja jedan od osnovnih katalizatora napretka i opstanka na svjetskom tržištu. Usko je povezana s inovativnošću te se često pojmovi inovativnost i digitalizacija koriste u sličnom kontekstu. Većina tehnoloških startup poduzeća je upravo u informacijsko-komunikacijskom sektoru (IKT). Stoga, kada se govori o konkurentnosti važnu ulogu igra digitalizacija. Razvijeni su različiti mjerni instrumenti kako bi se ustanovila razina razvijenosti digitalnog društva. U ovom poglavlju bit će opisana dva najpoznatija pokazatelja, jedan na svjetskoj razini, a drugi na razini Europske unije.

Svjetska ljestvica digitalne konkurentnosti rezultat je inicijative *Instituta za razvoj poslovnog upravljanja (IMD)* iz Lausanne. Istraživanja se provode već nekoliko godina. U zadnje izvješće uključene su 63 ekonomije te su rezultati izračunati i rangirani na osnovu 52 kriterija. Ispitivanja se provode na godišnjoj razini korištenjem podataka od prethodne godine (IMD, 2020b).

Svjetska ljestvica digitalne konkurentnosti mjeri sposobnost i spremnost gospodarstva za prihvaćanje i korištenje digitalnih tehnologija da bi pokrenula ekonomsku i društvenu transformaciju. U osnovi se oslanja na tri glavna faktora: znanje, tehnologiju i spremnost. Faktor znanje obuhvaća nematerijalnu infrastrukturu potrebnu za učenje i otkrivanje različitih aspekata tehnologije, faktor tehnologije kvantificira strukturu razvoja digitalnog društva te faktor spremnosti proučava nivo buduće pripremljenosti ekonomije za digitalnu transformaciju.

Indeks digitalne konkurentnosti (WDC) analizira rangove do koje mjere su gospodarstva spremna prihvatiti i koristiti digitalnu tehnologiju u poslovanju i društvu općenito.

WDC pretpostavlja da digitalna transformacija započinje primarno na razini poduzeća bez obzira na vlasništvo, no također niti javni državni niti društveni sektor nisu isključeni. Konačni rezultati rangova i usporedbi ekonomija podijeljeni su u različite grupe zemalja u ovisnosti o nacionalnom dohotku, veličini te geografskoj lokaciji.

Tri prethodno navedene glavne stavke (znanje, tehnologija i spremnost) nadalje su podijeljeni na tri pod-faktora, stoga ih je ukupno devet. Pod-faktorima (njih 9) pridijeljeno je 52 kriterija (varijabli). Pojedini pod-faktori imaju različiti broj kriterija, ali u konačnici svaki pod-faktor nosi jednaku težinsku vrijednost u indeksu (1/9%).

Traženi kriteriji su prikupljeni iz „tvrdih podataka“, tj. statističkih podataka koji se mogu izmjeriti i pribaviti iz formalnih izvora, primjerice rezultati PISA testova i mekih podataka koji opisuju percepciju (anketni izvori). Statistički podaci čine 2/3 dok anketni podaci 1/3. Agregacija svih kriterija, pod-faktora i faktora u konačnici rezultira s vrijednošću WDC indeksa.

Struktura WDC indeksa je prikazana na *Slici 10*.



Slika 10. - Struktura indeksa digitalne konkurentnosti WDC (IMD, 2020a)

Digitalno najkonkurentnija gospodarstva prema IMD-u su SAD, Singapur i Danska. Iako Sjedinjene Američke Države globalno nisu najkonkurentnija i najinovativnija ekonomija (po većini istraživanja ne nalaze se među prva tri mjesta), u domeni digitalne konkurentnosti zauzimaju prvo mjesto. Razlog tome su brojne globalne američke ICT kompanije koje dominiraju svjetskim tržištima.

Iz izvještaja se mogu prepoznati trendovi s obzirom na geografski položaj. Najveći rezultat ostvaruju zemlje Istočne Azije te ih je njihov kontinuirani napredak postavio na vodeće mjesto. Zemlje Zapadne Europe i Sjeverne Amerike su na visokoj i po vrijednosti sličnoj razini konkretnosti, ali bilježe blagi pad od 2016. Najlošije stoji Južna Amerika, dok su ostale regije nešto bolje, ali sa stagnacijom konkurentnosti. Sve to potvrđuje i ide u prilog naglom razvoju istočno-azijskih zemalja čije su stope gospodarskog rasta u prosjeku snažnije od ostatka razvijenog svijeta (napose Kina).

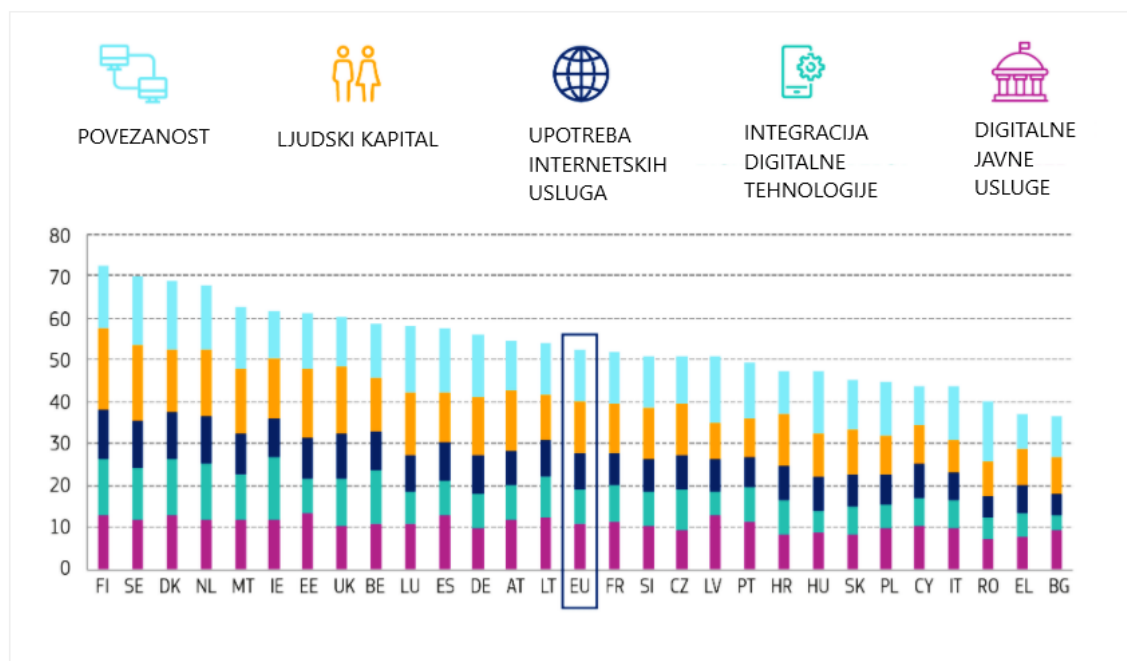
Republika Hrvatska se nalazi na samom začelju ljestvice digitalne konkurentnosti i među zemljama Europe uključenim u istraživanje (njih 29) je posljednja (Hrvatska ima slabije rezultate od Bugarske i Rumunjske) (IMD, 2020a)). Najlošije ocjenjena komponenta hrvatskog WDC indeksa jest faktor „*buduće spremnosti*“ u kojem su stavke „*poslovna okretnost*“¹⁵ i „*IT integracija*“ najslabije točke. Također, od ostalih pod-faktora, vrlo loše su rangirane stavke „*regulatorni okvir*“ te „*talenti*“.

¹⁵ Engl. *Business Agility*.

Dodatnu težinu ostavlja činjenica da u posljednjih nekoliko godina hrvatski WDC indeks bilježi stalni trend pada na ljestvici (smanjivanje digitalne konkurentnosti). Recimo 2016. Hrvatska je bila na 44., a 2020. na 52. mjestu (od 63 mjesta).

Na europskoj razini također postoji sličan konstrukt koji prati razvoj digitalnih trendova. *Indeks digitalnog gospodarstva i društva (DESI)* (EC, 2020a) prati digitalnu izvedbu, pretvorbu i napredak EU članica u digitalnoj konkurentnosti. Nastoje se identificirati snage i slabosti pojedinih članica da bi im se pomoglo u daljnjem razvoju. Europska unija daje jaki naglasak na informatizaciji društva i gospodarstva, posebice malih i srednjih poduzeća. Stoga su ciljevi digitalne transformacije prioritetni u nadolazećem programskom razdoblju „EU-Nova Generacija“. Smjerovi djelovanja sukladno strategijama su umjetna inteligencija, kibernetička sigurnost, digitalne vještine, računalstvo visokih performansi, povezivost, itd. S time, EU će pokušati postati svjetski primjer digitalne ekonomije te postavljati informatičke standarde, a ne slijepo imitirati druge.

Zbog sveg navedenog, EU je uvela metodologiju izračuna DESI indeksa na godišnjoj bazi te je time omogućeno jasno pratiti trendove. Konstrukt indeksa se računa na osnovu pet osnovnih kategorija: *povezivost, ljudski kapital, upotreba internetskih usluga te integracija digitalne tehnologije* - što je prikazano na Slici 11. Također, na slici se nalaze rezultati rangiranja EU zemalja iz izvješća za 2020.



Slika 11. - Struktura DESI indeksa te rezultati za 2020. (EC, 2020b)

Iako naizgled slični, između DESI i IMD-ovog WDC pokazatelja postoji određena razlika. *Indeks digitalnog gospodarstva i društva (DESI)* je uže fokusiran na korištenje tehnologije, prihvaćanje digitalnih trendova, infrastrukturu, upotrebu te obrazovanje unutar IKT-a, dok *Svjetska ljestvica digitalne konkurentnosti (WDC)* gleda nešto širi kontekst (inovativno-konkurentni). Recimo, unutar *Svjetske ljestvice digitalne konkurentnosti* naglašavaju se regulatorni okviri, kapital, poslovno okruženje, istraživanje i razvoj, itd. Zbog svega navedenoga, rezultati nisu direktno usporedivi. No postoje i mnoge sličnosti, kao što su obrazovanje, vještine, infrastruktura i IT integracija.

Između navedena dva pokazatelja Hrvatska u novoj „*Nacionalnoj razvojnoj strategiji Republike Hrvatske do 2030. godine*“, kao indikator napretka digitalnog društva i ekonomije koristi europski DESI indeks. Rezultati za Hrvatsku su nešto bolji nego kod WDC-a. Prema *Slici 11.*, Hrvatska se nalazi na 20 mjestu od 28 zemalja članica¹⁶. Među snažnijim komponentama navode se ljudski kapital, upotreba Internet usluga te integracija digitalne tehnologije. Najbolje ocjenjene stavke (unutar glavnih komponenti – izvješće 2019.) su: *osobe s IKT diplomom* (8. mjesto), *e-Recepti* (6. mjesto), *prodaja na internetu* (4. mjesto), *video pozivi* (4. mjesto) te *korištenje Internet portala* (2. mjesto) (Europeancomission, 2019).

2.1.9 Osvrt na rezultate analize inovativnosti ekonomija

Prema svim dosadašnjim istraživanjima rezultati inovativnosti ekonomija otprilike se podudaraju. Sve to ukazuje da je metodologija odabira i određivanja inovativnosti poprilično sukladna te ne postoje značajnija odstupanja.

Zemlje koje su odabrale pravilan pristup svojim inovacijskim ekosustavima i pripadajućim politikama ostvarile su dobre i stabilne pozicije pri vrhu ljestvica inovativnosti. S druge strane, zemlje koje su zanemarile važnost inovacija ili su neadekvatno postavile i provodile svoje inovacijske politike značajno zaostaju.

Ovo prije svega govori o važnosti prepoznavanja inovacija te pravilnog pristupa pri poticanju i razvijanju inovacijskog ekosustava kao osnovnog koncepta napretka gospodarstva u današnje vrijeme.

¹⁶ Podaci za izračun DESI indikatora 2020., su iz prethodne 2019. kada je Velika Britanija još bila u sastavu Europske unije.

Inovacijski lideri ujedno ostvaruju i najbolje ekonomske rezultate (BDP, zaposlenost, prosječne plaće itd.) koji su posljedica povećane produktivnosti i konkurentnosti te boljeg pozicioniranja u globalnom lancu vrijednosti.

Švicarska, Njemačka, Japan, Južna Koreja, Skandinavske zemlje i SAD godinama se izmjenjuju i dominiraju ljestvicama. U zadnjih nekoliko godina još se par zemalja istaklo. Primjerice, Izrael i Irska su značajno napredovale. One pokazuju primjer da je moguće napraviti veće iskorake s pravilnim pristupom.

Sjedinjene Američke Države, iako po pojedinim komponentama inovacijskog sustava dominiraju, (npr. zastupljenost visokih tehnologija i ICT poduzeća, digitalna konkurentnost) izgubile su vodeću poziciju, dok Kina kao najveći globalni konkurent ostvaruje pozitivne pomake i kontinuirani rast inovativnosti. Projekcija nastavka gospodarskog rasta, uz povećanje efektivnosti izvedbe inovativnog sustava može dodatno potaknuti ubrzanje razvoja kineske ekonomije.

Budući rezultati će jasno istaknuti ekonomije koje su se bolje snašle i pronašle načine kako učiniti svoje društvo kompetitivnijim i prosperitetnijim.

Metodologija izračuna indeksa inovativnosti gospodarstva oslanja se na uobičajene elemente inovacijskog ekosustava kao što su visoko obrazovanje, istraživački sustav i poslovni i javni sektor.

Najčešće korištene komponente inovacijskog sustava u izvještajima : ulaganje u istraživanje i razvoj, poslovno okruženje, okvirni uvjeti, kvaliteta inovativnog okruženja, investicije, udio poduzeća inovatora, povezanost inovacijskog sustava, intelektualno vlasništvo, inovacijsko okruženje, atraktivnost istraživačkog sustava, financijski uvjeti za inoviranje, udio proizvoda i usluga s visoko dodatnom vrijednošću, inovacijske politike, fiskalne politike, politike intelektualnog vlasništva, kreativni output, output znanja i tehnologija, sofisticiranost tržišta, institucije, ljudski resursi, infrastruktura itd.

Širokom lepezom istraživanja inovativnosti ekonomija od strane brojnih međunarodnih organizacija te raščlambom pojedinih komponenti inovacijskog sustava, svakoj ekonomiji ostavljena je mogućnost uviđanja svojih snaga i slabosti, tj. u kojim komponentama je sustav zadovoljavajući i na kojim stvarima je potrebno više raditi. Obično korekcija najslabijih

dijelova sustava proizvodi složeni podupirući efekt te dodatno ubrzava razvoj i inovacijsku izvedbu gospodarstva, a samim time i pomak prema boljem i prosperitetnijem društvu.

2.2 Inovativnost poduzeća

Postoji mnogo definicija inovativnost poduzeća (O'Sullivan i Dooley, 2008), a neke od njih su: „Inovacija je stvaranje i primjena novih procesa, proizvoda, usluga i metoda isporuke koji rezultiraju značajnim poboljšanjima u rezultatima, učinkovitosti, djelotvornosti ili kvaliteti“ (Mulgan i Albury, 2003:3); „Inovacija je stvaranje novih kombinacija postojećih resursa“ (Schumpeter, 1934); „Inovacija je kontinuirani i dinamični proces u kojem se ideje transformiraju u vrijednost“ (Goncalves, 2008:170); „Inovacija je razvoj (generiranje) i / ili upotreba (prilagodba) novih ideja ili ponašanja“ (Damanpour i Schneider, 2009:496).

Najznačajniji atribut inovativnosti jest novina (hrv. *i-nova-cija*, lat. *in-novo*), a novo znači drugačije, bolje i perspektivnije. Inovacija se ne može statički promatrati, jer ne predstavlja stanje nego je dinamička pojava vezana uz vremensku dimenziju i pretpostavlja promjenu. Zbog toga se vrlo često interpretira kao složeni proces i obuhvaća cijeli niz aktivnosti s ciljem stvaranja nove vrijednosti.

Inovaciju se često krivo percipira te ju se svodi na uski tehnički koncept zanemarujući širu sliku. Također, često se zamjenjuju pojmovi invencije, inovacije i izumi. To i nije tako čudno, jer etimologija riječi „inovacija“ seže daleko u prošlost te se njeno usko značenje često mijenjalo. U ranim fazama industrijske revolucije inovacije su bile usko vezane s invencijama nastalim na fakultetima i istraživačkim laboratorijima. Na njima su uglavnom radili znanstvenici/inovatori, stoga današnje poimanje inovacija na neki način vuče korijene iz toga.

Sa užeg gledišta inovaciju se može promatrati kao jednokratnu i rijetku pojavu stvaranja novog i drastično drugačijeg proizvoda. U tom slučaju se najčešće radi o radikalnom tipu inovacija (najčešće tehničkog tipa), a nekad često znaju biti rezultat i puke sreće. No, takve inovacije su rezultat mnogih prethodnih aktivnosti i nastojanja koja leže ispod površine, a sam proizvod je konačni rezultat. Da bi proizvod doživio svoj konačni oblik potrebno je zadovoljiti određene uvjete, napose oformiti podupiruću inovacijsku okolinu koja će kontinuirano stvarati prilike.

Tek u zadnjih 30-ak godina inovaciju se počelo sagledavati na holistički način uključujući i apostrofirajući sve bitne aktivnosti u lancu stvaranja nove vrijednosti, uključujući i one „netehničke“ naravi.

Novitet u bilo kojem obliku, bio on proizvod, usluga ili nešto treće, predstavlja inovativno ponašanje, a sve aktivnosti koje optimiziraju performansu poduzeća, povećavajući produktivnost i konkurentnost te smanjujući troškove, (koristeći se jednakim resursima) mogu se smatrati inovativnima.

U pravilu, gdje vlada visoka konkurencija biti inovativan je jedan od osnovnih uvjeta opstanka na tržištu. Konstantni pritisak konkurencije ne ostavlja puno prostora te svaka iole mala margina prednosti čini veliku razliku u potencijalu osvajanja tržišta. Konkurentnost poduzeća i inovativnost usko su povezani (Ireland i Webb, 2007) (Mitchell i Coles, 2003).

Ukoliko se napravi komparacija s *Porterovim okvirom* konkurentnog okruženja (Porter, 1997), tri od pet konkurentskih sila se mogu povezati s inovativnošću (postojeća i buduća konkurencija te mogućnost supstituta).

Konkuriranje se može odvijati preko više dimenzija: po znanju, dostupnim resursima, vremenu potrebnom za razvoj, kompleksnošću te kompetencijama. Konkurentnost podrazumijeva određenu vrstu nadmoći koju nije jednostavno ili je neisplativo imitirati. No, konkurentska prednost nije zagarantirana, ona je privremena pojava te ju je potrebno kontinuirano oplemenjivati s inovacijama. Jedino tako je moguće dugoročno se pozicionirati na određenim tržištima. Sve kategorije konkurentnosti moguće je usavršavati. Znanje i kompetencije je moguće stjecati i nadopunjavati, resurse je moguće optimalnije iskorištavati, a proizvode i procese unaprijediti.

Iako se inovacija atribuirala više prema proizvodima (jer su povezani za invencijama) nego uslugama u današnje vrijeme težište se znatno promijenilo. U razvijenim društvima usluge čine većinu gospodarske aktivnosti (Insight, 2007), što povlači sa sobom i udio inovacija kako inkrementalnih tako i radikalnih (npr. Internet tražilice, društvene mreže itd.).

Prema tome inovacije usluga su dominantno važne i zastupljene, ali zbog svoje neopipljive naravi nisu dovoljno percipirane. K tome, sve je više proizvoda koji uz sebe usko vežu uslugu. Zapravo su usluge te koje omogućuju brojnim proizvodima konkurentsku prednost (primjer tvrtke *Tesla Motors*).

Osim spomenutih inovacija proizvoda, usluga i procesa, marketinške i organizacijske inovacije dolaze u fokus tek u zadnje vrijeme i često su bile zanemarene tj. nedovoljno prepoznate i proučavane. Dobar primjer koji opisuje to stanje može se vidjeti iz *Oslo priručnika*. Oslo

priručnik predstavlja smjernice za prikupljanje, izvještavanje i korištenje podataka o inovacijama. U svoja prva dva izdanja (1993. i 1997. godine) prepoznaje samo tehnološke inovacije (inovacije proizvoda, usluga i procesa), dok u njemu nema mjesta za ne-tehnološke (inovacije marketinga i organizacijske inovacije). Na posljetku, tek 2005. godine (OECD, 2005) su uključene u priručnik.

Marketing inovacije su izrazito važne jer predstavljaju snažan alat pridobivanja novih ideja putem principa tržišnog povlačenja. K tome, marketinški timovi mogu bez većeg ulaganja u istraživanje i razvoj pridonijeti poboljšanjima proizvoda kroz preostale kanale marketinškog miksa izuzev samog proizvoda (dakle kroz promociju, cjenovne strategije i distribuciju). Također, sukladno istraživanju tržišta odjel marketinga može predlagati minimalne preinake postojećih proizvoda/usluga kroz inkrementalne inovacije. Primjerice, promjena izgleda, dizajna ili dodavanje određenih mogućnosti koje ne zahtijevaju značajne modifikacije od strane I&R odjela, a mogu znatno doprinijeti povećanju prodaje.

Jedan od najboljih načina smanjivanja troškova i podizanja produktivnosti poduzeća jest uvođenje procesnih inovacija. Procesne inovacije se fokusiraju na način formiranja proizvoda ili usluge te traže elemente u lancu stvaranja koje je moguće optimizirati. Takve optimizacije su često postepene te rezultiraju s inkrementalnim inovacijama. U nekim slučajevima procesne inovacije krajnji korisnici neće niti primijetiti (barem ne u kratkom roku). Usprkos tome, smanjivanjem troškova i optimiziranjem proizvodne funkcije ostvaruje se određena konkurentska prednost koja će pomoći tvrtkama da zadrže ili prošire udio u tržištima, a samim time i da dugoročno opstanu.

Organizacijske inovacije opisuju promjene strukture odnosa dionika unutar poduzeća. Između svih do sada navedenih tipova inovacije, organizacijska inovacija opisuje suštinsku promjenu „mindseta“ kompanije. Što znači uspostavljanje okruženja koje će nastojati ukloniti što više barijera i asertivno poticati inovacijsku kulturu unutar poduzeća. To često zna biti problem kod velikih, protokolarno uhodanih i krutih poduzeća. Strukturne promjene su važne, jer iako poduzeće može imati ustrojene posebne jedinice za upravljanje inovacijama i generiranje ideja to nužno ne znači da je ostvarilo svoj potencijal. Ukoliko menadžment inovacija nije kvalitetno zaživio, takvi odjeli će prije zadovoljiti formu nego imati stvarni utjecaj.

Česti problemi na putu razvoja inovacija mogu biti naglašena hijerarhija poduzeća, visok stupanj kontrole menadžmenta, birokracija i protokolarnost, nerazumijevanje inovacijskog

koncepta, netoleriranje rizika i nezdrava konkurencija (Innolytics, 2021). Organizacijska inovacija se može promatrati kao strukturna promjena internog uređenja poduzeća koja prati dinamičke promjene tržišta s ciljem stvaranja poslovnog okruženja koji potiče oslobađanje inovacijskog kapaciteta.

Stoga, važno je stvoriti adekvatnu inovacijsku kulturu organizacije koristeći se različitim mehanizmima kao što su organiziranje radionica i edukacija na temu inovacija, stvaranje sustava nagrađivanja i vrednovanja inovacija, osnivanje inovacijskih laboratorija te oslobađanjem i posvećivanjem zasebnog vremena za stvaranje kreativnih i inovativnih ideja.

Schein višeslojni model organizacijske kulture nudi koristan okvir za razmišljanje o procesima koji potiču inovacije (Schein, 1990). Usmjerenost na inovacije se treba potaknuti od nižih slojeva prema višim, od osnovnih pretpostavki preko jasno definiranih vrijednosti do organizacijske strukture i procesa. Također, determinante koje određuju inovativnu klimu jesu jasna strategija poduzeća, otvorena komunikacija i ostali potporni mehanizmi. Različite aktivnosti međusobno djeluju na različit način za svaku vrstu inovacije. Poduzeće se može smatrati inovativnim ako iskazuje barem jednu od navedenih tipova inovacija.

Sa aspekta istraživanja i razvoja, inovacija se najčešće interpretira kao proces koji uključuje horizontalni smjer propagacije noviteta od ideje do proizvoda i vertikalnu uključenost svih ključnih dionika od organizacijskih jedinica poduzeća pa do vanjskih suradnika.

Proces sam po sebi uključuje vremensku dimenziju, sistematski pristup i zahtjeva organizirano poslovno okruženje koje ga kontinuirano podupire. Takvo okruženje i menadžment poduzeća razumije važnost i stavlja inovativnost na prioritetno mjesto, što poduzeću osigurava dugoročnu samoodrživost. Stavljanje težišta inovacija na proces naglašava mogućnost upravljanja inovacijama. Ako su inovacije rezultat uređenog sustava, a sustavom se može uspješno upravljati, onda je i sam krajnji rezultat posljedica tako upravljanog mehanizma.

Ukoliko se poduzeće opremi s novim tehnologijama, znanjem i visoko tehnološkim procesima, može li se ono smatrati inovativnim? Gledano s početne pozicije, poduzeće posjeduje značajni inovacijski kapacitet. No, ako se ti resursi ne iskoriste za generiranje novih vrijednosti, inovacijski potencijal se neće transformirati te će poduzeće izgubiti status inovativnog poduzeća.

Takva poduzeća mogu nastaviti s operativnim poslovanjem i zadržavanjem statusa quo, čak i s očuvanjem određenog udjela na tržištu, ukoliko posjeduju određene konkurentske prednosti koje nisu nužno povezane s inovativnošću. Tehnološko opremanje poduzeća i pribavljanje stručnog kadra predstavlja tek jednu od ulaznih inovativnih aktivnosti koja će biti opisana u modelima u metodološkom okviru.

Inovacije se razlikuju po svom intenzitetu, tj. stupnju noviteta. Od prijelomnih i radikalnih inovacija na jednom kraju spektra, do inkrementalnih ili doradnih inovacija s minimalnim preinakama na drugoj strani. Također, razlikuju se po svom dometu, tj. jesu li nove za cijeli svijet, državu ili za samo poduzeće.

Radikalne inovacije češće se povezuju s proizvodima¹⁷ nego sa uslugama te su rezultat inovacijskih lidera koji kreiraju oblik tržišta unutar određene industrije.

S druge strane, inkrementalne (postepene) inovacije obuhvaćaju širok skup noviteta, ali s nešto manjim stupnjem utjecaja. Obično su povezane s manjim nadogradnjama postojećih proizvoda/usluga ili stvaranjem novih produkata sličnih funkcionalnosti koji će kupcima dati više mogućnosti, ali neće značajnije promijeniti iskustvo korištenja. Inkrementalne inovacije mogu sebi priuštiti i manja poduzeća s nešto skromnijim resursima, jer je vrijeme razvoja noviteta znatno kraće od radikalnih i vjerojatnosti tržišnog uspjeha su veće. Često ih koriste inovacijski sljedbenici kako bi iskoristili prazan prostor tržišta kojeg su stvorili lideri.

Inkrementalne inovacije su rezultat kontinuiranih poboljšanja te kumulativno kroz vrijeme ostvaruju značajan efekt koji može parirati radikalnom tipu inovacija. Također, mnoge radikalne inovacije su nastale kao usputni rezultat postepenih inovacija (Prester, 2010).

Radikalne inovacije su puno rjeđe od inkrementalnih i zahtijevaju znatno kompleksniji pristup s puno većim resursima. Samim time su riskantnije jer zahtijevaju značajnija ulaganja, a slabije su vjerojatnosti uspješnih ishoda. One predstavljaju stvaranje novih proizvoda i usluga koje su značajnije drugačije od postojećih te su obično nove za cijeli svijet. S time daju sasvim novo iskustvo svojim korisnicima. K tome, za razvoj proizvoda potrebno je znatno duže vremena (naročito kod farmaceutske industrije) što zahtjeva dovoljne zalihe resursa, zdrav protok novca te kreditnu sposobnost. Sve to može predstavljati problem novim i mladim poduzećima.

¹⁷ U današnje vrijeme tržištima dominiraju usluge, stoga i broj radikalnih inovacija sve češće se pojavljuje u uslužnom sektoru.

Prijelomne inovacije (Bower i Christensen, 1995) predstavljaju ekstreme po svom intenzitetu utjecaja te pomiču, stvaraju ili mijenjaju cijele industrije. Inicijatori takvih inovacija mogu biti i mala poduzeća sa oskudnim resursima.

Mlada poduzeća si obično mogu priuštiti razvoj manjeg broja proizvoda/usluga, često samo jednog. Cjelokupno poslovanje i opstanak poduzeća ovisi o tom proizvodu/usluzi i ako je rezultat negativan, poduzeće obično prestane postojati. S druge strane veća i etablirana poduzeća imaju odjele za upravljanje portfeljem proizvoda te imaju određene margine od neuspjeha. Dapače, preko 80 posto novih proizvoda lansiranih od poduzeća završi s neuspjehom (Noble, 2011). Za *startup* poduzeća to znači kraj, dok velika poduzeća rade konsolidaciju portfelja. Tvrtke koje ne naprave zamjenu barem 10 posto svojeg portfelja proizvoda i usluga vjerojatno neće više posloovati (Keeley, 2007).

Neuspješnost *startup* poduzeća još je dramatičnija¹⁸. Prema istraživanju iz 2019. godine, na primjeru američkih novih poduzeća, preko 90 posto poduzeća se ugasi u roku od 10 godina, dok u roku od 2 godine njih čak 45 posto (NBCAS, 2019.). A jedan od najčešćih razloga je nedostatak likvidnih sredstava za poslovanje.

Prema tome, poduzeća se nalaze između dvije sile. S jedne strane suočavaju se s rizikom stvaranja novog proizvoda i potencijalnim neuspjehom, a s druge strane, ukoliko ne inoviraju, upitan im je opstanak na tržištu. Osnovno pitanje nije, je li potrebno inovirati, nego na koji način to napraviti da se optimizira rizik i poveća vjerojatnost opstanka tvrtke na danom tržištu.

Na koji način se pozicionirati unutar te uske zone zadaća je vodstva svakog poduzeća. To određuje jednu od najpotrebnijih kompetencija današnjih poduzeća. Upravo zato istraživači konstruiraju razne statističke modele s kojima nastoje simulirati i opisati inovativno ponašanje poduzeća. S tim je moguće detaljnije analizirati i promatrati međuovisnosti raznih procesa te uvidjeti koje aktivnosti najviše doprinose inovativnom izlazu. S takvim saznanjem je onda moguće optimizirati rizik i povećati vjerojatnosti uspješnih inovacija i opstanka na tržištu. Ovaj rad opisuje jedan od takvih napora utvrđivanja inovativnih međuovisnosti.

U ovisnosti o udjelu tržišta i tempu nametanja inovacija mogu se raspoznati inovacijski lideri i sljedbenici.

¹⁸ Na uzorku od preko 31 milijuna svih MSP poduzeća iz 2019.

Inovacijski lideri dominiraju industrijom te postavljaju visoke konkurentske barijere. Oni djeluju na buduće trendove razvoja industrije te prave velike iskorake prema naprijed. To vrijedi s gledišta postojećih tržišnih ravnoteža unutar kojih djeluju, no uspjeh i pozicija im nisu zagarantirani. Napose zbog toga što je cjelokupno tržište pod konstantnim pritiskom velikih promjena koje mogu donijeti prijelomne inovacije koje nije moguće kontrolirati. Prijelomne inovacije često znaju doći od strane *startup* poduzeća. Takve inovacije mijenjaju krajobraz cjelokupnog tržišta te se nakon promjena uspostavlja nova ravnoteža s drugačijom raspodjelom uloga.

Inovacijski sljedbenici imitiraju i kopiraju lidere, a svoju prednost vide u agilnosti (jer su obično manji) i sposobnosti optimiziranja troškova. Nisu im potrebna velika sredstva za istraživanje i razvoj (bar ne kao kod lidera), a njihove inovacije su uglavnom inkrementalne. Iz različitih razloga, inovacijski lideri ne mogu preuzeti cjelokupno tržište (geografski, niše, itd.), stoga sljedbenici nadopunjuju taj prostor.

Veličina poduzeća određuje jednu od važnih determinanti razvoja inovacija. Velika poduzeća uglavnom prijavljuju više patentiranih inovacija. Razlog tome je već naveden u obliku dostupnosti resursa, ali i količini znanja/iskustva (koje se može promatrati isto kroz prizmu resursa).

Ukoliko se gleda iz kronološke perspektive, velik dio inovativnih aktivnosti manjih poduzeća nije bilo moguće pratiti i bilježiti (Acs i Audretsch, 2005). Mala poduzeća uglavnom nisu imala posebno ustrojene jedinice za istraživanje i razvoj niti im je bila česta praksa da svoje inovacije patentiraju, a patent i ulaganja u I&R su tada omogućavali gotovo jedini i glavni izvor informacija o inovacijama.

Usprkos tome, mala poduzeća (napose nova visoko tehnološka) imaju određenih prednosti. Jedna osnova prednost jest njihova agilnost i prilagodljivost. Ako bi se napravila paralela s evolucijom, gdje, L.C. Megginson (interpretirajući C.Darwina) izjavljuje (Megginson, 1963): *„Ne preživljavaju ni najjače, ni najpametnije vrste, nego one koji se najbolje mogu prilagoditi promjenama“*.

Mala poduzeća su više orijentirana uslužnim djelatnostima što im olakšava adaptaciju. Kod malih poduzeća menadžment je manji i brže se donose odluke te je lakše upravljati s troškovima.

Osim toga, kod novih visoko tehnoloških poduzeća veliki je protok stvaranja novih i zatvaranja postojećih poduzeća. Takva fluidnost opisuje zdravu izmjenu poslovnih aktivnosti i doprinosi dinamičkim čimbenicima inovacija u ekonomiji. *Startup* poduzeća su često nositelji potencijalnih prijelomnih inovacija te time igraju važnu ulogu na cjelokupnom tržištu.

Inovacije na tržištu se ne šire linearno, nego po S krivulji (ili zvonolikoj ukoliko se gleda samo apsolutna vrijednost promjene). Takvu teoriju je predstavio Rogers (2010). Difuzija opisuje brzinu usvajanja novih tehnologija, ideja ili proizvoda u društvu. U početku se inovacija (prema S krivulji) propagira sporije od linearnog rasta (inovatori, rani usvajači i rana većina), a u drugoj polovici širenja brže (kasna većina, i skeptici). Inovacijskim liderima koji generiraju radikalne inovacije u jednu ruku odgovara duži period prvog dijela propagacije, jer tada zadržavaju dominantu poziciju na tržištu.

Postoji nekoliko kanala preko kojih se inovacija može uvesti na tržište. Najpoznatije je tehnološko guranje (*engl. technology push*) i tržišno privlačenje (*market pull*). Također inovacija se može pribaviti ili kopirati. Tehnološko guranje kreće od istraživanja i razvoja nakon čega poduzeće inovaciju predstavlja tržištu. Takav pristup obično je zastupljen kod radikalnih inovacija i od strane inovacijskih lidera. Primjerice, *Tesla Motors* je napravio dostupnim električni automobil za široke mase. *Tesla Motors* cjenovno još ne konkurira automobilima s unutarnjim izgaranjem, ali sama dostupnost je osvijestila i potaknula kupce da se okrenu toj tehnologiji.

Kod tržišnog privlačenja, inovacija kreće od istraživanja tržišta i potreba potrošača. Obično se ovdje radi o postupnim inovacijama i o preinakama postojećih rješenja. Takvo fino „uštimavanje“ proizvoda se može vidjeti kod pametnih telefona kojima se kontinuirano nadodaju karakteristike za poboljšanje korisničkog iskustva. Također i veliki davatelji digitalnih usluga, kao društvene mreže, neprestano traže nova rješenja ne bi li se približila svojim klijentima.

Alternativni kanali prikupljanja inovacija (izvan I&R) domene su akvizicije. Posebno u današnje vrijeme velike tvrtke pronalaze da im je efikasnije otkupiti mala tehnološka poduzeća i preuzeti njihov *know-how*, nego razvijati svoj proizvod iz nule. Kako je prethodno diskutirano, čak i kod etabliranih poduzeća s velikim resursima uspješnost razvoja novog rješenja je neizvjesna. Ako se uz to uračunaju troškovi istraživanja i razvoja (koji su za velika poduzeća

obično puno veći nego kod *startupa*), nekada je jednostavno isplativije otkupiti postojeća rješenja. Također, postojeće inovacije na tržištu već su dokazane i funkcionalne.

Šanse za opstanak jednog *startup* poduzeća je izrazito mala, a udio uspješnih dakako još manji. Zato ova strategija može pomoći i novim poduzećima da prežive probleme s tokovima novca u prvim godinama poslovanja. Primjer uspješne akvizicije jest kupovina *WhatsApp* platforme za komuniciranje od strane tvrtke *Facebook*, ili otkupljivanje *YouTube* servisa od strane *Google* (sadašnje *Alphabet*) kompanije.

Usto, inovacije je moguće steći repliciranjem i direktnim oponašanjem drugih poduzeća, no metoda imitacije nije tako jednostavna kao što čini u prvi mah. Imitatori trebaju pronaći komparativnu prednost spram inovacijskih autoriteta i to najčešće traže u nižoj tržišnoj cijeni konačnog proizvoda. Stjecanje inovacije pribavljanjem same tehnologije nije dovoljno za održavanje komparativne prednosti, jer je inovacija usko vezana za „*know-how*“.

Inovacija se može promatrati kroz prizmu protoka i upravljanja znanjem. Kombinacija znanja može označavati transfer novog znanja, preuzimanje tuđeg znanja ili stvaranje zajedničkog znanja suradnjom. Znanje je prenosivo, no važna karakteristika poduzeća jest i apsorpcijski kapacitet, tj. koliko je poduzeće sposobno od znanja na raspolaganju usvojiti koristi i pretvoriti ga u korisne inovacije. Zato apsorpcijski kapacitet može nekada služiti kao mjera inovacijskog kapaciteta, ali i inovativnosti poduzeća uopće (Forés i Camisón, 2011).

Proces istraživanja i razvoja se proteže od usvajanje (prikupljanja/generiranja) ideje do razvoja prototipa proizvoda. Vremenski tijek i točka dijeljenja istraživanja od razvoja nije fiksna nego ovisi o prethodnim fazama.

Razvoj inovacije obično počinje s fundamentalnim istraživanjima koja se često ne odvijaju u samim poduzećima nego na znanstveno-istraživačkim institutima i fakultetima. Fundamentalna otkrića nadalje predstavljaju temelj za razvoj mnogih proizvoda (recimo izum efikasne baterije). U sljedećoj fazi razvoja provode se primijenjena istraživanja u nastojanju transferiranja fundamentalnih znanja u konkretne tehnologijske koncepte, a takva rješenja štite se patentima. Nakon istraživačke epohe razvojni timovi preuzimaju ulogu te se kroz eksperimentalni razvoj traže najpovoljnija tehnička i dizajnerska rješenja i varijante završnog produkta. Nakon svega toga se u konačnici izrađuje prototip (Prester, 2010).

Struktura inovativnih poduzeća se značajno razlikuje u ovisnosti o vrsti industrije u spektru od tehnoloških industrija (ICT, BioTech, itd.) prema tradicionalnim radno i kapitalno intenzivnim industrijama (tekstilna industrija, metaloprerađivačka industrija, kemijska industrija itd.). No, ne postoji gospodarski sektor unutar kojeg se ne mogu implementirati inovativni koncepti i koji nije zahvaćen valom tehnoloških promjena u današnje vrijeme.

Nisko inovativne industrijske grane gube tržišta, tj. sele se u područja jeftinije radne snage i jeftinijeg kapitala. S druge strane, mnoge industrije se nalaze pred gašenjem ili radikalnim promjenama. Primjer su industrije tiskanih novina, specijalizirani obrti (videoteke), putne agencije, urarske radionice itd.

Dobar prikaz kompletne transformacije tradicionalne industrijske grane može se vidjeti na primjeru poljoprivredne proizvodnje u SAD-u, gdje je udio zaposlenih u proizvodnji hrane pao s 50 na 2,5 posto u zadnjih 150 godina, a volumen proizvodnje se značajno povećao (Carolina_Demography, 2014).

Zbog različitog stupnja inovativnosti gospodarskih grana, razlikuju se i stupnjevi ulaganja u istraživanje i razvoj. Udjeli ulaganja u I&R najveći su u farmaceutskim industrijama, biotehnološkim industrijama, računalnom software-u i računalnim servisima, tehnološkom hardveru i računalnoj opremi, a najmanji su u naftnoj industriji, općoj trgovini, građevinskoj industriji itd. (Grassano, Hernandez Guevara i dr., 2020).

U nastavku ovog poglavlja opisati će se istraživanja inovativnosti na većem skupu poduzeća, provedenog od strane *Community Innovation Survey (CIS)* te *Global Entrepreneurship Monitor (GEM)* projekta.

CIS izvješće ujedeno je i glavni izvor podataka za istraživački dio rada, dok GEM projekt po svom volumenu predstavlja najopširnije istraživanje poduzetništva s uključenim aspektima inovativnosti poduzeća

2.2.1 Community Innovation Survey (CIS)

Community Innovation Survey (CIS) je jedinstveni projekt koji se bavi istraživanjem inovativnosti. Nastao je zajedničkom suradnjom SPRINT programa (*Strategic Programme for Innovation and Technology Transfer, 1989-1994*), EIMS programa (*European Innovation Monitoring System*) te EUROSTAT-a. Razvijan je između 1991. i 1993. u suradnji s nezavisnim ekspertima te *Organizacijom za ekonomsku suradnju i razvoj (OECD)*.

Projekt je svrstan pod kategoriju statistika u znanosti, tehnologiji i inovacijama EUROSTAT-a te je dio EU tehnoloških i znanstvenih statistika. Cilj EUROSTAT statistika je prikupiti kvantitativne statističke podatke i indikatore da bi se odredilo mjerilo i usporedba između država EU članica. EUROSTAT surađuje s nacionalnim statističkim uredima te razvija i usklađuje norme, metodologiju i definicije. Rezultati takvih statistika dostupni su svim relevantnim institucijama, istraživačima i građanima putem internetskih stranica i putem drugih izvora informacija.

CIS projekt jest prvo sveobuhvatno i komparabilno međunarodno istraživanje inovativnosti na razini poduzeća, a promatra procese i rezultate tehnoloških inovacija u EU. Projekt nudi vrijedan alat za praćenje inovativnosti diljem Europe i svijeta, uspoređujući inovativne izvedbe između regija i sektora. CIS je dobar primjer sinergije i suradnje, gdje je dodatna vrijednost ostvarena samim okrupnjivanjem istraživanja. Rezultati takvih istraživanja su dobra podloga za donošenje kvalitetnih zaključaka i njihovih implementacija u inovacijske politike.

2.2.1.1 Okolnosti i razvoj projekta CIS

Moderne ekonomije zasnovane su na znanju intenzivnim djelatnostima, gdje inovacije igraju ključnu ulogu. Inovativnost je prepoznata kao katalizator i faktor ekonomskog rasta, produktivnosti, konkurentnosti, kompetitivnosti i zaposlenja. Kako bi države donosile pravilne odluke u svojim ekonomskim politikama, a znanstvenici napravili adekvatna istraživanja, potrebno je posjedovati kvalitetne kvantitativne podatke o inovativnosti.

Istraživanja inovativnosti provode se već dugi niz godina, no ono što često nije pokriveno istraživačkim projektima jesu inovacije nastale izvan domene istraživanja i razvoja.

Donositelji politika trebaju pouzdane podatke da bi se odgovorilo na pitanja kao što su: kakvi su uzorci (*engl. pattern*) ulaganja u inovacije između različitih industrija, na koji način nisko intenzivne I&R industrije pribavljaju nove tehnologije, koje faktore poduzeća vide kao prepreku za razvoj inovacija, itd.

Inovacije 70-ih godina nisu bile u fokusu kao danas te često nisu bile korištene kao podloga za donošenje razvojnih gospodarskih politika. S vremenom je njihov značaj sve više rastao pa su vlade i međunarodne organizacije (OECD, UNIDO, UNESCO, itd.) prepoznale značaj inovacija, što je rezultiralo razvojem novih istraživačkih projekata. Shodno tome, povećana su i financijska ulaganja za takva istraživanja (Archibugi, Cohendet *i dr.*, 1995)

Povećana prepoznatljivost inovacija je otkrila i određena ograničenja. Prvenstveno problem je bio nedostatak adekvatnih podataka o inovativnim poduzećima, zbog čega je bilo teško donositi kvalitetne zaključke.

Istraživanja i razvojne politike uglavnom su se oslanjale na tada dostupne „sirove“ podatke o inovativnosti, kao što su istraživanje i razvoj, udio prodaje visoko tehnoloških proizvoda, patent, troškovi ulaganja u tehnologiju, bibliometrijski pokazatelji i drugo (Archibugi, Cohendet *i dr.*, 1995). Takvi podaci su većinom knjigovodstvene naravi, a njihov oblik nije prilagođen za proučavanje inovativnosti. K tome, mnoga poduzeća nisu kategorizirala troškove istraživanja i razvoja kao odvojenu cjelinu.

S neadekvatnim podacima nije moguće provesti precizno istraživanje inovativnosti, jer temeljne veličine predstavljaju samo vrh „sante leda“. Nedostatak kvalitetnih mjerenja može dovesti do ozbiljnih posljedica u razumijevanju ekonomskih dinamika i određivanju inovacijskih politika. Posljedično, postoje visoki rizici u donošenju pogrešnih odluka zasnovanih na neadekvatnim indikatorima. Također, postoji i rizik od korištenja neodgovarajućih podataka zbog nedostupnosti boljih.

No, postoji i prednost korištenja osnovnih pokazatelja (kao što su prodaja, profit, zaposlenje, investicije, proizvodnja i sl.). Eksplicitni su, nedvosmisleni su, prate se dugi niz godina na širokom skupu poduzeća i mogu se kronološki uspoređivati. Mnoga istraživanja ih koriste te je oko njih razvijen cjelokupni istraživački ekosustav.

S druge strane, posebno krojeni podaci ciljano prate dinamiku tehnološkog razvoja i inovativnosti, no dostupni su u ograničenom obliku. Od sedamdesetih godina prošlog stoljeća

podatke o inovativnosti počele su pratiti samo određene, prvenstveno tehnološki razvijenije zemlje, no i dalje nije postojala međusobna usporedivost i komparabilnost između takvih mjerenja, niti je postojao zajednički dogovoreni okvir (definicija inovativnosti) koji se tek pojavljuje s razvojem OSLO priručnika (OECD, 2005).

Pojedinačne inicijative fokusirane su na domaću ekonomiju bez međunarodnog karaktera, a rezultate koriste vlade tih ekonomija za definiranje nacionalnih inovacijskih politika. Kako koncept inovacija zauzima sve važnije mjesto u gospodarskom razvoju, postaje očito da donositelji politika i istraživači trebaju ujednačene i komparabilne podatke između država. Također, osim međusobne usporedivosti bilo bi dobro da se indikatori prate periodički, što bi omogućilo kronološko praćenje i longitudinalna istraživanja.

Problemi oko definiranja jasnih kriterija te visok stupanj intrinzične i kompleksno-latentne strukture inovativnosti postavlja dodatno ograničenje pri mjerenju inovativnosti. Inovativnost i inovacija označava vrlo heterogenu ekonomsku kategoriju, stoga nije jednostavno obuhvatiti niti opisati inovacije kvantitativnim metodama.

Zbog povećane potrebe za cjelovitim pristupom nastaje CIS projekt. Dobro je još jednom naglasiti da je Europa među prvima prepoznala ovu važnost. CIS projekt obuhvaća sve one aspekte inovativnosti koje do tada nije bilo moguće dohvatiti „grubim“ pokazateljima. Također, njegova važnost i prednost jest u tome što se provodi paralelno (s ujednačenom metodologijom i sličnim harmoniziranim upitnikom) u svim državama člancima Europske unije i drugim pridruženim zemljama uključenim u projekt. Takav pristup daje dodatnu i komparativnu vrijednost ovom istraživanju.

Razvoj CIS projekta može se kronološki svrstati u seriju različitih faza, od stvaranja konceptualnog okvira, kreiranja zajedničkog harmoniziranog upitnika, postavljanja adekvatnog dizajna istraživanja, uzorkovanja, terenskog provođenja projekta u svim zemalja, implementacije istraživanja te konačno stvaranje cjelokupne baze podataka s podacima. No, razvoj projekta nije prošao bez poteškoća.

Naprotiv, CIS projekt se razvijao kao donekle spontani proces kojeg je bilo vrlo teško kontrolirati iz jednog mjesta - zbog brojnih uključenih suučesnika (međunarodne organizacije, eksperti i sve članice uključene u istraživanje). Svi uključeni su na neki način bili zainteresirani oko naknadnog dodavanja svojih prijedloga i ideja u projekt. Stoga je projekt dinamički

dorađivan te se mijenjao tokom vremena. Nadalje, dodatnu prepreku je predstavljao i nedostatak motivacije te nedostatak financijskih sredstava.

Prethodna pojedinačna ispitivanja inovacija bila su više iznimka, nego pravilo i provodila ih je tek nekolicina razvijenih zemalja, a mjerni okviri i instrumenti definirani su posebno za svako istraživanje bez šireg konsensusa. Za razliku od toga, u CIS projekt uključene su mnoge međunarodno priznate institucije, eksperti te brojne države učesnice istraživanja. Metodološki, harmonizirani upitnik kreiran je prema predloženim smjernicama trećeg izdanja OSLO priručnika (OECD, 2005).

Tek nakon objave OSLO priručnika - gdje je jasno definirana metodologija prikupljanja i obrade - došlo je do bolje koordinacije i pravilnijeg pristupa mjerenja inovativnosti. Time je uspostavljena opće prihvaćena definicija inovativnosti u svim njezinim vidovima. Uvažavajući sva dotadašnja iskustva i naputke OSLO priručnika, CIS je napravio veliki iskorak u istraživanju inovacija.

Također i mnoge druge države paralelno s CIS-om su implementirale smjernice OSLO priručnika. Gledajući kroz prizmu CIS projekta - a sukladno OSLO priručniku - pet je osnovnih cjelina obuhvaćene anketiranjem. To su upravo one aktivnosti koje nije moguće opisati drugim metodama kao što su: motivacija, barijere i prepreke, ne tehnološka ulaganja u inovacije, izvori inovativnosti te taksonomija inovativnosti.

Iako su prioritet CIS istraživanja države članice Europske unije, zbog svojeg značaja, u projekt su uključene i brojne druge zemlje. No, uključivanje sve većeg broja država rezultiralo je dodatnim kašnjenjem te problemima s izvođenjem i usklađivanjem. Projekt se provodi u kontinuitetu od početka devedesetih pa sve do danas (nešto manje od 30 godina). U konačnici, CIS se razvio u najsveobuhvatniji i najopsežniji globalni istraživački projekt inovativnosti na razini poduzeća te predstavlja glavni izvor podataka za istraživanje ovog rada.

Harmonizirani upitnik dizajniran je tako da pruži informacije o inovativnosti sektora i tipova poduzeća prema različitim vrstama inovacija i različitim oblicima razvoja inovativnosti te komponenti koje su povezane s inovativnošću, kao što su javne potpore, inovativni troškovi, izvori informacija i sl.

CIS istraživanje ima za cilj kvantitativno opisati inovacijsku strukturu poduzeća te ukupan broj različitih inovacija. U početku, istraživanje je uključivalo inovacije proizvoda, usluga i procesa, dok su ostali tipovi inovacija (inovacije marketinga i organizacije) dodani naknadno.

Istraživanje poduzeća se provodi od strane nacionalnih organizacija, najčešće od strane nacionalnih statističkih ureda zemalja uključenih u istraživanje. Međutim, u određenim zemljama druge institucije mogu preuzeti zadatak. Odluka je na članicama. Odabir uzorka poduzeća se bazira na unaprijed testiranim i isprobanim statističkim tehnikama. Poduzeća su grupirana po ekonomskim djelatnostima i veličini uz naizmjenični izbor poduzeća iz svake skupine.

Osim zajedničkog harmoniziranog upitnika, svakoj zemlji je ostavljena mogućnost nadopune sa specifičnim pitanjima. Prikupljeni podaci od nacionalnih tijela prosljeđuju se u EUROSTAT-u gdje se podaci grupiraju i prikazuju.

Pohranjivanje i čuvanje podataka je osigurano rigoroznim sigurnosnim mehanizmima i procesima. Kako bi se osigurala dodatna povjerljivost i tajnost koristi se statistička tehnika mikro-agregacije čineći zapise anonimnima.

Nakon svakog ciklusa javno se objavljuju svi rezultati za istraživače, znanstvenike, institucije i širu javnost. No, ukoliko se želi pristupiti mikro podacima (zapisima na razini entiteta), potrebno je pokrenuti određene procedure od strane autoriziranih institucija. Kroz različite verzije do danas, mikro podaci su dostupni putem prijenosnih medija (CD ROM).

CIS se provodi anketiranjem, a sama ta metoda ima određenih prednosti kao i nedostataka. Najveća prednost jest direktno mjerenje inovativnosti te obuhvaćanje širokog spektra aspekata inovativnosti. Obuhvaća sve aktivnosti povezane s inovativnošću koji se mogu primijeniti ne samo na proizvode i usluge, nego i na bilo koji druge vid inovativnog ponašanja.

Nedostaci anketnog istraživanja mogu biti u: periodičnosti ispitivanja, visokim troškovima anketiranja, problemima oko kompatibilnosti između različitih verzija, ljudskom faktoru, neuključenosti određenih kategorija i slično.

Dinamika istraživanja i objave rezultata nije strogo definirana, no u pravilu se provodi kontinuirano, a rezultati se objavljuju svake dvije to tri godine. Referenti okvir obično obuhvaća razdoblje od tri godine. Većina indikatora (napose onih najvažnijih koji se tiču inovativnosti)

se mjere u cjelokupnom istraživačkom razdoblju (tri godine), dok se određeni pokazatelji (promet, zaposlenje, troškovi inovativnosti) uzimaju samo za početnu i/ili završnu godinu.

Do sada su objavljena sljedeća izvješća: CIS Ligh, CIS2 (1996.), CIS3 (1998. do 2000.), CIS4 (2002. do 2004.), CIS5-2006 (2004. do 2006.), CIS6-2008 (2006. do 2008.), CIS7-2010 (2008. do 2010.), CIS8-2012, CIS9-2014 (2012. do 2014.) i CIS10-2016 (2014. do 2016.) koje je ujedano i zadnje dostupno.¹⁹ (Eurostat(CIS2-CIS7), 2020)

Nakon kraja referentnog razdoblja (zadnje godine uključene u izvješće) državni zavodi za statistiku trebaju poslati konačna izvješća (u roku od oko godine i pol). Zadnje izvješće CIS10-2016 bilo je javno dostupno tek od ožujka 2019. A u radu će koristiti podaci iz CIS9-2014 baze podataka koji su bili dostupni u vrijeme provođenja istraživanja.

U nastavku poglavlja će biti grafički i numerički prikazani rezultati zadnjeg CIS istraživanja te će biti napravljena komparacija inovativnih karakteristika Republike Hrvatske s drugim zemljama.

2.2.1.2 Definicije inovativnosti i inovativnih aktivnosti (CIS2014)

Svako objavljeno izvješće precizno definira sve pojmove unutar harmoniziranog upitnika. Definicije su jasno napisane kako ne bi došlo do nesporazuma i nedvosmislenosti prilikom popunjavanja obrasca. Definicije se temelje prema Oslo priručniku iz 2005. (OECD, 2005).

Svaki tip inovacije zasebno je ispitivan (inovacije proizvoda i usluga, inovacija procesa, organizacijska inovacija i marketing inovacija). Ukoliko poduzeće posjeduje barem jedan od navedenih glavnih tipova inovativnosti, smatra se inovativnim poduzećem. Čak ako poduzeće još nema razvijenu inovaciju - trenutno je u procesu stvaranja inovativnog proizvoda i/ili usluge - i dalje se smatra da posjeduje određeni vid inovativnosti. Za sva ostala poduzeća postoji rubrika pitanja za ne-inovatore („*non-innovators*“) gdje se pokušavaju razjasniti razlozi zašto poduzeće nije inovativno, tj. nastoje se identificirati prepreke zašto poduzeće ne ulaže u inovativnost. (Eurostat CIS, 2014)

¹⁹ U vrijeme pisanja rada. listopad/2020.

Generalni okvir upitnika može se podijeliti na ulazni dio: aktivnosti za poticanje inovativnosti i osnovni ekonomski pokazatelji te izlaz: inovatori/ne-inovatori i licence/patenti/intelektualno vlasništvo.

Inovacija je definirana kao uvođenje novog ili značajno poboljšanog proizvoda, procesa, organizacijske metode ili marketinške metode u poduzeće. Inovacija treba imati karakteristike ili namjene koje su nove ili značajno poboljšane u odnosu na one koje je poduzeće prethodno koristilo ili proizvodilo. (Eurostat CIS, 2014) (Eurostat(CIS9), 2020)

Za inovaciju je potrebno da bude nova ili značajno poboljšana samo za referentno poduzeće, no poduzeće ne mora nužno razviti inovaciju, tj. može koristiti već razvijenu i korištenu inovaciju od strane drugog poduzeća ili organizacije.

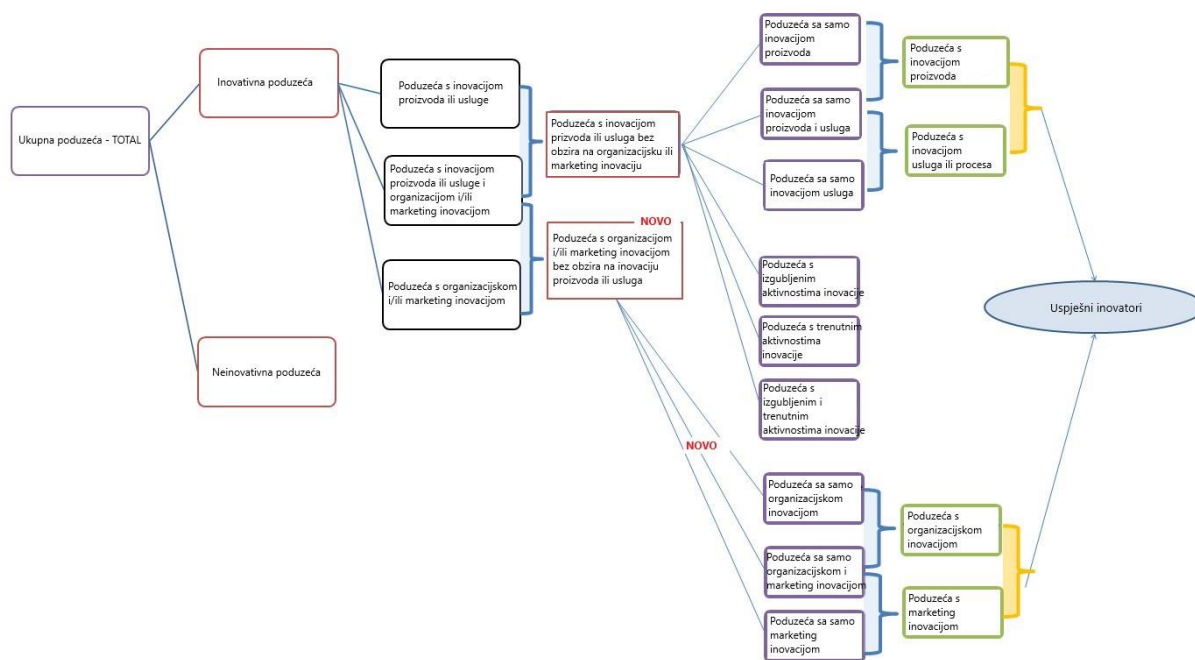
Inovaciju produkta predstavlja potpuno nov ili unaprijeđen proizvod ili usluga u pogledu mogućnosti, pristupačnosti i funkcionalnosti. Promjene čisto estetske naravi i preprodaja novih proizvoda i usluga od drugih poduzeća ne smatraju se inovativnima.

Procesnu inovaciju predstavlja implementacija novog ili unaprijeđenog proizvodnog procesa, distribucijske ili nabavne metode.

Organizacijska inovacija (inovacija internog uređenja odnosa) je definirana kao implementacija barem jedne nove metode u organizaciji/uređenju poslovne prakse poduzeća, kao promjena reorganizacije radnih mjesta ili promjena strukture odnosa s vanjskim suradnicima.

Marketing inovacija definirana je kao implementacija najmanje jednog novog marketinškog koncepta ili strategije sa značajnim razlikama od postojećih marketinških metoda, a nisu prije korištene. Zahtjeva značajne promjene u dizajnu proizvoda ili pakovanja, plasmanu proizvoda, promocije ili određivanju cijena. Marketing inovacija isključuje sve sezonske, regularne i ostale rutinske promjene unutar marketinških metoda. (Eurostat CIS, 2014)

Pregled tipova inovatora - s različitim kombinacijama inovativnih i ne-inovativnih poduzeća - prikazan je na *Slici 12*. Nakon osnovne podjele, prikazana su inovativna poduzeća koja posjeduju bilo kakav oblik inovativnog ponašanja. Za razliku od početnih verzija CIS-a, CIS2014 uključuje inovacije marketinga i organizacije. Inovativna poduzeća bez inovacije proizvoda, usluge ili procesa, ukoliko posjeduju organizacijsku ili marketing inovaciju i dalje se smatraju inovativnim poduzećima. Svaka od navedenih kategorija i njihovih kombinacija opisane su različitim varijablama.



Slika 12. - Pregled tipova inovatora (Eurostat(CIS9), 2020)

Inovacijske aktivnosti po definiciji uključuju nabavu u svrhu inoviranja (strojeva, opreme, zgrada, softvera, licenci itd.), inženjerski rad, razvojni rad, studije izvedivosti, projektiranje, treninge i obuku, istraživanje i razvoj te marketing, kada su navedene aktivnosti posebno poduzete za razvoj i/ili provedbu inovacija proizvoda, usluge ili procesa.

Inovacijske aktivnosti mogu rezultirati sa sljedećim ishodima (Eurostat CIS, 2014):

- uspješna inovacija: konačni produkt aktivnosti rezultira s jednom ili više inovacija (iako te inovacije ne trebaju nužno biti komercijalno uspješne)
- inovacija u razvoju: inovacija je u fazi razvoja (u referentom razdoblju²⁰), ali njezin razvoj nije još dovršen, stoga nije stavljena na tržište
- odbačena inovacija: inovacija je razvijana i pokrenute su određene inovativne aktivnosti s ciljem implementacije, no krajnji rezultat je odbacivanje inovacije

²⁰ Razdoblje od 3 godine koje je često prekratko da se pokrije razvojni ciklus određene inovacije.

Ne-inovativna poduzeća su ona poduzeća koja nisu poduzela, razvila niti pokušala razviti bilo koji oblik inovacija.

U radu se pojmovi, inovativnost poduzeća i stupanj inovativnosti poduzeća često koriste ravnomjerno, a referiraju se na prethodnu definiciju inovativnosti. Na primjer: „*ulaganje u I&R rezultira s povećanjem inovativnosti*“. Dakle, rezultira s pojačanim intenzitetom uvođenja novog ili značajno poboljšanog proizvoda, procesa, organizacijske metode ili marketinške metode u poduzeće.

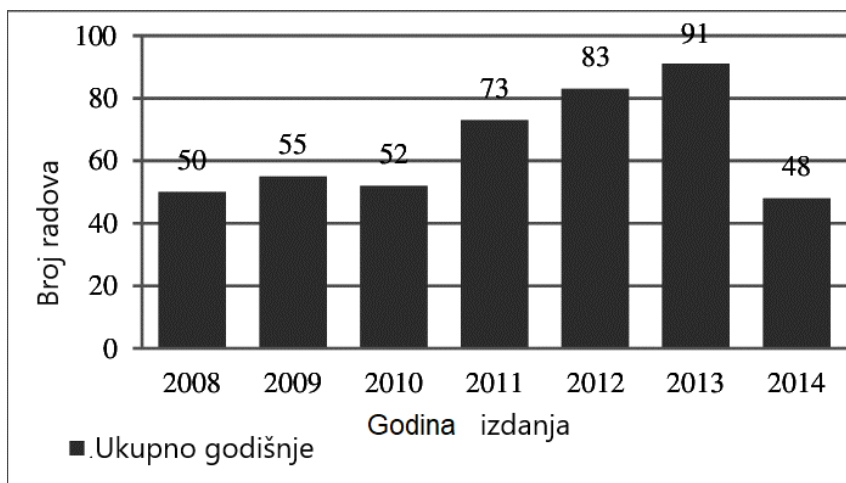
Sve inovativne aktivnosti se odnose na trogodišnje referentno razdoblje (u slučaju CIS2014 2012. – 2014.), s tim da su uključene i rubne godine (početak 2012., i kraj 2014. godine).

2.2.1.3 Rezultati CIS istraživanja

Uobičajena dinamika provođenja istraživanja je bianualna. No zbog složenosti i uključenosti brojnih participanata potrebno je proći znatno više vremena da podaci budu javno dostupni. To kašnjenje nekad iznosi čak i više od dvije godine od završetka anketiranja (ili pet godina od početka). Kada se sve posloži na vremensku crtu, anketiranje počinje početkom prve godine referentnog ciklusa, a završava u trećoj godini. Nakon razdoblja anketiranja i prikupljanja podataka, nacionalni statistički uredi u roku od 18 mjeseci šalju rezultate EUTOSTAT-u. Rezultati se objedinjuju i obrađuju u Europskom statističkom uredu za što je također potrebno određeno vrijeme te nakon toga slijedi objava. Na primjeru meni dostupnih podataka za CIS2014; ciklus istraživanja započeo je početkom 2012. godine, a rezultati su bili dostupni tek početkom 2017. godine.

EUROSTAT objavljuje CIS rezultate kao i mnoge druge statističke podatke te ih čini javno dostupnima. No, za razliku od drugih navedenih globalnih istraživačkih projekata (sa fokusom na inovativnost) ne objavljuju se godišnja izvješća (u obliku almanaha), nego su svi indikatori dostupni u bazama podataka. (Eurostat, 2020)

Rezultate CIS istraživanja koriste mnogi projekti i izvješća, kao što su Europska ljestvica uspjeha u inoviranju, Regionalni inovacijski indeks, OECD, Horizon 2020 i mnoga druga. Također, na stotine akademskih radova proizašlo je iz dostupnih podataka, što je navedeno na *Grafikonu 12*.



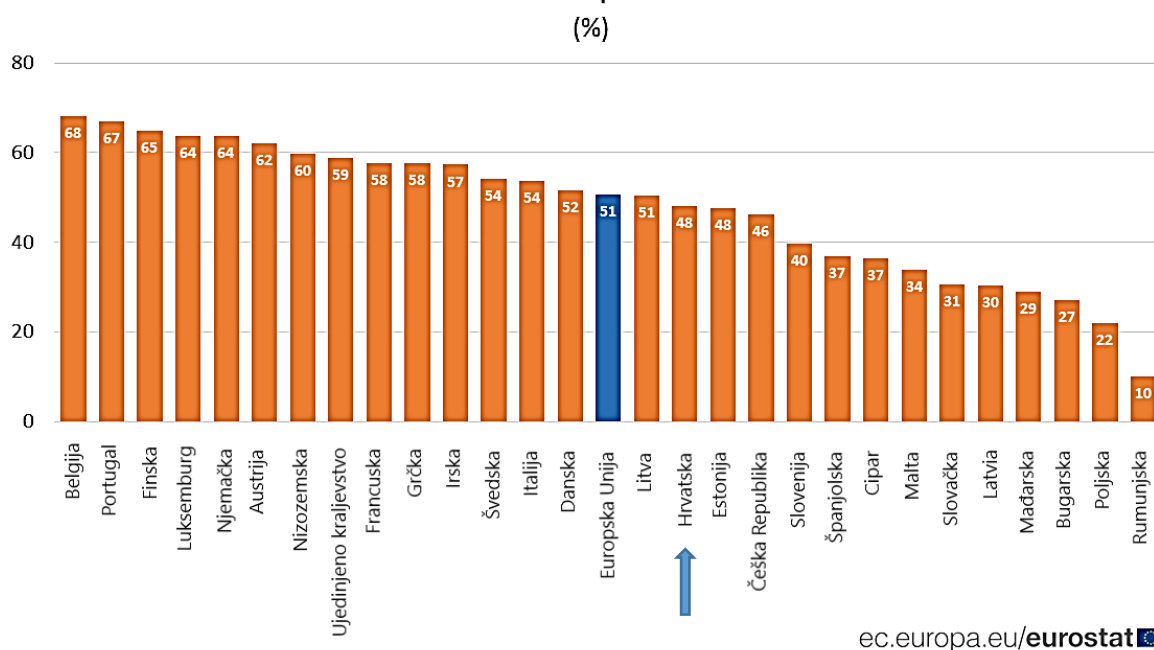
Grafikon 12. - Broj objavljenih publikacija na osnovu CIS podataka (Es-Sadki, 2014:38)

Zadnji objavljeni podaci se odnose na CIS2016 istraživanje (datum objave: veljača, 2019.), a objava za sljedeći krug (CIS2018) istraživanja planirana je za kraj ožujka, 2021. godine. (Eurostat(CIS10), 2020) (EC, 2018)

Prema posljednje dostupnim podacima, na *Grafikonu 13.* prikazan je udio inovativnih poduzeća u postotnim poenima te je plavom bojom označen EU prosjek. Svako drugo poduzeće (sa više od 10 zaposlenih²¹) u Europskoj uniji je inovativno (gledajući za referentno razdoblje od 2014. do 2016.) prema već navedenim definicijama. Što znači da posjeduje bilo koju vrstu inovativnosti. Od prošlog izvješća EU prosjek je porastao za 4%. Udio inovativnih poduzeća ostao je isti ili se povećao u 20 zemalja, dok se smanjio u 8. Najveći rast zabilježile su Estonija, Portugal, Finska i Hrvatska. Recimo, Estonija je porasla 80% (s 26,5% na 47,7%). U cijelom spektru država, najinovativnija su Belgijska poduzeća, a najmanje inovativna Rumunjska, gdje je tek svako 10 poduzeće inovativno.

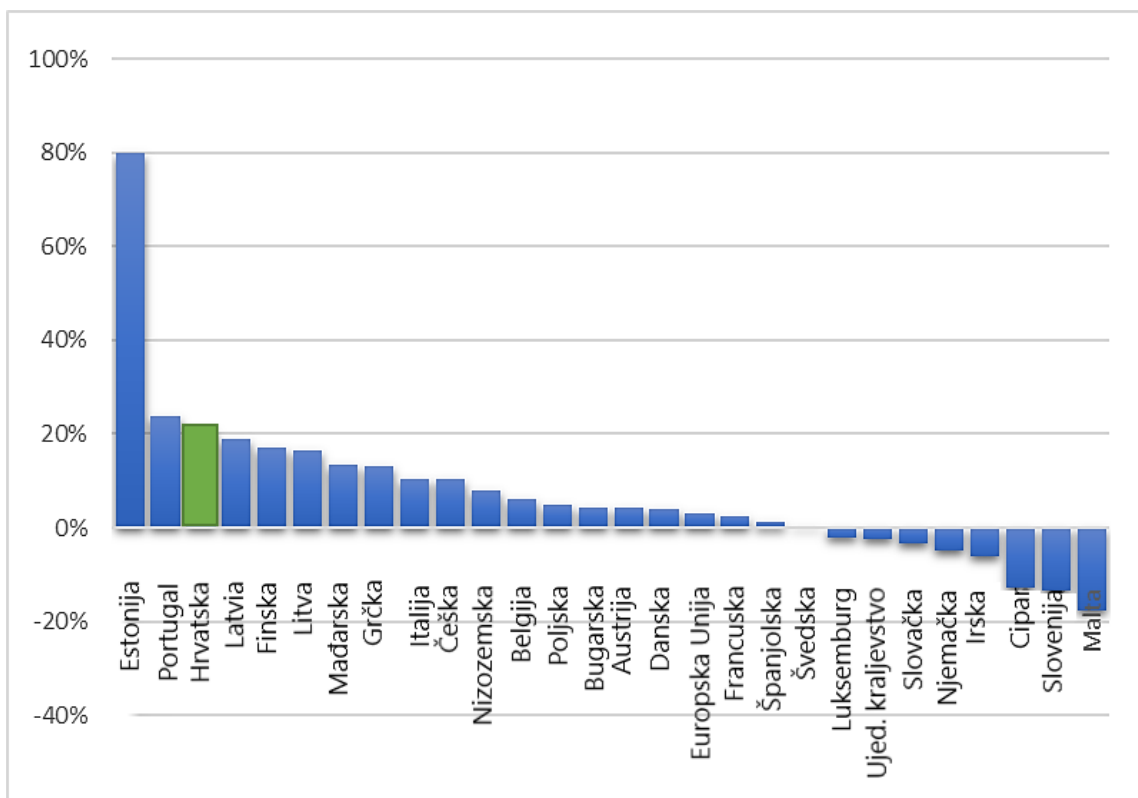
²¹ CIS ne obuhvaća poduzeća ispod 10 zaposlenih.

Udio inovativnih poduzeća, 2016.



Grafikon 13. - Udio inovativnih (%) poduzeća za zemlje Europske unije (Eurostat, 2020)

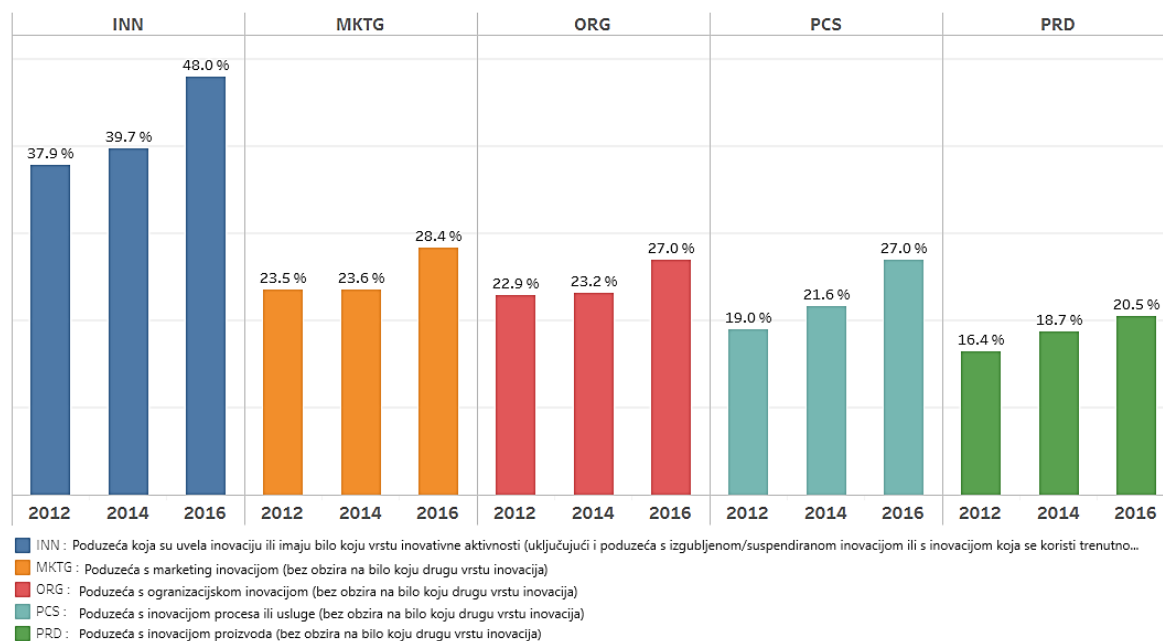
Udio hrvatskih inovativnih poduzeća se nalazi oko prosjeka EU te iznosi 48%. Ukupni rast od prošlog razdoblja iznosi 21% (s 39,7% na 48%). Promjene udjela inovativnih poduzeća EU članica u odnosu na prethodno istraživanje (CIS2014 na CIS2016) predložene su na *Grafikonu 14*. Zanimljivo je uočiti da su neke razvijene zemlje doživjele pad udjela inovativnih poduzeća (Irska, Njemačka, Velika Britanija i Luksemburg).



Grafikon 14. - Promjena udjela inovativnih poduzeća u razdoblju CIS2014 na CIS2016 (izradio autor prema (Eurostat, 2020))

Što se tiče Republike Hrvatske u zadnjih tri godine uočava se kontinuirani porast udjela inovativnih poduzeća. Ukoliko se udio inovativnosti hrvatskih poduzeća analizira po godinama te po vrstama inovativnosti, dobije se prikaz kao na *Grafikonu 15. (stranica ispod)*

Inovativna poduzeća kao % ukupnih poduzeća



Grafikon 15. - Udio inovativnih poduzeća u RH te podjela po vrstama inovativnosti CIS2016 (RIO, 2019)

Plavom bojom označen je ukupni udio inovativnih poduzeća za Republiku Hrvatsku. Za pretpostaviti je da će se trend nastaviti i u sljedećem izvještajnom razdoblju od 2016. – 2018. godine.

Ono što je važno jest strukturni odnos različitih vrsta pod-inovativnosti. Inovativnost produkta²² (proizvoda/usluge) označena zelenom bojom i njezina vrijednost niža je od ostalih tipova inovativnosti. Ako se referira na CIS2016 za Hrvatsku, omjeri između inovacije produkta, procesa, organizacije i marketinga iznose, 20,5%(P) : 27%(R) : 27%(O) : 28,4(M). Najveći udio poduzeća je s marketing inovacijom. Poduzeće je inovativno ako posjeduje bilo koju od navedenih tipova inovativnosti, a vrlo često posjeduje više od jedne vrste, no vrlo malo je poduzeća koja posjeduju sve. Stoga, zbroj svih komponenti inovativnosti veći je od ukupne inovativnosti.

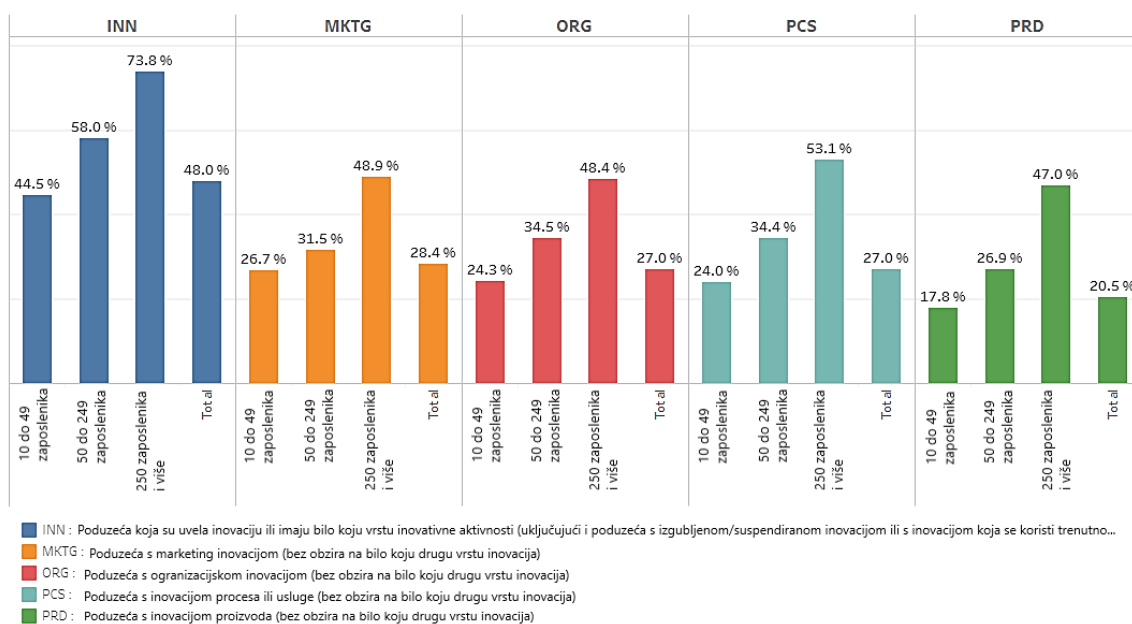
Na razini prosjeka Europske unije omjeri između gore navedenih inovativnosti su 25,9%(P) : 24,9%(R) : 28,5%(O) : 22,9%(M), gdje dominira organizacijska inovativnost, ali su razlike nešto manje nego u slučaju Hrvatske.

²² U tekstu ću nekada navoditi inovativnost produkta umjesto inovativnosti proizvoda i/ili usluge.

Također, važna je i struktura raspodjele inovativnosti poduzeća prema veličinama poduzeća u odnosu na broj zaposlenih. CIS svrstava poduzeća u tri klase. Prva klasa (mala poduzeća) su poduzeća od 10 do 49²³ zaposlenih, druga (srednja poduzeća) od 50 do 249 i treća klasa (velika poduzeća) preko 250 zaposlenih. Struktura raspodjele inovativnosti Republike Hrvatske za CIS2016 prezentirana je na *Grafikonu 16*.

Jasno se može uočiti obrazac odnosa udjela inovativnosti i veličine poduzeća. Mala poduzeća pokazuju najmanji stupanj inovativnosti, dok velika posjeduju najveći udio inovativnog output-a. Odnosi razine inovativnosti između različitih veličina za Hrvatsku iznose: velika/srednja = 1,27, srednja/mala=1,3, velika/mala=1,65 , a za EU 1,22, 1,36 i 1,66. Iz objavljenih podataka može se uočiti da razvijene zemlje (i/ili zemlje s većim udjelom inovativnih poduzeća) Europske unije imaju tendenciju približavanja inovativnih udjela između različitih veličina poduzeća, dok su kod manje razvijenih zemalja (sa manjim udjelom inovativnih poduzeća) ti omjeri znatno izraženiji.

Inovativna poduzeća kao % ukupnih poduzeća, 2016.



Grafikon 16. - Raspodjela udjela inovativnosti prema veličini poduzeća za RH CIS2016 (RIO, 2019)

Na primjeru CIS2016, s jedne strane navedeni su omjeri inovativnosti za Finsku (1,09, 1,29, 1,4) UK (1,1, 1,16, 1,28) i Nizozemsku (1,1, 1,27, 1,4), dok s druge za Bugarsku (1,85, 2,16, 4), Poljsku (1,67, 2,3, 3,84) i Mađarsku (1,44, 1,54, 2,22). To upućuje da raspodjela inovacijske

²³ Ne uključuju poduzeća manja od 10 zaposlenih.

efektivnosti između različitih veličina poduzeća kod inovativno razvijenijih ekonomija ima tendenciju da bude ravnomjernija nego kod ostalih.

Za očekivati je, da su u istraživanja uključena i mikropoduzeća (sa manje od 10 zaposlenih) da bi njihova inovativna izvedba bila slabija nego kod ostalih veličina poduzeća, pa i od malih.

2.2.2 Global Entrepreneurship Monitor (GEM)

GEM (hrv. Globalni Poduzetnički Nadzor) predstavlja konzorcij timova iz različitih zemalja - primarno povezanih s akademskom zajednicom. Osnovni cilj konzorcija je istraživanje poduzetništva. Projekt je započeo 1997. godine zajedničkim djelovanjem *Babson College* i *London Business School (LBS)* s prvim godišnjim izvješćem objavljenim 1999. godine. Prvo izvješće uključivalo je G7 države te Dansku, Finsku i Izrael. (Bosma, Hill i dr., 2020:11).

Do sada je kroz istraživanje prošlo više od 3 milijuna ispitanika u preko 100 ekonomija i time se GEM svrstava u najveći projekt ove vrste. U radu će biti detaljnije opisano zadnje dostupno GEM 2019/2020 izvješće, objavljeno u ožujku 2020. godine iz kojeg će se nastojati identificirati značajke povezane s inovativnošću.

Podaci o poduzetništvu se prikupljaju direktno anketiranjem (*APS – Adult Population Survey*) ispitujući karakteristike, ambicije, stavova i motivacije ispitanika. Također se provodi nacionalno ekspertno istraživanje (*NES²⁴*) koje ima za cilj istražiti poduzetničku okolinu pojedine države.

GEM otvara mogućnost prostora akademskoj zajednici prostor za daljnja istraživanja i jedinstven pristup poduzetništvu. Također, nositeljima politika pomaže pri donošenju važnih odluka o poticanju poduzetničkog ekosustava. Poduzetnicima može pomoći kroz bolje razumijevanje poduzetničke okoline i motivacije. Koliko značajan utjecaj ima na akademsku zajednicu, pokazuje podatak od preko 700 objavljenih znanstvenih publikacija koji se oslanjaju na GEM podatke, dok je samo 2020 godine²⁵ broj objavljenih radova iznosio više od 140 (GEM (2020)).

Velik broj kvantitativnih istraživanja poduzetništva se oslanja na brojeve i podatke dostupne preko javnih izvora - kao što su godišnja financijska izvješća, trgovački registri ili slično. Iz tih

²⁴ *National Expert Survey.*

²⁵ *Do trenutka pisanja rada 16.9.2020.*

podataka nije vidljiva motivacija, niti poduzetničke aktivnosti koje nisu službeno zabilježene i provedene kroz administraciju.

Specifičnost GEM-a je ta što težište stavlja na ljude kao predmet istraživanja (APS). Opisuje poduzetništvo kroz perspektivu poduzetnika, njegovu motivaciju, stavove i dr. Istraživanje nastoji obuhvatiti poduzetničke aktivnosti, motivaciju, prepoznavanje prilika, strah od rizika, procjene vlastitih sposobnosti itd. Sve ovo daje jedinstven pristup istraživanju poduzetništva. To je važno jer su stavovi i ambicije usko povezani uz poduzetničke aktivnosti i procese.

Druga značajna prednost ovakvog pristupa je mogućnost obuhvaćanja informacija o „neformalnoj“ ekonomiji. Anketa se provodi anonimno, što otvara prostor poduzetnicima koji nisu formalno registrirani da iznesu svoje podatke. Također, anketa obuhvaća posebna pitanja vezana za neformalna investiranja (što je inače normalna praksa gotovo u svim razvijenim zemljama, ali se za nju posebno ne vode statistike).

U pojedinim državama veliki broj poduzetničkih aktivnosti se provodi kroz neformalne kanale poslovanja. Prema izvještaju Međunarodne organizacije rada (ILO) iz 2019. godine (Kok i Berrios, 2019:13) procjenjuje se da, u prosjeku od 99 promatranih država, neformalni sektor zapošljava više od 60% od ukupnog broja zaposlenih. Ovaj broj značajno varira između država gdje, primjerice na Madagaskaru, iznosi 90%, dok je u pravilu ispod 5% u zapadno razvijenim europskim zemljama. Stoga, pravilnim pristupom i ispitivanjem moguće je obuhvatiti značajan dio neformalnih poduzetničkih aktivnosti te upotpuniti sliku o poduzetništvu unutar pojedine ekonomije. Formalni izvori podataka jednostavno ne mogu obuhvatiti sve ove pokazatelje što značajno iskrivljuje realno stanje stvari „na terenu“. No, postoji i negativni aspekt ovakvog pristupa. Možebitni nedostatak anketnog ispitivanja jest određeni stupanj subjektivizma i greške proizašle iz ljudskog faktora (iskrenosti anketiranih). Ali s valjanim mjernim instrumentom i stručnom provedbom anketa takve greške se minimiziraju, tako da prednosti daleko nadmašuju eventualne nedostatke.

Osim APS ankete, GEM istraživanje provodi i NES anketu s ciljem što zornijeg prikazivanja poduzetničkog okruženja (koje je ključno za inovacije) na nacionalnoj razini. NES anketiranje se provodi na pažljivo odabranim stručnjacima unutar pojedine ekonomije (njih minimalno 36) s potrebnim specifičnim znanjima i ekspertizom (Bosma, Hill *i dr.*, 2020:23). Ispituju se percepcije poduzetničke okoline definirane u nekoliko kategorija, kao što su:

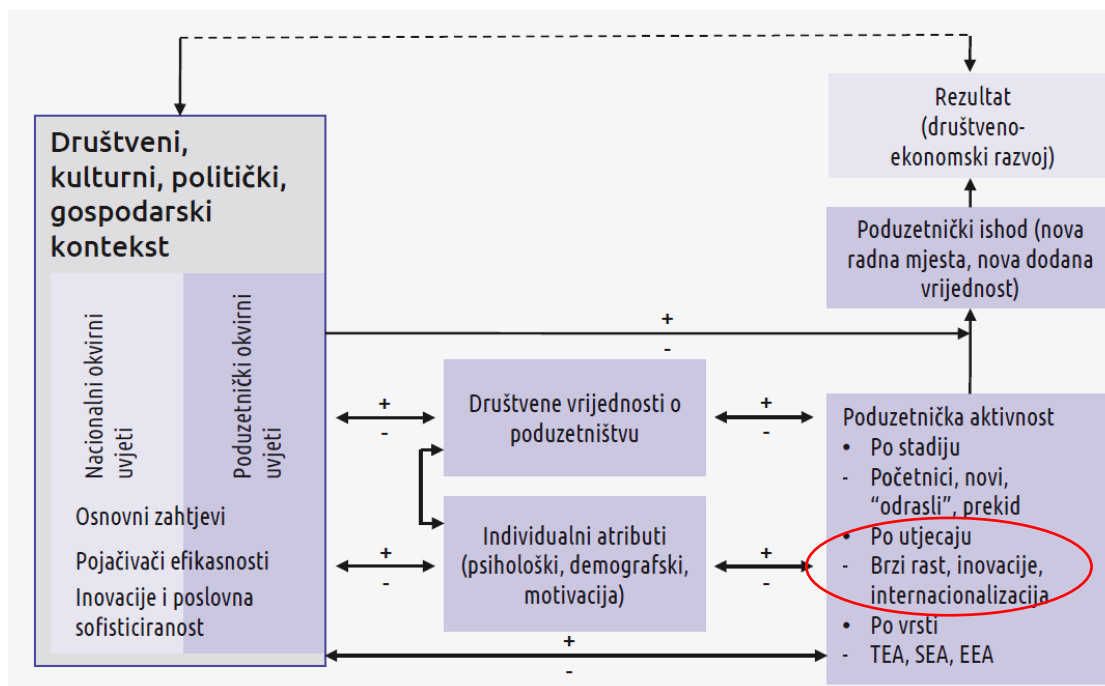
dostupnost poduzetničkim financijama, vladini programi poticaja poduzetništva, kvaliteta poduzetničkog obrazovanja, pristup infrastrukturi i slično.

Kako je težište ovog rada na proučavanju, mjerenju i analizi inovativnosti, posebno će se naglasiti stavke koje imaju povezanosti s inovacijskim aktivnostima. GEM opisuje varijable kao što su rast poduzeća, inovacije, internacionalizacija, poslovna sofisticiranost, poduzetničko okruženje, itd.

Nadalje APS anketa u sebi obuhvaća posebno posvećena pitanja na temu inovativnosti. Primjer takvih pitanja su: inovacije proizvoda i usluga, inovacije procesa i tehnologije. Stoga će u nastavku ovog poglavlja biti naglašene navedene kategorije i komponente GEM projekta. Također, biti će napravljena i kratka komparativna analiza s drugim do sada opisanim izvješćima kako bi se ustanovile njihove sličnosti i razlike.

2.2.2.1 Konceptualni okvir

GEM konceptualni okvir prezentiran je na *Slici 13*. Krajnji željeni ishod je društveno ekonomski rast i razvoj kao posljedica poduzetničkih aktivnosti.



Slika 13. - GEM Konceptualni Okvir (Bosma, Hill i dr., 2020:24; Singer, Šarlija i dr., 2017)

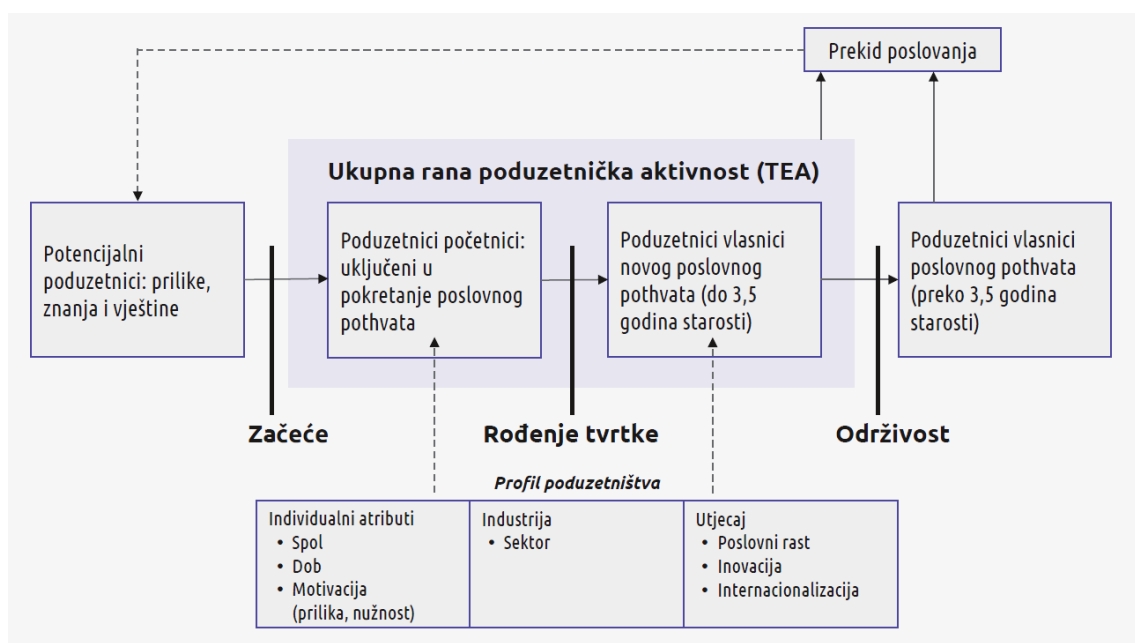
Poduzetničke aktivnosti su rezultat interakcije procijenjenih prilika, motivacije, osobnih sposobnosti i ostalih atributa te su promatrane kroz faze razvoja poduzeća. Faze su podijeljene

na kronološki redoslijed odrastanja tvrtki²⁶, tj. na novonastala poduzeća (*engl. nascent*), mlada poduzeća, uspostavljena/odrasla poduzeća (*engl. established*) te ugašena poduzeća. Po stupnju utjecaja, što je važno s gledišta inovacija, poduzeća se mogu podijeliti na kategorije intenzivnog rasta, razina inovativnosti te domet tržišta.

Da bi se dobila kompletna slika, poduzetničke aktivnosti trebaju se promatrati kroz specifični kontekst unutar kojeg poduzeće djeluje. Okruženje je definirano s jedinstvenim društvenim, kulturnim i ekonomskim karakteristikama. Kombinacijom poduzetničke klime s osobnim vrijednostima, sklonostima i atributima, dolazi se do sveobuhvatnijeg pregleda poduzetničkog djelovanja unutar pojedine ekonomije.

Direktan rezultat poduzetničkih aktivnosti (poduzetnički output²⁷) prikazan je preko indikatora rasta (zaposlenosti, prihoda, tržišta) te novostvorene dodane vrijednosti. Upravo navedeni pokazatelji su ključni za gospodarski prosperitet ekonomije.

Kako je već prethodno spomenuto, poduzetničke aktivnosti se kronološki mogu promatrati kroz faze razvoja. Faze razvoja su međusobno slijedno povezane i čine zatvoreni krug - od početka poduzetničkog pothvata, preko izlaska iz poslovanja te ponovne poslovne inicijative. Na *Slici 14.* opisane su pojedine faze poduzetničkih aktivnosti definirane u GEM-u:



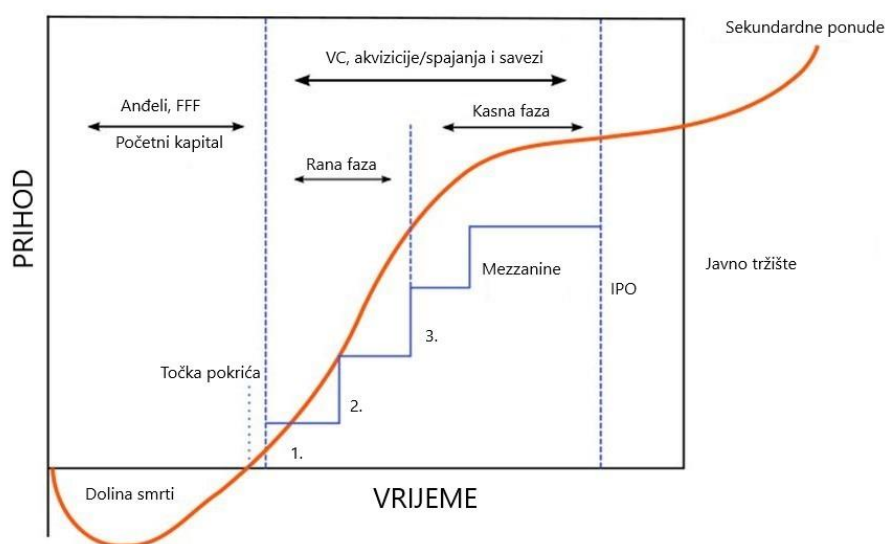
Slika 14. - GEM faze razvoja (Bosma, Hill i dr., 2020:26; Singer, Šarlija i dr., 2017:13)

²⁶ Tj. poslovnih aktivnosti koje se odvijaju u pojedinim fazama razvoja.

²⁷ Koristi se i riječ rezultat ili ishod.

Jedan od ključnih pokazatelja GEM izvješća je TEA²⁸ (ukupna poduzetnička aktivnost u početnoj fazi). Poduzeća (i poduzetnici) vremenski prolaze kroz različite faze razvoja. Jedno od prijelomnih i najosjetljivijih perioda poslovanja tvrtke jest njezin početak (TEA pokazatelj obuhvaća aktivnosti u prvih 3,5 godine). Ova faza je spona između prepoznate prilike, ideje, poduzetničke inicijative i zrelih uspostavljenih poduzeća koja mogu godinama poslije toga poslovati. TEA predstavlja kritični period poslovanja za mnoge tvrtke. Zato je poduzetnicima važno znati pravilno se postaviti i djelovati kako bi se potakao razvoj i smanjila vjerojatnost poslovnog neuspjeha. Točna definicija novih poduzeća nije jedinstvena. Različite države kao i različita izvješća drugačije gledaju i definiraju kriterije i vremenske okvire do kada se pojedina poduzeća smatraju novim. No, riječ „*startup/start-up*“, (u modernoj literaturi se ustoličio i u hrvatskom govornom području) često se odnosi na posebni podskup tehnološko orijentiranih novih poduzeća.

Dalje u radu će se pojam *startup* referirati na mlada i inovativna (uglavnom tehnološka) poduzeća orijentirana prema rastu (zaposlenika/prihoda/korisnika) u potrazi za održivim i skalabilnim poslovnim modelom. (Dee, Gill i dr., 2015:8). Startup poduzeća nerijetko su rezultat inicijative mlađe generacije poduzetnika, shodno tome imaju još zahtjevnije uvjete opstanka na tržištu zbog poteškoća pristupa poduzetničkim financijama i manjka poduzetničkog iskustva. Na *Slici 15.* grafički je izvedena ilustracija financijskog ciklusa *startup* poduzeća koji prolazi kroz razne faze financijske solventnosti, od samih početaka,



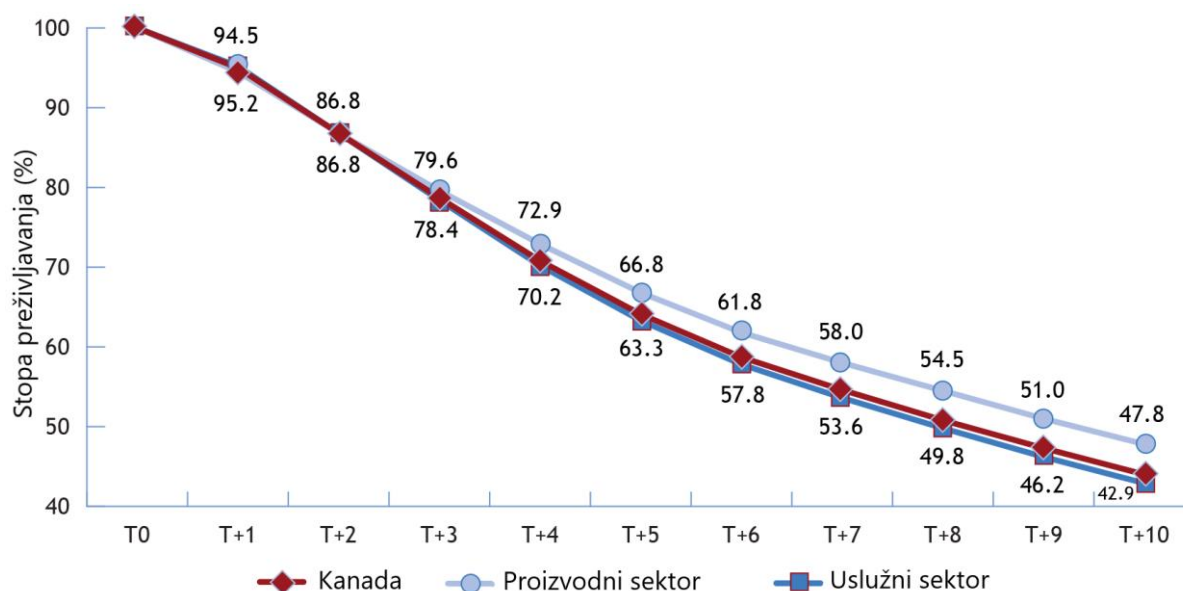
Slika 15. - Financijski ciklus startup poduzeća (izvor: AllTopStartups (2012))

²⁸ Total Early-Stage Entrepreneurial Activity.

gdje dominiraju privatna i osobna ulaganja (te nešto manje banke te poslovni anđeli) pa do krajnjeg izlaska na burze. Važan je segment (najkritičniji dio) koji se odnosi na privatna i osobna ulaganja. Može se interpretirati kroz komponentu neformalnih investiranja obuhvaćenim GEM APS upitnikom (Bosma, Hill *i dr.*, 2020:64).

Tek poslije početne kritične faze, nakon što *startup* poduzeće uspostavi stabilnije poslovanje, formalniji investitori uzimaju inicijativu. Do tog trenutka, već mnoga mlada poduzeća nisu doživjela svoju zrelu fazu.

Ukoliko se promatra cijeli spektar novonastalih poduzeća (ne samo tehnološka *startup* poduzeća) stopa opstanka poduzeća na tržištu je nešto bolja. Na *Grafikonu 17.* je predložena stopa opstanka kanadskih poduzeća za vremenski interval od 10 godina (ISED (2019)).



Grafikon 17. - Stopa preživljavanja kanadskih poduzeća (ISED (2019))

Vidljivo je da je opstalo samo 44% poduzeća osnovanih prije 10 godina. No, kao što je već napomenuto, unutar ovog statističkog izvješća nisu uvrštena neformalna poduzeća, niti bilo kakve druge neformalne poduzetničke aktivnosti u ranijoj fazi (npr. neformalne investicije koje su česta praksa i u razvijenijim zemljama).²⁹ Stoga je realna stopa preživljavanja poduzeća manja od prikazane. Time je GEM u značajnoj prednosti u usporedbi s drugim izvještajima.

²⁹ Trenutak T0 predstavlja moment kada je poduzeće registrirano na trgovačkom sudu.

2.2.2.2 Ukupna poduzetnička aktivnost u ranoj fazi (TEA)

TEA obuhvaća poduzetničke aktivnosti (udio vlasnika i direktora) povezanih s novonastalim (*engl. nascent*) i mladim poduzećima. Novonastala poduzeća dio su početne faze razvoja u kojoj poduzeća (često neformalna) još ne isplaćuju plaće niti bilo kakve naknade (vlasnicima i zaposlenicima) više od 3 mjeseca. Sljedeća faza obuhvaća poduzetnike čija poduzeća nisu starija od 3,5 godine, no naknade i plaće se isplaćuju. Sljedeća faza (iza TEA) su odrasla poduzeća (poduzeća koja posluju više od 3,5 godine). GEM mjeri sve navedene kategorije kroz postotak (stopu) poduzetnika pripadajućih faza spram ukupnog broja anketiranih osoba.

TEA pokazatelj se često koristi u istraživanjima i raznim međunarodnim izvještajima. Njegova značajnost leži u nekoliko faktora. Prikazuje trenutno stanje novih poduzetničkih aktivnosti s potencijalom formiranja stabilnih poduzeća. Sva odrasla poduzeća trebaju proći kroz početnu fazu. Prema tome, za očekivati je da postoji povezanost stope novostvorenih poduzeća³⁰ sa stopom odraslih poduzeća (EBO³¹) uz vremenski pomak. Porast EBO indikatora u pravilu prati varijablu TEA. U djelu GEM izvještaja koji opisuje dugoročne trendove (Bosma, Hill *i dr.*, 2020:76)³² napravljene su usporedbe te je vidljivo da u većini slučajeva postoji pozitivna povezanost. Posljedično, TEA se može staviti u odnos s nacionalnim dohotkom i BDP-om. Dokazano je da TEA pokazatelj je povezan s BDP-om (Van Stel, Carree *i dr.*, 2005) ali s različitim intenzitetom, ovisno o razini razvijenosti pojedine ekonomije. To znači da poduzetništvo igra različitu ulogu u različitim fazama, ovisno o nacionalnom dohotku³³.

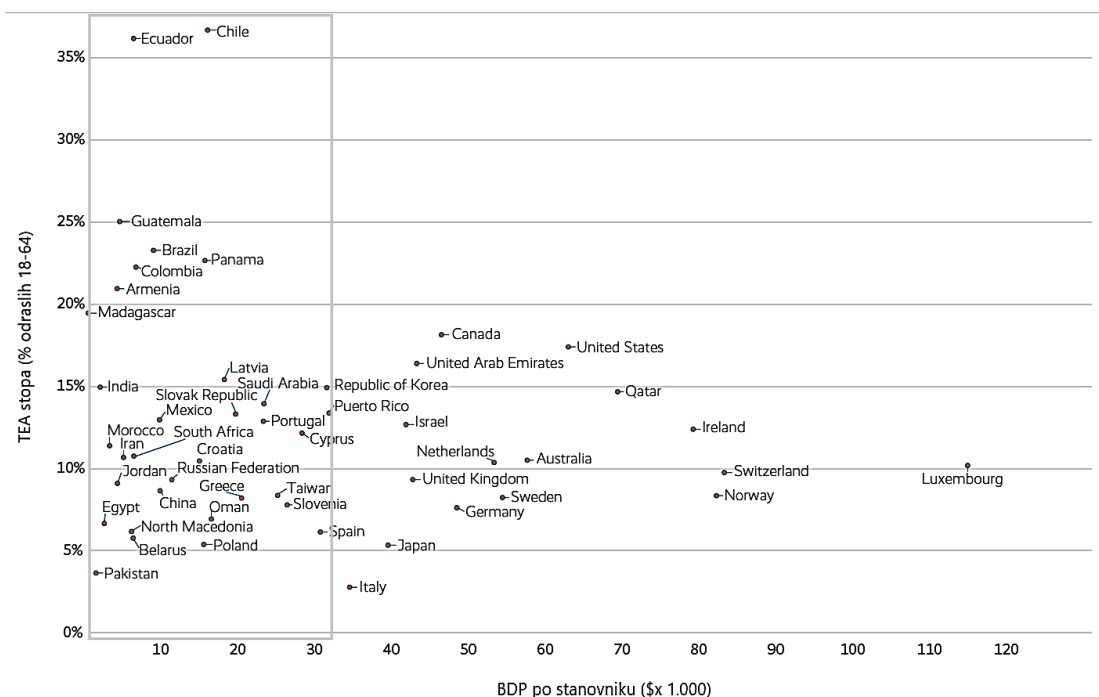
³⁰ Stopa se odnosi na postotak (%) vlasnika-direktora poduzeća koje se nalazi u odgovarajućoj fazi.

³¹ Established Business Ownership.

³² Ova veza nije do kraja jednosmjerna, jer postoje ekonomije gdje je porast TEA indeksa obrnuto proporcionalna sa EBO indeksom.

³³ Također je dokazano da postoji jasna veza između poduzetničke namjere i gospodarskog razvoja (Meyer, N. i Meyer, D.F. 2017. *An econometric analysis of entrepreneurial activity, economic growth and employment: The case of the BRICS countries.*). Ovo je vrlo interesantan podatak jer se poduzetnička namjera pravilnom edukacijom uz znatno manje uložene resursne od klasičnih poticaja, može značajno poboljšati.

Odnos između TEA indeksa i BDP-a prikazan je na *Slici 16*.



Slika 16. - Odnos BDP-a i TEA (Bosma, Hill i dr., 2020:39)

Odnos između TEA indeksa i BDP-a je na prvi pogled kontra intuitivan jer nerazvijenije zemlje u prosjeku imaju veću poduzetničku aktivnost od razvijenijih zemalja. Zapravo, kod razvijenih država u prosjeku TEA indeks je oko prosjeka ili niži, dok kod zemalja u razvoju on varira od vrlo niskog do vrlo visokog (prikazano pravokutnikom). Postoji nekoliko potencijalnih razloga zašto je tome tako (Bosma, Hill i dr., 2020:38). Jedan od razloga je taj što zemlje u razvoju obično imaju niži stupanj konkurencije i nalaze se u brzo rastućem tržištu. Samim time, otvara se prostor za stvaranje novih poduzeća. Drugi razlog (o kojem je već bilo rasprave) jest samozapošljavanje, tj. potreba za osiguravanje financijskih sredstava za pokrivanje troškova života. Nezaposlenost u nerazvijenim zemljama je veća te su mnogi primorani da kroz poduzetničke aktivnosti osiguraju svoju egzistenciju. Od ekstrema prikazanih na slici s desne strane grafa se ističe Luksemburg s najvećim BDP-om i TEA stopom od oko 10% dok Čile ima najveći TEA od preko 35%. S druge strane, Italija ima najnižu stopu TEA od 2,8% i svrstava se u razvijene zemlje.

2.2.2.3 Poduzetničko okruženje

Drugi značajni faktor koji oblikuje poduzetničke aktivnosti jest okruženje unutar koji poduzeće posluje. Poduzetnički ekosustav (okruženje) se promatra na razini pojedinih ekonomija.

Individualne karakteristike poduzetnika i njihovi atributi, zajedno s poduzetničkim kontekstom točnije određuju krajnje ishode poduzetničkih aktivnosti.

Segment poduzetničkog okruženja se može promatrati kroz širi kontekst (makro), dok individualni atributi poduzetnika su uži kontekst (mikro). Makro kontekst se može referirati kao poticajni okvir za poduzetništvo i inovativnost na državnom nivou, što je opisano u poglavlju „*Inovativnost gospodarstava*“. Stoga je moguće napraviti komparaciju s ostalim indeksima inovacija unutar tog poglavlja (GII, III, EIS, RIS itd.).

GEM poduzetnički ekosustav opisan je s kompozitnim indeksom NECI³⁴ (nacionalni indeks poduzetničkog okruženja). Indeks je derivat te se sastoji od pojedinih komponenti poduzetničkog okruženja definiranog kroz devet dimenzija. U *Tablici 6.* su navedene glavne sastavnice poduzetničkog ekosustava. Prva komponenta se odnosi na dostupnost poduzetničkih financija - kroz formalne ili neformalne kanale.

Tablica 6. - Komponente poduzetničkog okruženja (Bosma, Hill i dr., 2020:69)

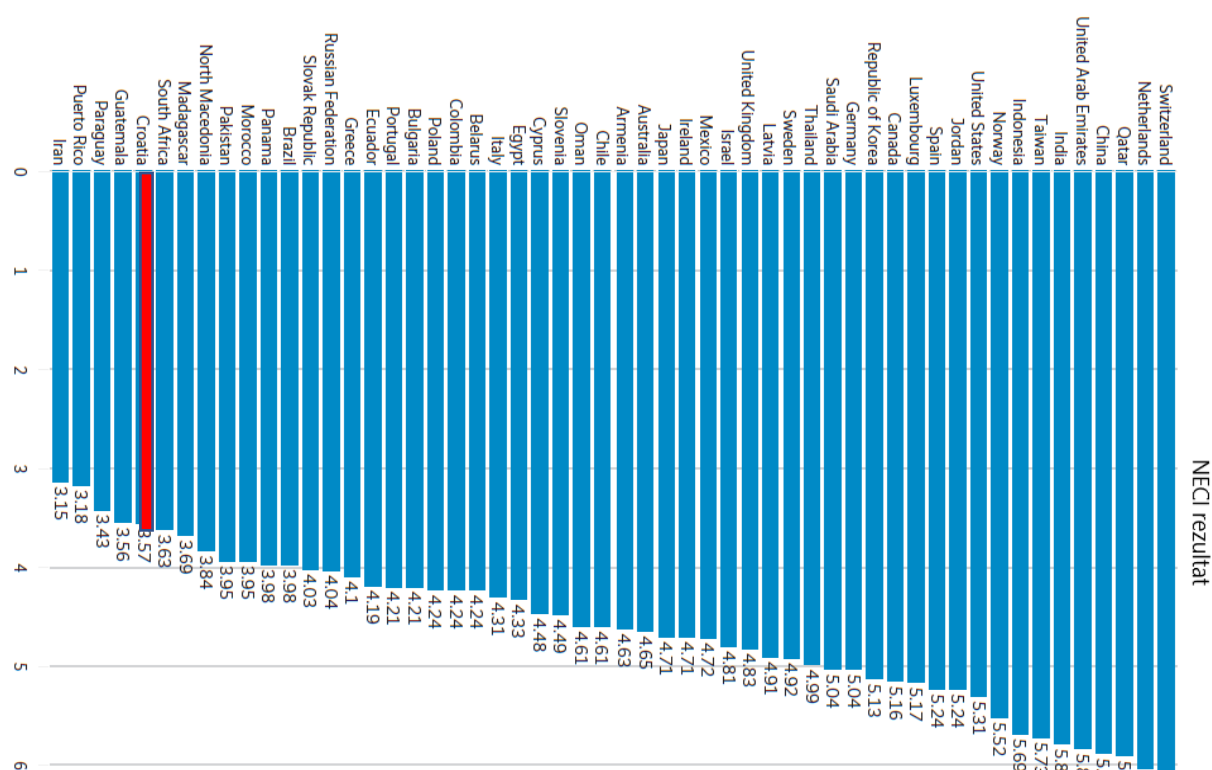
R.br.	Komponenta
1	Pristup financijama
2	Vladine politike prema poduzetništvu
3	Vladini programi za poduzetništvo
4	Poduzetničko obrazovanje
5	Transfer istraživanja i razvoja
6	Profesionalna i komercijalna infrastruktura
7	Otvorenost domaćeg tržišta
8	Fizička infrastruktura
9	Kulturne i društvene norme

Druga komponenta se odnosi na vladine poduzetničke politike te poreze i birokraciju. Sljedeća komponenta opisuje kvalitetu vladinih programa za poticanje poduzetništva. Jedna od važnih sastavnica je i poduzetničko obrazovanje unutar škola te fakulteta. Nadalje, bitna sastavnica okvira jest koeficijent transfera tehnologije. Tj. do kojeg stupnja se istraživanje i razvoj u istraživačkim centrima ili na fakultetima transformiraju u komercijalna rješenja (jako važna s aspekta inovacija). Gleda se također komercijalna i profesionalna infrastruktura (vladavina prava, pristup računovodstvenim servisima i pravnicima). Sedma komponenta odnosi se na dinamičnost tržišta, jednostavnost pristupa tržištu, regulacije tržišta itd. Osmu sastavnicu

³⁴ *National Entrepreneurship Context Index.*

predstavlja fizičku infrastrukturu kao što su ceste, prostor, Internet, itd. Zadnje komponente GEM poduzetničkog konteksta jesu društvene i kulturne norme, tj. društvena percepcija poduzetništva i poduzetnika.

Podatke o komponentama poduzetničkog okruženja popunjavaju pažljivo odabrani eksperti sa znanjem i iskustvom pojedine ekonomije, njih minimalno 36 (obično ih je više) za svaku zemlju. Anketa koju popunjavaju eksperti (NES), sastoji se od već navedenih devet dimenzija poduzetničkog konteksta. Svaka dimenzija se boduje ocjenom od 0 (apsolutno nezadovoljavajuće) do 10 (potpuno zadovoljavajuće). Nakon dodatne statističke obrade, koristeći se PCA³⁵ analizom, izračunava se kompozitni NECI indeks. Nadalje, indeks se može komparirati sa svim drugim zemljama uključenim u GEM istraživanje iz čega se mogu raspoznati ekonomije koje podupiru poduzetništvo i one u kojima je razvoj poduzetništva otežan okolnostima. Na *Grafikonu 18.* su navedeni iznosi NECI indeksa za 54 države uključene u GEM izvješće iz 2020.



Grafikon 18. - NECI indeks za 54 zemlje GEM 2020 (Bosma, Hill i dr., 2020:71)

Odnosi između NECI i TEA indeksa te razvijenosti ekonomija su kompleksni. Za očekivati je da razvijenost zemlje prati veći stupanj potpore poduzetničkim aktivnostima (poduzetničku okolinu). No rezultati upućuju na složenost ovog odnosa. Prema zadnjem GEM izvješću, među

³⁵ *Principal Component Analysis.*

10 najboljih država koji potiču poduzetništvo, dvije zemlje spadaju unutar skupine s niskim primanjima, a jedna sa srednjim primanjima. Također, kod deset zemalja s najlošijom NECI izvedbom tri zemlje su iz kategorije s visokim prihodima. Složenost odnosa poduzetničkog okruženja i poduzetničke izvedbe može se vidjeti iz usporedbe NECI i TEA indeksa. Za očekivati (intuitivno) je da je veća poduzetnička aktivnost povezana s boljim poduzetničkim kontekstom. Rezultati govore da 5 od 10 ekonomija s najboljom NECI izvedbom imaju TEA stopu ispod 10%, dok 6 od 10 ekonomija s najlošijom NECI izvedbom ima TEA stopu iznad 10%. O ovome je već bilo riječi u opisu odnosa između TEA i BDP-a.

Zemlje s niskim primanjima mogu biti uzrok i posljedica većeg stupnja poduzetničkih aktivnosti. Niski prihodi mogu uzrokovati visok stupanj poduzetničke aktivnosti (iz nužnosti). Novonastala poduzeća u takvim okolnostima obično nemaju potencijala rasta, nisko su produktivna s malom dodatnom vrijednošću (jednostavna trgovina, poljoprivreda) te su orijentirana samozapošljavanju. Profil takvih poduzeća dovoljno ne doprinosi ekonomskom rastu te pripadajuće zemlje ne ostvaruju dodatni inovacijski potencijal.

Ukoliko je uz niske prihode i poduzetničko okruženje države ne podupiruće, onda se dodatno otežava transformacija mladih poduzeća u odrasla. U takvim ekonomijama obično je omjer između ukupne poduzetničke aktivnosti u ranoj vazi (TEA) i uspostavljenih poduzeća (EBO) vrlo visok. Primjer je Puerto Rico (Bosma, Hill *i dr.*, 2020:71), gdje na svaku osobu koja je vlasnik zrelog poduzeća dolazi 10 i više poduzetnika novih poduzeća. Drugim riječima, preko 90% poduzeća ne preživi transformaciju. S druge strane, u zemljama s višim prihodima - gdje je poduzetničko okruženje podupiruće - transformacija je znatno efikasnija. Primjer takvih ekonomija su Švicarska, Nizozemska i Tajvan. U tim zemljama je EBO indeks veći od TEA indeksa. Dakle, više je odraslih poduzeća od mladih poduzeća.

U NES istraživanju eksperti su osim definiranja poduzetničkog konteksta imali zadaću da navedu tri podupiruća i otežavajuća faktora razvoja poduzetništva. Rezultati se razlikuju ovisno o profilu ekonomije, ali jedan od najčešćih ograničavajućih razloga jest nedostatak kvalitetnih vladinih poduzetničkih politika. Također, ukoliko se gleda po dimenzijama poduzetničkog konteksta (iz NECI indeksa), najslabije točke su nedostatak poduzetničkog obrazovanja i slaba

efikasnost transfera tehnologija. S druge strane, kao pozitivne stavke navode se dobra fizička infrastruktura i razvijena dinamika tržišta (Bosma, Hill *i dr.*, 2020:69).³⁶

2.2.2.4 GEM i inovativnost

Poduzetničko okruženje zajedno sa stupnjem razvijenosti ekonomije te individualnim profilima poduzetnika daje cjelovitu sliku poduzetničkih aktivnosti. GEM indikatori unutar APS i NES anketa dijele mnoge zajedničke značajke inovacijskih indeksa. Samim time, GEM projekt kvalitetno opisuje određene aspekte inovativnosti poduzeća.

Ukoliko se napravi usporedba s drugim indeksima (koji se prvenstveno bave inovativnošću), mogu se uočiti mnoge sličnosti. Takvi indeksi (poglavlje „*Inovativnost gospodarstva*“) fokusirani su na makro pokazatelje te nastoje obuhvatiti ulazne i izlazne indikatore inovativnosti. Primjer ulaznih pokazatelja su: institucije, ljudski potencijali i istraživanja, poslovna sofisticiranost, infrastruktura i sofisticiranost tržišta, a izlaznih output znanja i tehnologija i kreativni output (Cornell University, INSEAD *i dr.*, 2019). Navedeni pokazatelji ne mogu precizno opisati inovativnost na razini poduzeća, nego su više orijentirani na prikazivanje općenite slike inovacijskog okruženja i inovacijskih rezultata ekonomije.

GEM istraživanje u sebi ima mnoge komponente povezane s inovativnošću. Uz pokazatelje koji određuju poduzetničko i inovacijsko okruženje, također uključuje i podatke o inovativnosti na mikro razini poduzeća.

NES dio istraživanja (preko kojeg se konstruira NECI indeks) opisuje poduzetničko i inovativno okruženje u GEM-u. U nastavku će biti napravljena kratka usporedba s drugim istraživanjima.

Kod *Globalnog indeksa inovativnosti* može se vidjeti da postoji direktno preklapanje čak u četiri od sedam stupova inovativnosti: institucije, infrastruktura, sofisticiranost tržišta, istraživanje i resursi. Nadalje, kod *Međunarodnog indeksa inovativnosti* pet od sedam glavnih komponenti imaju značajne sličnosti: fiskalna politika (porezi, subvencije), ostale politike (obrazovna, trgovinska, propisi, infrastruktura), inovacijsko okruženje (poslovna klima, infrastruktura, obrazovanje) i I&R (investicije, transfer znanja, komercijalizacija inovacije).

³⁶ Ovi podaci se odnose na sve države uključene u istraživanje. Kasnije u poglavlju biti će detaljnije opisan nacionalni profil Republike Hrvatske.

Europska ljestvica uspjeha u inoviranju također ima nekolicinu komponenti i indikatora sličnih GEM okviru. Komponente kao što su inovacijsko okruženje, penetracija širokopojasne mreže, poduzetništvo potaknuto prilikama, inovacije proizvoda i usluga, sufinanciranje I&R-a, ulaganja rizičnog kapitala, ukupna poduzetnička aktivnost, poduzetničko obrazovanje i drugo. *Regionalni inovacijski indeks (RIS)* koristi konstrukte *Europske ljestvice uspjeha u inovacijama*, stoga su sličnosti s GEM-om već navedene.

Što se tiče APS (GEM) istraživanja o inovativnosti, mogu se izdvojiti sljedeće sastavnice (Bosma, Hill *i dr.*, 2020):

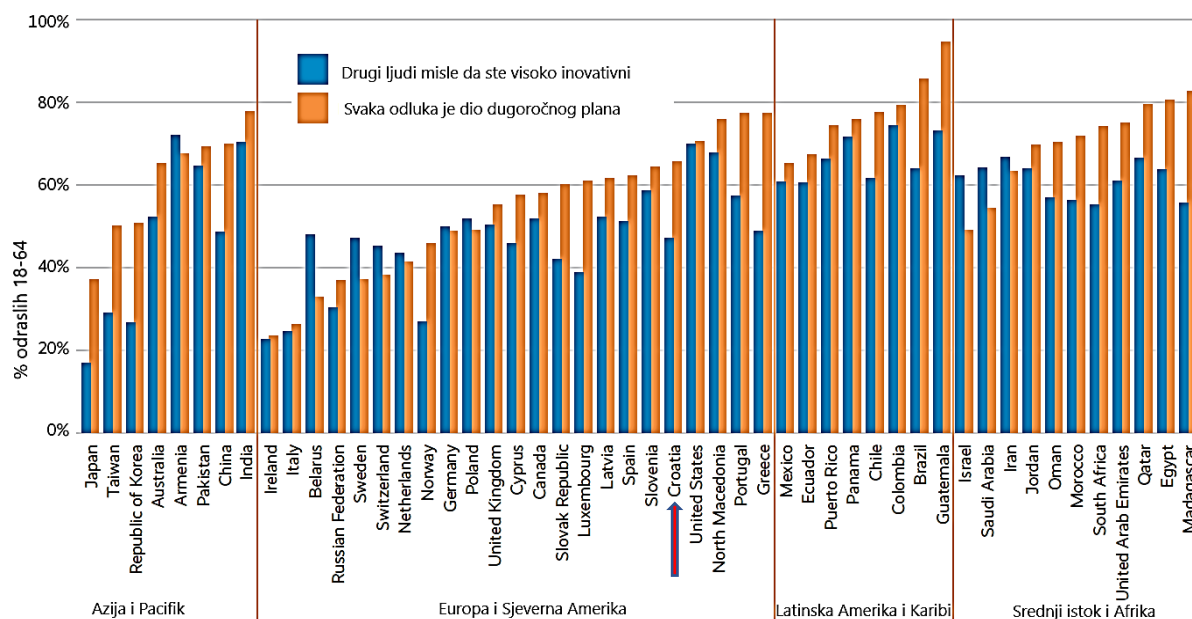
- Inovacijski kapacitet: procjena inovativnosti poduzetnika
- Potencijal rasta: procjena novih zapošljavanja
- Inovacije proizvoda i usluga
- Inovacije procesa i tehnologije
- Internacionalizacija poduzeća s prihodima iznad 25% iz inozemstva
- Područje djelovanja: lokalno, nacionalno, međunarodno
- Neformalno investiranje

Komponente: inovacije proizvoda, usluga, procesa i tehnologije kao i inovacijski kapacitet i potencijal rasta, direktno su povezane s inovativnošću poduzeća. Internacionalizacija i domet tržišta su povezani s konkurentnošću, produktivnošću pa stoga i s inovacijama. Inovativni proizvodi povećavaju produktivnost i traže nova tržišta, a time se povećava vjerojatnost izlaska na međunarodno tržište (Cassiman i Golovko, 2011). Prisustvo na međunarodnim tržištima traži od poduzeća da budu konkurentnija, što s druge strane potiče inovativnost. (Filippetti, Frenz *i dr.*, 2011).

Unutar APS upitnika postoji nekolicina pitanja čiji su odgovori bazirani na samoprocjeni ispitanika. Pokazatelji o direktnoj ili indirektnoj samoprocjeni u sebi nose određeni stupanj nepreciznosti. Navedena pitanja su povezana sa osobnom procjenom individualnih atributa kao što su proaktivnost, vizija, motivacija, oportunizam, sposobnost itd. Međutim, takvim pristupom moguće je dohvatiti informacije inače nedostupne iz tipičnih kvantitativnih izvora.

Jedan od pokazatelja samoprocjene direktno povezanih s inovacijama jest procjena inovacijskog kapaciteta poduzeća. Indikatorom se mjeri samoprocjena inovacijske sposobnosti putem projekcije mišljenja drugih osoba. Ovaj pokazatelj znatno varira između pojedinih država i regija.

Kao što se može vidjeti iz *Grafikona 19.*, prosječna stopa samoprocjene inovacijske sposobnosti (kapaciteta) je posebno visoka u Latinskoj Americi te Bliskom istoku, a niska u Japanu, Irskoj, Italiji, itd. Na slici je također prikazan indikator vizije, tj. donošenja odluka sukladno dugoročnim planovima. Između te dvije samoprocjene postoji korelacija.



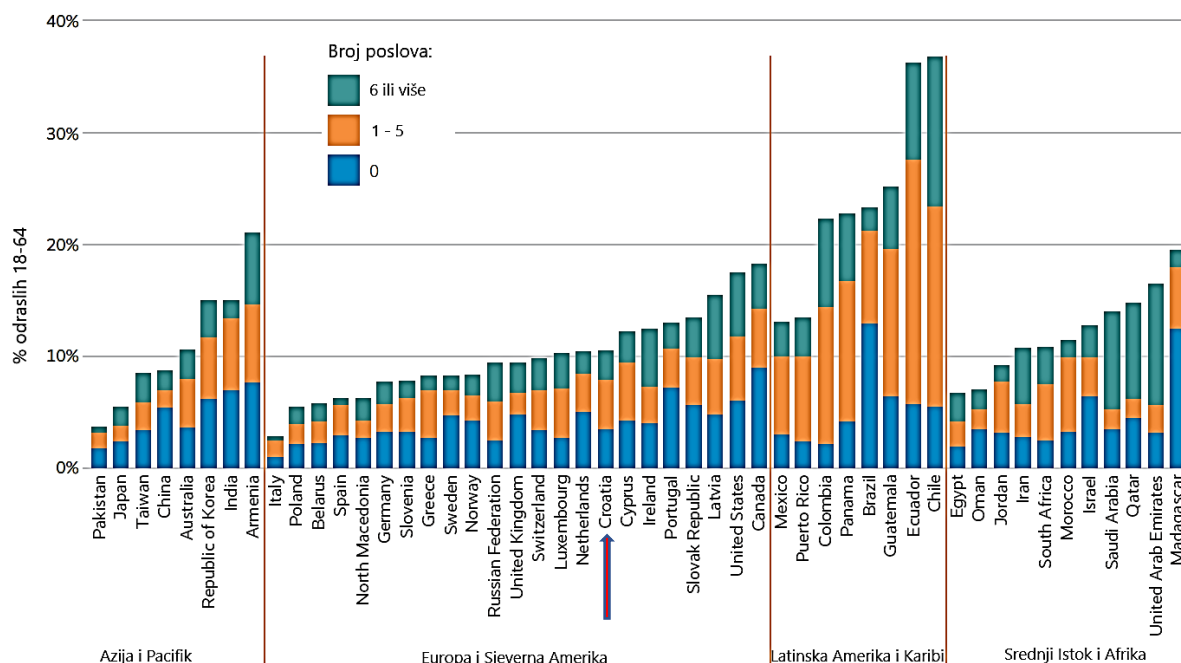
Grafikon 19. - Samoprocjena inovativnog kapaciteta i vizije (Bosma, Hill i dr., 2020:34)

Inovativnost i rast poduzeća su usko povezani. Rast poduzeća uvjetovan je širenjem tržišta i internacionalizacijom, što se reflektira kroz povećanje prodaje, prihoda, broja klijenata te novim zaposlenjima. Kako bi se osigurala konkurentnost na novim tržištima, potrebno je kontinuirano unaprjeđivati inovativnost plasiranih proizvoda. Rast poduzeća se može promatrati kroz nekoliko dimenzija, rast prihoda, povećanje broja zaposlenih i klijenata te kroz širenje tržišta. Ukoliko se promatra rast zaposlenih (kao kriterij rasta poduzeća), istraživanja govore da postoji direktna povezanost rasta poduzeća i inovativnosti³⁷. Na primjer, De Elejalde, Giuliadori i dr. (2015) su dokazali da inovacije proizvoda i usluga pozitivno utječu na rast broja zaposlenih, dok inovacija procesa nema jasnu vezu.

Stoga, drugi indikator ASP-a povezan s inovativnošću jest procjena rasta u vidu novih zapošljavanja u periodu od narednih pet godina. Odnosi se na vlasnike mladih poduzeća te očekivanja budućeg rasta broja zaposlenih u tri kategorije. Procjene da neće biti novih

³⁷ Posebno je navedena dimenzija rasta poduzeća po broju zaposlenika, jer je predmet analize APS ankete.

zapošljavanja, da će ih biti između 1 i 5, te više od 6. Podaci upućuju da u svim ekonomijama se procjenjuje rast zaposlenika. Procjene zapošljavanja kod mladih poduzeća su prezentirane su na *Grafikonu 20*.



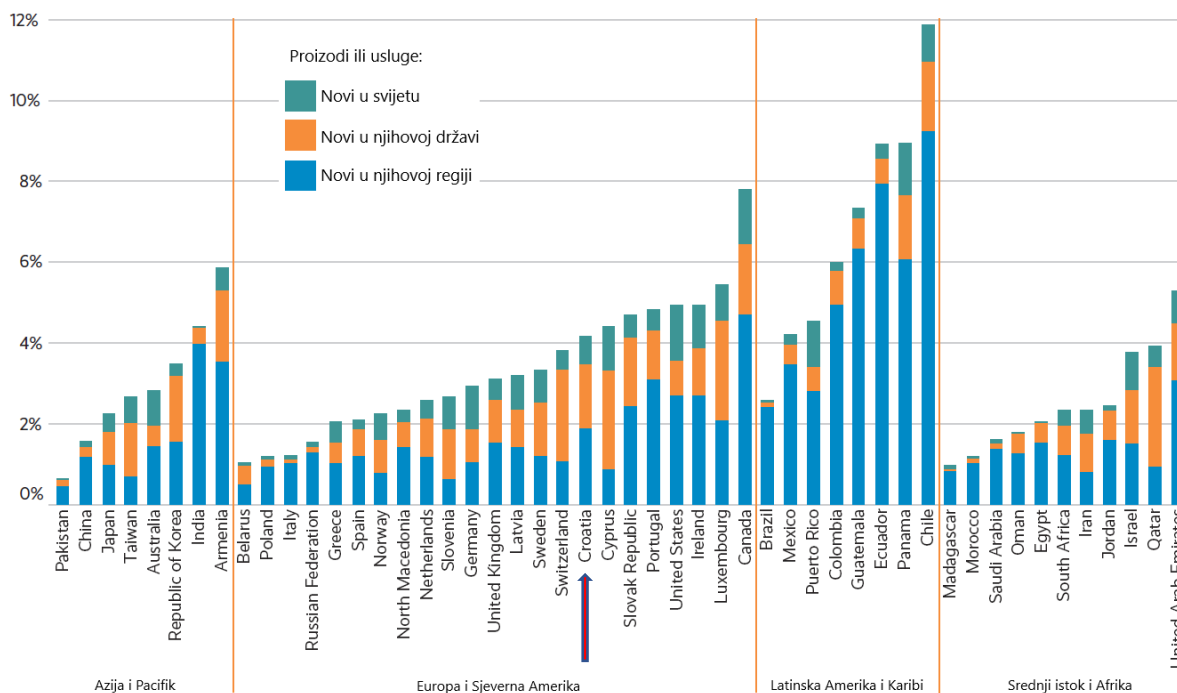
Grafikon 20. - Očekivanja rasta novozaposlenih kod mladih poduzeća (Bosma, Hill i dr., 2020:49)

Postoje velike varijacije između ekonomija i regija. Recimo, na primjeru Italije čiji poduzetnici procjenjuju rast od svega 3%, dok Čile i Gvatemala procjenjuju rast od preko 35%. Važan podatak jest procjena rasta iznad 6 zaposlenika, što indicira da takva poduzeća mogu postati brzo rastuća. Brzorastuća poduzeća su u pravilu visoko inovativna i sklona su izlasku na međunarodna tržišta. Također, visoke procjene novih zapošljavanja idu u prilog da će se takva poduzeća transformirati iz mladih u odrasla poduzeća.

Poduzeća koja mogu ostvariti značajan porast zaposlenih u kombinaciji s internacionalizacijom, (tj. udjelom prihoda iz inozemstva većom od 25%) ostavljaju prostor za daljnji snažan rast.

Što se tiče ispitivanja direktne povezanosti s inovativnosti, GEM anketa promatra odvojeno inovativnost proizvoda, usluga, procesa i tehnologije. Inovacije su kategorizirane s obzirom na domet tržišta, tj. uz ukupnu inovativnost, promatra se i tržište na koje se inovativni produkti plasiraju te na kojem poduzeća djeluju (lokalno, nacionalno ili međunarodno). Kao što je već opisano, udio prisustva na međunarodnom tržištu pozitivno utječe na inovativnost. Zato, najpoticajnija kombinacija su inovativna poduzeća (poduzeća s inovativnim produktima) dominantno prisutna na međunarodnim tržištima.

Na *Grafikonu 21.* prikazan je udio poduzetnika mladih poduzeća koji su uveli na tržište proizvod ili uslugu za lokalno, nacionalno ili međunarodno tržište. Vidljivo je da manjinski udio novih poduzeća zapravo uvodi inovaciju i/ili ju plasira na tržište. A kada bi se usporedili brojevi, od ukupnog broja novih poduzeća, ta brojka je u prosjeku ispod 50%, no također znatno varira.



Grafikon 21. - Udio inovativnih poduzeća (Bosma, Hill i dr., 2020:52)

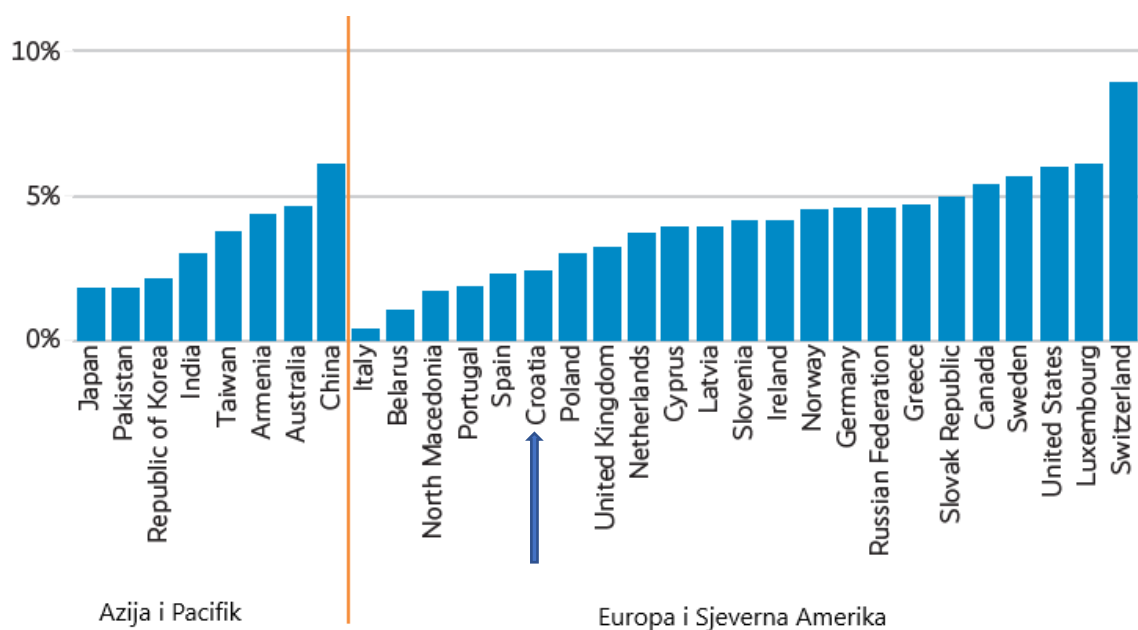
Na primjer, dok je udio inovativnih poduzeća na lokalnom tržištu za Madagaskar 5%, na drugoj su strani Italija i Kanada s udjelom od 40%. Iz prikazanih podataka, mogu se vidjeti udjeli inovativnih poduzeća na lokalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini. Najmanja zastupljenost jest broj inovativnih poduzeća s razvijenom inovacijom proizvoda, usluge, procesa ili tehnologije na globalnoj sceni. Samo za sedam ekonomija udio se kreće oko 1% (Kanada, SAD, Panama, Njemačka, Irska, Cipar, Porto Rico), dok je kod ostalih ekonomija taj broj znatno manji. Primjerice, kod šest država (Brazil, Indija, Pakistan, Oman, Bjelorusija i Maroko) nitko unutar uzorka ispitanika se nije očitovao kao vlasnik poduzeća koje je uvelo inovaciju na svjetskoj razini.

Prisutnost inovativnog poduzeća na globalnoj razini, zajedno s plasmanom proizvoda međunarodnim klijentima, značajno povećavaju vjerojatnost budućeg rasta broja zaposlenih.

Zadnji prikazani pokazatelj indirektno povezan s inovativnošću jest neformalno financiranje. Neformalna ulaganja se odnose na financiranje poduzeća u ranoj fazi od strane obitelji,

prijatelja, poslovnih anđela³⁸ ili trećih strana. Takva financiranja nisu provedena putem financijskih ustanova, banaka ili burzi. Ova ulaganja često se događaju na marginama poduzetničkih aktivnosti kada poslovne ideje još nisu do kraja razvijene ili se nalaze tek u početnoj idejnoj fazi. U toj fazi poduzeća često nisu niti formalno registrirana. Za mnoge poduzetnike početnike neformalni način je često i jedini mogući način financiranja. Zbog toga neformalni kanali financiranja determiniraju važnu kariku u stvaranju novih poduzeća i česta su praksa kod razvijenijih ekonomija. U kontekstu poduzeća u nastajanju, neformalno financiranje u posljednje vrijeme je popularizirano, napose kod visoko inovativnih *startup* poduzeća posredstvom poslovnih anđela. Poslovni anđeli obično traže visoko inovativne, potencijalne i skalabilne projekte orijentirane prema svjetskom tržištu.

No gledajući i šire, dokazano je da su države s višim udjelom neformalnih investicija povezane s višim stupnjem ekonomskog razvoja, višim stupnjem poduzetničkog obrazovanja te nižim porezima na dohodak. (Szerb, Terjesen i dr., 2007).



Grafikon 22. - Udio neformalnih investicija po državama (Bosma, Hill i dr., 2020:63)

Unutar APS istraživanja promatra se udio ispitanika koji su sudjelovali u bilo kojem obliku neformalnog investiranja te su rezultati prikazani na *Grafikonu 22*.

Na grafikonu su prikazani udjeli neformalnih investicija za nekoliko država (Europa, Amerika i Azija), a uočljiva je velika razlika između pojedinih ekonomija. Od navedenih država Italija se ističe po najmanjem udjelu osoba koje su sudjelovale u investiranju (0,4%), a s druge strane

³⁸ Kod poslovnih anđela, financiranje se često formalizira.

je Švicarska s udjelom investiranih od oko 9%³⁹. Također, na grafu su visoko pozicionirane države: Luksemburg, SAD, Kina, Švedska i Kanada. Potvrda prethodne teze da i kod ekonomski razvijenih ekonomija postoji visok stupanj neformalnog investiranja. K tome, mogu se uočiti i određene poveznice po stopi učestalosti⁴⁰, tj. povezanosti između veličine prihoda ekonomije i razine neformalnog investiranja, a što se slaže sa istraživanjima (Szerb, Terjesen i dr., 2007).

Visoke stope neformalnih financiranja u razvijenim zemljama mogu dati kontra intuitivni dojam, što je u suprotnosti s drugim neformalnim poduzetničkim aktivnostima (na primjer zapošljavanje).

Zemlje s niskim prihodima imaju znatno veću stopu formalno ne prijavljenih poduzetničkih aktivnosti - od zapošljavanja, vođenja poslovanja i ostalo. Sukladno tome, očekivano je da i neformalne investicije - kao dio korpusa svih neformalnih aktivnosti - budu izraženije u takvim ekonomijama.

Dok s druge strane, zemlje s visokim prihodima obično imaju znatno manju stopu neformalnih poduzetničkih aktivnosti te bi bilo za očekivati da je to slučaj i kod investiranja. S tim više, u razvijenim zemljama (kao što je na primjer Švicarska) obično je razvijen ekosustav poduzetničkog financiranja u ranoj fazi kroz fondove rizičnog kapitala, subvencije, vladine mjere, skupno financiranje (*engl. crowdfunding*) itd.

Objašnjenje za takav rezultat može biti u tome da kod razvijenih zemalja postoji višak kapitala kod fizičkih osoba. Nadalje, prosječno je veća stopa financijskog i poduzetničkog obrazovanja te osim financijske pomoći, savjetima i mentorstvom mogu doprinijeti razvoju poduzeća.

³⁹ Na grafikonu nisu prikazani rezultati za Latinsku Ameriku i Srednji istok gdje se nalaze ostale ekonomije. Neke od tih su veće od prikazanih.

⁴⁰ Također, dobro je naglasiti da Grafikon 22. ne prikazuje prosječni iznos financiranja nego učestalost investiranja, neovisno o iznosu.

2.2.2.5 GEM Hrvatska

Centar za politiku razvoja malih i srednjih poduzeća i poduzetništva (Singer, Šarlija i dr., 2017) zajedno s Ekonomskim fakultetom u Osijeku uz podršku Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja provodi GEM istraživanja od 2002. godine.

Veličina uzorka ispitanika APS ankete iznosi minimalno 2000 kroz sve godine, a utvrđuje se slučajnim odabirom odraslih osoba (između 18 i 64 godine). Uzorak je stratificiran prema raznim kriterijima (spol, dob, regija itd.) sukladno GEM metodologiji. Također se provodi anketiranje eksperata (NES anketa - njih minimalno 36) koji su odabrani temeljem reputacije i iskustva. U Hrvatskoj je do sada ukupno anketirano oko 35.000 odraslih osoba i 400 stručnjaka. (Singer, Šarlija i dr., 2017:19)

Indikatori GEM APS ankete za Republiku Hrvatsku iz 2019/2020. godinu prikazani su u *Tablici 7. - GEM APS izvješće za RH*. U tablici je navedena nekolicina odabranih atributa i poduzetničkih aktivnosti⁴¹ koji reprezentativno predstavljaju ključne elemente istraživanja.

Tablica 7. - GEM APS izvješće za RH (Bosma, Hill i dr., 2020:100)

Stavovi i percepcija	%	Rang	Motivacija	%	Rang
Poznavanje nekog tko je pokrenuo posao	66,2	7	Napraviti promjenu	35,1	38
Prepoznata prilika za pokretanje posla	55,7	21	Steći bogatstvo	49,1	31
Jednostavnost pokretanja posla	33,8	40	Obiteljska Tradicija	35,6	20
Samoprocjena sposobnosti i znanja	71,2	10	Poduzetništvo iz nužnosti	74,0	18
Strah od neuspjeha	50,7	8			
Poduzetničke namjere	20,6	25			
Poduzetničke aktivnosti	%	Rang	Poduzetnički utjecaj	%	Rang
TEA	10,5	27	Očekivanja zapošljavanja (6+)	2,6	26
EBO	3,6	43	Internacionalizacija (25% + prihoda)	2,3	10
Poduzetnička aktivnost zaposlenika	5,9	11	Domaće tržište (proizvodi/usluge i klijenti)	2,5	10
			Globalno tržište (proizvodi/usluge i klijenti)	0,5	16

Rezultati navedenih pokazatelja se mijenjaju kroz godine, međutim istraživanja pokazuju da postoji određen kontinuitet koji ukazuje na dobre i loše strane poduzetničkog ekosustava. Iz *Tablice 7.* se mogu vidjeti određena odstupanja od prosjeka.

⁴¹ Cjelokupan popis svih atributa sa pripadajućim vrijednostima se nalazi u izvješću Bosma, N., Hill, S., Ionescu-Somers, A., Kelley, D., Levie, J. i Tarnawa, A. 2020. GEM Global Report 2019/2020.

Zanimljivo je uočiti da 2/3 ispitanika poznaje nekoga tko je angažiran u pokretanju poduzeća te se Hrvatska s tim rezultatom nalazi na visokom sedmom mjestu od pedeset zemalja uključenih u APS istraživanje.

S druge strane, ukupna poduzetnička aktivnost u ranoj fazi se nalazi na razini od 10,5%, što je rezultat veći od prethodnih godina kada se taj broj kretao oko 8%⁴², ali se i dalje nalazi unutar prosjeka.

Iznadprosječno velik broj osoba u RH koji se izjašnjavaju da imaju poznanstva s poduzetnicima mladih poduzeća (67%) te visoka vrijednost TEA pokazatelja (10,5%) može upućivati na bolju povezanost (umreženost) pojedinaca unutar društva. Za očekivati je da su navedeni pokazatelji u pozitivnom međuočnosu.

Iz izvješća za RH može se uočiti da je strah od neuspjeha ocjenjen s vrlo visokom ocjenom te se nalazi na osmom mjestu. Mjeri se s udjelom pojedinaca koji uočavaju dobru poslovnu priliku, ali je ne žele realizirati zbog straha od neuspjeha. Strah se može povezati s načinom na kojeg društvo percipira poduzetnike, tj. njihov uspjeh i neuspjeh (u RH je ekstremno niska percepcija kulturnih i društvenih poduzetničkih normi).

Komponenta poduzetničkih stavova o jednostavnosti pokretanja poslovnog poduhvata za Hrvatsku je iznimno loša i svrstana je među 20% država s najlošijom izvedbom. No, zanimljiv je podatak da se samoprocjena pojedinaca o posjedovanju potrebitih poduzetničkih znanja i vještina za pokretanje poslovnog poduhvata nalazi na visokom 10 mjestu (među prvih 20% ispitanih ekonomija).

Što se tiče skupa indikatora poduzetničkog utjecaja, Hrvatska se nalazi u gornjem spektru (među prvih 20% zemalja) u sljedećim stavkama: udio TEA indeksa u uslužnim djelatnostima (7. mjesto), internacionalizacija (10. mjesto) te udio korisnika i novih proizvoda na domaćem tržištu (10. mjesto).

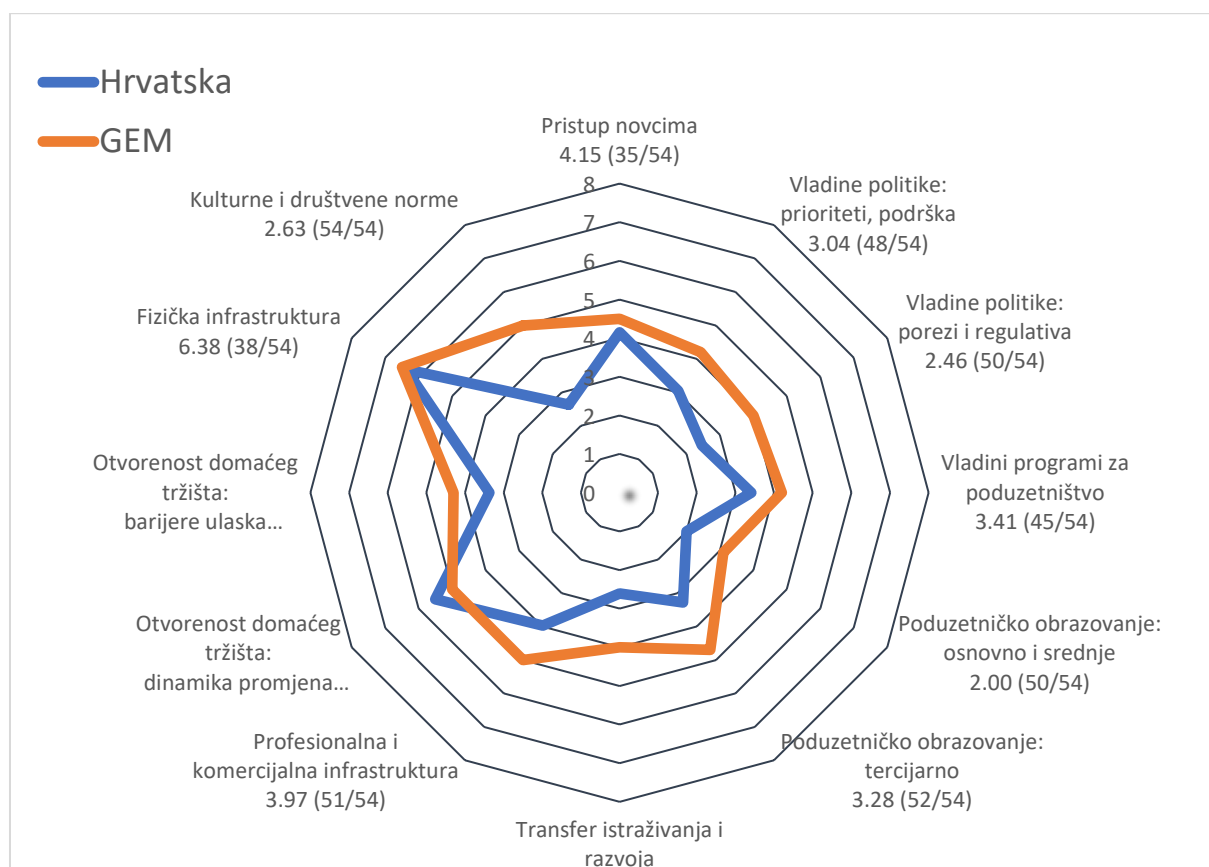
Udio uslužnih djelatnosti unutar poduzetničkih aktivnosti je očekivan s obzirom na trenutnu strukturu hrvatske ekonomije orijentirane prema turizmu. Internacionalizacija (udio izvoza preko 25%) može upućivati na nove trendove u ostalim granama industrije.

⁴² U zadnjih nekoliko godina TEA pokazuje blagi rast.

Još jedna vidljiva pozitivna stavka jest poduzetnička aktivnost zaposlenika što upućuje na skrivene potencijale zaposlenika u Hrvatskoj koje je moguće iskoristiti.

Sve od navedenog (motivacija, percepcija, utjecaj i aktivnosti) ukazuje da postoji značajan prostor za napredak, osobito u onim stavkama gdje Hrvatska značajno zaostaje za prosjekom. Percepciju i motivaciju je moguće oblikovati pravilnom poduzetničkom edukacijom, poduzetničke aktivnosti i utjecaje osiguravanjem zdravog poduzetničkog ekosustava koji podupire, a ne guši poduzetništvo i trenutno predstavlja najslabiju kariku.

Poduzetničko okruženje ocjenjuju eksperti putem NES ankete te rezultati prikazani na *Grafikonu 23*. Hrvatska je po NECI kompozitnom indeksu ekonomskog okruženja na 50. od 54⁴³ mjesta te gotovo u svim dimenzijama ostvaruje ekstremno loš rezultat.



Grafikon 23. - Poduzetničko okruženje Republike Hrvatske (Bosma, Hill i dr., 2020:100)

Najgora izvedba je u već spomenutom indikatoru „socijalnih i kulturnih normi“, a odnosi se na društveni status i percepciju poduzetnika. Govori o tome koliko država podupire ili guši poduzetništvo, dostupnost mentora i poduzetničkih uzora te kakva je društvena klima za

⁴³ U NES istraživanje, uključene su dodatno još četiri ekonomije (Bugarska, Paragvaj, Tajland i Indonezija).

preuzimanje rizika. Hrvatska se po tom pitanju nalazi na zadnjem mjestu između svih zemalja uključenih u studiju.

Također, iznimno loše rezultate predstavljaju komponente transfera tehnologija, poduzetničkog obrazovanja, vladinih politika, birokracije, poreza te pravne infrastrukture.

Od svih NECI sastavnica, najbolje je ocjenjena komponenta dinamike domaćeg tržišta (20/54) te fizička infrastruktura (38/54). Na *Grafikonu 23.* plavom su linijom prikazane vrijednosti GEM prosjeka za pojedinu dimenziju.

Iz svega navedenog može se zaključiti da poduzetničko okruženje definira jedan od ključnih ograničavajućih faktora i usko grlo razvoja poduzetništva u Hrvatskoj. Samim time nisu dovoljno iskorišteni postojeći poduzetnički kapaciteti, niti je stvorena zdrava podloga za stvaranje i privlačenje novih poslovnih poduhvata.

2.2.2.5.1 Poduzetnička aktivnost i Republika Hrvatska

Ukupna poduzetnička aktivnost rane faze dobar je pokazatelj poduzetničke dinamike i povezana je s mnogim drugim gospodarskim aktivnostima. Odnosi se na mlada poduzeća (do 3,5 godine starosti) koja obično sa sobom donose nove proizvode i usluge (često inovativne) te samim time doprinose razvoju produktivnosti i konkurentnosti poduzeća. U Hrvatskoj TEA pokazatelj varira, no u posljednjih nekoliko godina bilježi blagi rast što je prikazano u *Tablici 8.*

Tablica 8. - TEA za Hrvatsku u razdoblju 2015.-2019. (Bosma, Hill i dr., 2020; Singer, Šarlija i dr., 2017)

Godina	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
TEA	7,7	8,4	8,9	9,6	10,5

Kako je već diskutirano, TEA ne predstavlja indikator razvijenosti zemlje te obično ekonomije s nižim prihodima pokazuju veće TEA stope i obrnuto⁴⁴. Zorniji pokazatelj razvijenosti poduzetništva predstavlja udio odraslih tvrtki (EBO), dakle udio poduzeća koja su „preživjela“ do zrele faze (poduzeća starija od 42 mjeseca).

Također, niti visoka razina odraslih poduzeća (Singer, Šarlija i dr., 2017:31) nije jamstvo razvijenosti gospodarstva. Razvoj ekonomije prvenstveno ovisi o kapacitetu stvaranja novih

⁴⁴ Opisano u poglavlju: „Ukupna poduzetnička aktivnost u ranoj fazi (TEA)“.

vrijednosti, tehnološkoj opremljenosti, produktivnosti, inovativnom potencijalu te poduzećima orijentiranim na rast i razvoj.

EBO vrijednost za Hrvatsku (2019.) iznosi 3,6% te je zabilježen pad nakon višegodišnjeg rasta u posljednjih nekoliko godina, što je navedeno u *Tablici 9*. Navedene vrijednosti su značajno ispod EU prosjeka, koji se kreće oko 7%.

Tablica 9. - EBO za Hrvatsku u razdoblju 2015.-2019. (Bosma, Hill i dr., 2020; Singer, Šarlija i dr., 2017)

Godina	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
EBO	2,8	4,2	4,4	4,2	3,6

Često se prikazuje omjer TEA/EBO, a interpretira se kao kapacitet obnavljanja poduzetničke strukture. Poduzetnička struktura predstavlja cjelokupnu sliku poduzetništva, tj. cikluse od stvaranja novih poduzeća i odrastanja te u konačnici do gašenja poduzeća i ponovnog procesa osnivanja novih poduzeća.

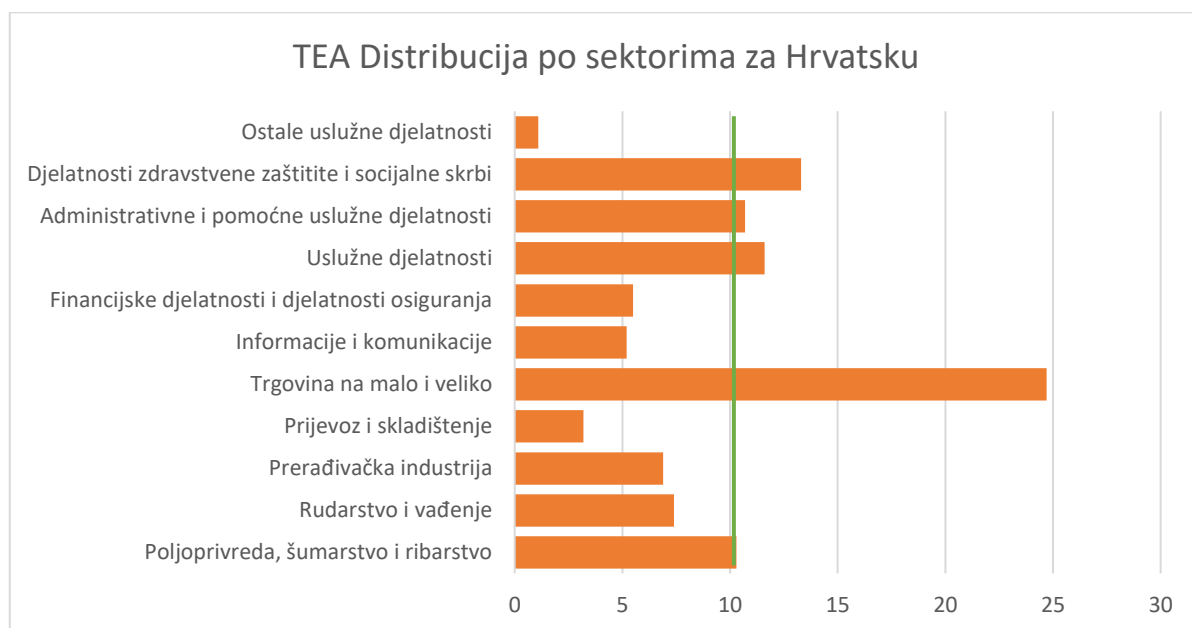
Iz prethodnih iskaza se može zaključiti da ne postoji savršeni omjer, nego je on uvjetovan drugim kvalitativnim i kvantitativnim faktorima kao što su motivacija ulaska u posao, potencijal rasta, inovacijski kapacitet, tehnološka spremnost poduzeća i dr.

Motivacija ulaska u poslovni pothvat radi prilike i potencijal za rast poduzeća, zajedno s adekvatnim stopama poduzetničkih aktivnosti (TEA, EBO, EEA⁴⁵) mogu prikazati jasniji odnos poduzetništva i gospodarskog razvoja.

Na primjer, ukoliko se vrijednosti poduzetničkih aktivnosti prilagode motivaciji (motivacija ulaska radi prilike / motivacija ulaska iz nužnosti) te se napravi dodatna komparacija sa zrelim poduzećima, dobivaju se drugačiji rezultati koji su za Hrvatsku (očekivano) znatno niži od prosjeka.

⁴⁵ *Employee Entrepreneurial Activity (EEA).*

Sama struktura mladih poduzeća (sastavnice TEA indeksa) predložena je *Grafikonom 24*. Zelena linija predstavlja TEA za Hrvatsku (2019.). Postoji velika razlika poduzetničkih aktivnosti između poslovnih sektora. Uslužni sektor se nalazi u prosjeku TEA-e, osim komponente osobnih usluga (frizerski saloni, osobna skrb, saloni za uljepšavanje, praonice itd.) čija je vrijednosti (1,1%) preko 9,5 puta manja od hrvatskog prosjeka. Mogući razlozi jesu zasićenje sektora te iseljavanje stanovništva.



Grafikon 24. - Distribucija TEA aktivnosti prema sektorima za RH (izradio autor prema (Bosma, Hill i dr., 2020:210 - 213))

Kontrakcija poduzetničke aktivnosti u ranoj fazi vidljiva kod financijskog sektora (5,5%), informatičkog sektora (5,2%), prerađivačkog sektora (6,9%), transporta (3,2%) te rudarskog sektora (7,4%). Najveća TEA ekspanzija zabilježena je kod trgovačkog sektora (24,7%) te značajno podiže prosjek. Stoga, kada bi se promatrao medijan kao srednja vrijednost, iznos TEA za Hrvatsku iznosio bi 7,4%.

Vidljivo je da udio novih visoko inovativnih tehnoloških poduzeća - koja se prvenstveno nalaze u sektoru informacijske i komunikacijske tehnologije - bilježi kontrakciju te je njihov broj skoro 2 puta manji od Hrvatskog prosjeka. Dok s druge strane spektra se nalazi trgovački sektor - inače prvenstveno orijentiran prema uvozu - te ne posjeduje veći inovacijski potencijal niti predstavlja značajnu komponentu konkurentnosti gospodarstva.

Motivacijski faktori za GEM izvještaj 2019. opširnije su opisani. Osim osnovnih motiva uključene su i druge stavke motivacije ulaska u posao, kao što su motivacija za stjecanje bogatstva, motivacija da se napravi promjena, nastavak obiteljskog poslovanja te motivacija zarađivanja za život (iz nužnosti).

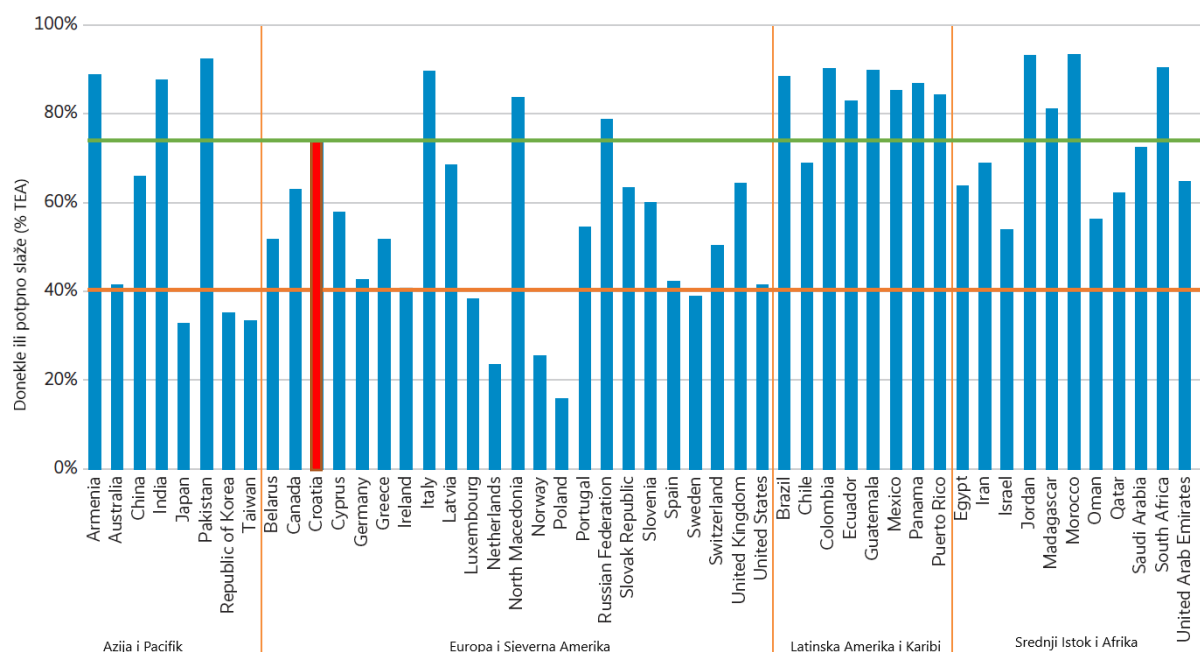
Motivacijska struktura za Republiku Hrvatsku (2019.) je prezentirana u *Tablici 10*. Kako se ovdje ne radi o dihotomiji (mogućnost izbora između dvije mogućnosti), ispitaniku je dana mogućnost da bira između više izbora (ispitanik se slaže, malo se slaže, u potpunosti se slaže), stoga je moguće da je ukupni zbroj svih motivacijskih komponenti veći od 100%. No, detaljnija raščlamba motivacijskog indeksa otvara prostora za nova istraživanja. Istraživanja mogu uključivati omjere svih navedenih komponenti te analizu složenih struktura motivacije.

Tablica 10. - Motivacija pokretanja poduzeća (Bosma, Hill i dr., 2020:100)

Motivacija				
<i>(donekle ili u potpunosti se slažem)</i>				
	% TEA	Rang/50	% ženski TEA	% muški TEA
Ostaviti trag u svijetu	35.1	38	37.1	33.9
Obogatiti se	49.1	31	40.3	54.6
Nastaviti obiteljsku tradiciju	35.6	20	30.0	39.1
Zaraditi za život	74.0	18	72.8	74.7

Nizak udio poduzetnika s motivacijom nužnosti, dobar je indikator razvijenosti društva. Za Republiku Hrvatsku motivacija ulaska u posao iz nužnosti je godinama vrlo visoka (dva puta viša od prosjeka EU).

Na *Grafikonu 25.* je predočena usporedba motivacije otvaranja poduzeća iz nužnosti sa ostalim zemljama uključenim u istraživanje. Narančastom horizontalnom crtom označena je razina od 40%. Može se uočiti da zemlje Latinske Amerike, Bliskog istoga i Afrike sve redom imaju motivaciju iz nužnosti iznad navedene granice. Razvijene zemlje s visokim prihodima (ekonomije zasnovane na inovacijama) Europe i Azije kao što su Nizozemska, Luksemburg, Švedska, UK, Švicarska, Njemačka, Australija, Japan i Južna Koreja imaju udio poduzetnika s motivacijom ulaska u posao iz nužnosti oko ili ispod razine od 40%. Po tom kriteriju Hrvatska se svrstava na samo začelje ljestvice.



Grafikon 25. - Motivacija pokretanja posla iz nužnosti (Bosma, Hill i dr., 2020:46)

Unutar Europske unije, Hrvatska s udjelom od 74% novih poduzeća s motivacijom iz potrebe (zelena horizontalna linija na *Grafikonu 25.*) nalazi se jedino iza Italije.

I treći parametar koji opisuje poduzetničke aktivnosti jest poduzetnička aktivnost zaposlenika (EEA). Definira se kao udio odrasle populacije (18-64) zaposlenika koji su na bilo koji način sudjelovali u poduzetničkom poduhvatu. To su aktivnosti (u razdoblju od posljednjih tri godine) poput razvoja ili lansiranja novog proizvoda i/ili usluge, uspostavljanje nove poslovne jedinice ili podružnice i sl. EEA predstavlja skrivenu komponentu poduzetničkog kapaciteta koju je moguće transformirati i ostvariti u puni potencijal.

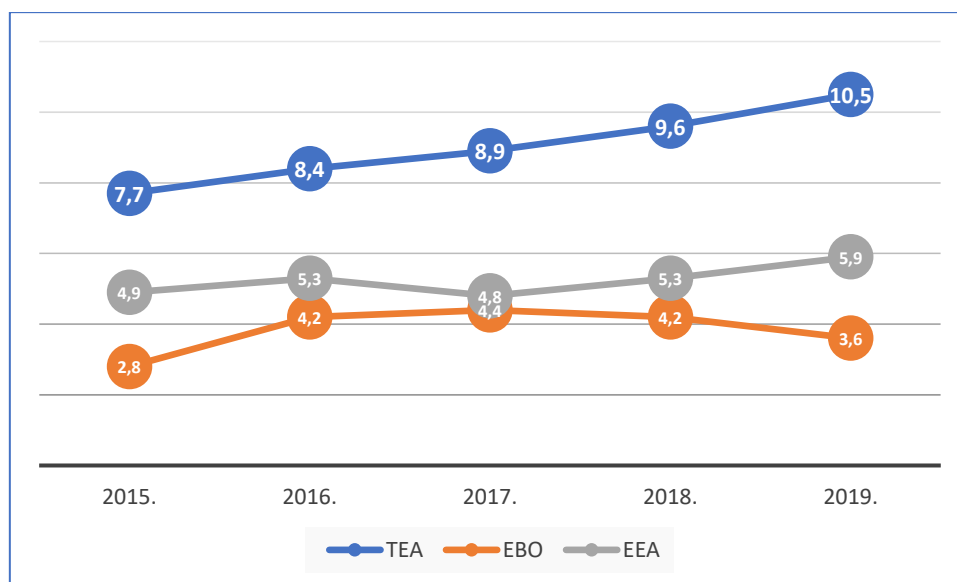
Hrvatska kontinuirao ima relativno visoke vrijednosti za ovaj indikator, a vrijednosti u razdoblju zadnjih nekoliko godina su navedene u *Tablici 11*. Hrvatska se nalazi među prvih 20% zemalja po izvedbi ovog indikatora.

Apsolutna vrijednost EEA za 2019. iznosi 5,9 što se uklapa u prosjek od prethodnih godina. U izvještaju za 2019./2020. uvedena je drugačija metodologija prikazivanja rezultata (ne samo za Hrvatsku). Naime, poduzetnička aktivnost zaposlenika podijeljena je na dva dijela: na aktivnosti zaposlenika koji ne participiraju u vlasništvu te na zaposlenike koji sudjeluju djelom u vlasničkoj strukturi poduzeća („sponsored“).

Tablica 11. - EEA za Hrvatsku u razdoblju 2015.-2019. (Kelley, Singer i dr. (2016), Herrington, Kew i dr. (2017), Monitor-GEM (2018), (Monitor, 2018))

Godina	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
EEA	4,9	5,3	4,8	5,3	5,9

Trendovi i vrijednosti za TEA, EBO i EEA kroz petogodišnje razdoblje prikazani su na Grafikonu 26 .



Grafikon 26. - Odnos TEA, EBO i EEA (izradio autor prema (Kelley, Singer i dr. (2016), Herrington, Kew i dr. (2017), Monitor-GEM (2018), (Monitor, 2018))

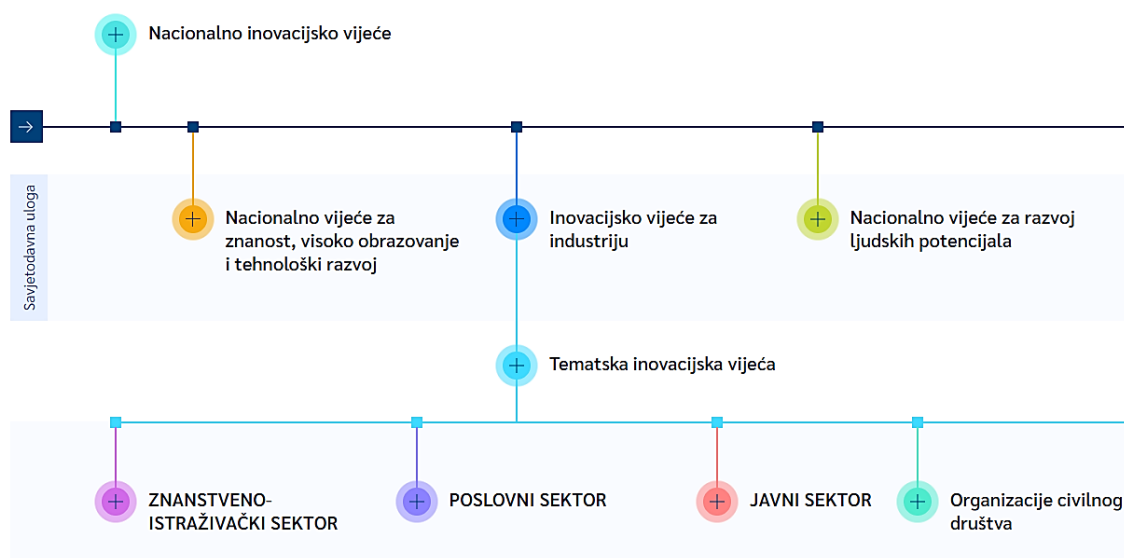
2.3 Hrvatska inovacijska politika

2.3.1 Nacionalni inovacijski ekosustav

Hrvatski inovacijski sustav se sastoji od brojnih institucija povezanih s inovacijskim aktivnostima i procesima. Uključuje sveučilišta, visokoškolske ustanove, razne znanstvene institute, agencije, centre izvornosti, istraživačke i razvojne centre, tehnološke parkove, poduzetničke inkubatore, poduzeća, razne industrije itd. Sve navedene institucije objedinjene su raznim strategijama i tehnološkim politikama.

U proteklih nekoliko godina - sukladno *Strategiji pametne specijalizacije (S3)* i *Strategiji poticanja inovativnosti 2014.–2020.* - poduzete su određene aktivnosti. Navedene aktivnosti obuhvaćaju formiranje različitih vladinih agencija, nacionalnih vijeća, tematskih grupa, industrijske mreže za inovacije, kao i izgradnju nacionalne inovacijske platforme.

Na *Slici 17.* prezentirana je struktura⁴⁶ inovacijskog sustava (dionici sustava) u Republici Hrvatskoj. U nastavku će biti opisani glavni dionici navedene strukture kao i organizacija trenutnog inovacijskog sustava.



Slika 17. - Struktura dionika inovacijskog sustava (Inovacijska platforma, 2020)

Početkom prosinca 2020. javno je predstavljena *Inovacijska platforma nacionalnog inovacijskog sustava* (Inovacijska platforma, 2020) kao centralno čvorište komunikacije

⁴⁶ Kraj 2020. godine, ova struktura je rezultat zadnjih strategija do 2020. (Strategije pametne specijalizacije i Strategije poticanja inovativnosti). Nove strategije će možda zahtijevati određene promjene strukture i dionika unutar sustava, napose pojedinih vijeća.

sustava. Oformljivanje *Inovacijske platforme* sastavni je dio *Strateškog projekta za podršku uspostavi Inovacijske mreže za industriju* (HGK, 2020).

Platformom je obuhvaćen širok skup dionika inovacijskog lanca vrijednosti s ciljem ubrzanja i pojednostavljenja suradnje i komunikacije. Cilj je čvršće objediniti i povezati sustav te omogućiti bolju komunikaciju. Inovacijskom platformom se žele riješiti upravo one stvari koje su do sada predstavljale najveće izazove, a to su neusklađenost i nepovezanost dionika, nemogućnost nadzora, a samim time i dinamičke korekcije izvedbe sustava te nedovoljno razvijena svijest o važnosti inovacija. Sama platforma poima inovacijski sustav vrlo široko, obuhvaćajući i građanstvo kojem je dana mogućnost da preko platforme mogu dobiti sve relevantne informacije.

Potaknuto je povezivanje i uključivanje akademskih i poslovnih predstavnika preko zajedničkih projekata, zbog čega je stvoreno posebno mjesto pod nazivom „*Tržište ideja*“ (TržišteIdeja, 2020). Cilj je omogućiti dionicima mogućnost predlaganja poslovnih ideja, traženja potencijalnih partnera te zajedničkog vođenja projekata.

Udruživanjem dionika preko inovativnih ideja napravljen je dodatni iskorak prema poticanju istraživanja i razvoja. Također, umrežavanjem poslovnog i javnog sektora značajno se povećava mogućnost financiranja putem EU fondova.

Platforma je podijeljena na dio koji služi glavnim akterima kao sučelje suradnje i komunikacije te na javno dostupni dio. Iz njega je moguće vidjeti cjelokupnu sliku inovacijskog sustava sa svim suučesnicima, projektima, ključnim strateškim dokumentima te vijećima i njihovim članovima.

Sukladno *Strategiji poticanja inovacija RH 2014.-2020.* (MINGOR, 2014) kao jedan od važnih zadataka bio je osnivanje *Inovacijskog vijeća za industriju (IVI)*. Inovacijsko vijeće za industriju koordinira aktivnosti vezane za izvedbu i provođenje nacionalnog inovacijskog sustava sukladno strategijama. Vijeće je osnovano u prosincu 2017., a glavne zadaće vijeća su nadgledanje provedbe strategije, koordinacija, davanje preporuka, postavljanje nacionalnih inovacijskih prioriteta te predlaganje mjera. Vijeće daje obvezujuće preporuke svim dionicima inovacijskog sustava, odobrava godišnja izvješća te revidira ciljeve i prioritete. Kako bi vijeće moglo nesmetano raditi potrebna je široka suglasnost i potpora političkih aktera uključenih u najviše razine odlučivanja u donošenje odluka, što prije nije bio slučaj. Članove vijeća čine

ministarstava, Ured predsjednika vlade RH, te brojne agencije i komore. Na prvoj sjednici vijeća osnovano je pet *tematskih inovacijskih vijeća*.

Tematska inovacijska vijeća (TIV) služe kao sučelje između vladinih tijela (politika i agencija) i ostalih dionika inovacijskog sustava (poslovni sektor, javni sektor i znanstveno istraživački sektor). Osnovana su inicijativom *Inovacijskog vijeća za industriju* 2019. godine sukladno *Strategiji pametne specijalizacije* te pokrivaju svih pet glavnih tematskih područja. To su Tematsko inovacijsko vijeće za Zdravlje i kvalitetu života, Sigurnost, Energiju i Održivi okoliš, Hranu i bioekonomiju te Promet i mobilnost) (TIV_Izvještaj, 2019).

Tematsko inovacijsko vijeće zamišljeno je kao operativno tijelo koje prati i potpomaže provedbu inovacijske strategije. Zaduženo je za koordinaciju sva tri osnovna elementa modela trostruke uzvojnice (engl. *Triple Helix*). Nadalje, svrha vijeća je davanje mišljenja i preporuka Inovacijskom vijeću za industriju, poticanje poduzetnika na suradnju, monitoring akcijskih planova, stvaranje i usklađivanje inovacijskih strategija prema potrebama poslovnog sektora, definiranje vizije, praćenje dugoročnih trendova te postavljanje prioriteta. U vijećima svih pet prioritetnih područja učlanjeno je preko 200 članova i to ponajviše iz poslovnog sektora (oko 70%), potom znanstveno-istraživačkog (20%) te javnog sektora (10%).

Svim potencijalnim dionicima dana je mogućnost uključivanja u rad vijeća uz određene kriterije (npr. u poslovnom sektoru djelatnost treba biti sukladna prioritetnom tematskom području, akademski sektor treba biti upisan u registar znanstvenih djelatnosti), kako bi mogli sudjelovati u su-kreiranju inovacijskih strategija i politika. Jedna od zadaća vijeća jest prikupljanje i evaluacija projektnih ideja (uglavnom poslovnog sektora) u području istraživanja, razvoja i inovacija s ciljem analize, pripreme zalihe ideja, usmjeravanja i preporuka prema ministarstvu oko selekcije i financiranja projekata sukladno tematskim cjelinama definiranim u *Strategiji pametne specijalizacije*.

Vijeća su od svog osnutka oformila validacijske odbore i akcijske radne grupe (13 grupa za svaku od pod-tematskih cjelina *Strategije pametne specijalizacije*). Odrađene aktivnosti su: prikupljanje projektnih ideja, analiziranje potrebe za edukacijom unutar poslovnog sektora, davanje stručnog mišljenja za izradu strateških dokumenata, itd.

Sredinom 2018. godine, Vlada RH osniva *Nacionalno inovacijsko vijeće (NIV)* (NIV, 2018) (koje se razlikuje od *Inovacijskog vijeća za industriju - IVI*) zbog usklađivanja provedbe *Strategije pametne specijalizacije* s ciljem povećanja učinkovitosti inovacijskog sustava i

povećanja efikasnosti korištenja potencijala istraživanja i razvoja. Podršku i savjete *Nacionalnom inovacijskom vijeću* daju *Nacionalno vijeće za znanost i visoko obrazovanje*, *Inovacijsko vijeće za industriju* te *Nacionalno vijeće za razvoj ljudskih potencijala*. Nacionalno inovacijsko vijeće predstavlja dodatni element koordinacije i upravljanja inovacijskim sustavom.

Tematska vijeća za industriju, Inovacijsko vijeće za industriju i inovacijska platforma sastavnice su prvog tematskog stupa *Strategije poticanja inovacija RH 2014. – 2020.* (Strategija-inovacija, 2014a) pod nazivom „Uspostava Inovacijske mreže za industriju i razvoj tematskih inovacijskih platformi“. Inovacijska mreža za industriju čini vrlo važnu komponentu strategije (INI, 2020) za čiju su realizaciju zaduženi HGK (Hrvatska gospodarska komora) te Ministarstvo gospodarstva.

Strateški INI projekt se proteže kroz mnoge daljnje aktivnosti vezane za razvoj inovacijskog sustava (prethodno opisane) kao što su osnivanje raznih vijeća, inovacijskih platformi, prikupljanja projektnih ideja i ostalo. Osnovni cilj INI projekta (INI, 2020) je unaprijediti inovacijski ekosustav i poboljšati komunikaciju između dionika stvaranjem samoodrživog mehanizma poticanja ulaganja u istraživanje i razvoj privatnog sektora. Težište je stavljeno na privatni sektor inovacija, istraživanja i razvoja. Naglašava se važnost dugoročnog planiranja i anticipiranja tehnoloških promjena te projekciju budućeg razvoja inovacija. Stoga, definirani specifični ciljevi predstavljaju donošenje dugoročnih inovacijskih strategija, prikupljanje zaliha IRI projekata, analizu kapaciteta privatnog IRI sektora i ostalo.

Kod suradnje s privatnim sektorom, INI strateški projekt daje nefinancijsku podršku poduzećima pri izradi natječajnih dokumentacija, provedbi I&R projekata, definiranju IRI strategija, povezivanju i iniciranju suradnje s drugim poduzećima i istraživačkim institutima, edukacijama u relevantnim područjima itd.

Kao rezultat INI projekta osnovana su tematska vijeća (preko *Inovacijskog vijeća za industriju*), uspostavljena *Inovacijska platforma* i oformljeno *Međunarodno savjetodavno vijeće za inovacije*. (InnovaThinkThank, 2018)

Međunarodno vijeće za inovacije zamišljeno je kao radna skupina međunarodnih stručnjaka u području inovacija koji bi održavali redovite sastanke te donosili zaključke, preporuke i smjernice drugim dionicima (inovacijskim vijećima, HGK-a, Ministarstvu gospodarstva i dr.) te time dali dodatnu notu razvoju inovacijskog ekosustava.

Još jedan ishod proistekao iz *Inovacijske mreže za industriju* (a dio je i S3 strategije) je projekt pod nazivom *Znanstveno i tehnologijsko predviđanje* (MZOS, 2019). Projekt nastoji objediniti cjelokupni znanstveni informacijski sustav na jednom mjestu. Takav sustav bi poslužio za detaljnije analize, prepoznavanje novih prilika i anticipiranje tehnoloških promjena, a shodno tome i postavljanje prioriteta područja istraživanja, razvoja i inovacija.

Istraživački sustav RH uglavnom se može razvrstati u dvije skupine, na akademski sektor (fakulteti i visoka učilišta) te istraživačke institute. Ukupno je preko 120 visokih učilišta te 25 javnih istraživačkih instituta (S3, 2016).

Trenutno težište nacionalne istraživačke infrastrukture je na javnom sektoru te se brojnim inicijativama nastoji pomaknuti prema privatnom. Jedna od takvih aktivnosti jest usvajanje *Plana razvoja istraživačke i inovacijske infrastrukture RH* iz 2014. godine koji između ostalog ima za cilj podići istraživačku infrastrukturu na višu razinu te ju uskladiti i harmonizirati kako bi se povećala njena efikasnost. Hrvatska je članica *Konzorcija Europske istraživačke infrastrukture za Središnju Europu* (CERIC-ERIC, 2020) i sudjeluje sa znanstveno-istraživačkim Institutom Ruđer Bošković.

U razvojno-istraživačkoj infrastrukturi s namjerom približavanja poslovnog i akademskog sektora, a sukladno Strategiji poticanja inovacija 2014.-2020. započet je proces stvaranja centara kompetencija. Centar kompetencija predstavlja konzorcij koji se sastoji od dionika IRI sustava s težištem na poslovni sektor. Njihovo stvaranje je definirano Strategijom pametne specijalizacije RH kao jedan od provedbenih instrumenta koji pokriva specifično tematsko područje u djelu razvoja i unaprjeđenja inovacijske infrastrukture.

Dionici centra kompetencija su prvenstveno poduzeća i istraživačke organizacije. Napose, centar kompetencija je orijentiran na mala i srednja poduzeća koja nemaju dovoljno razvijen (ukoliko uopće imaju) istraživački kapacitet. Time bi im se pomoglo pri komercijalizaciji inovacija i provođenju primijenjenih istraživanja. Do sada su osnovani brojni centri kompetencija, a cilj je da za svaki od 13 podtematskih prioriternih područja postoji barem jedan centar. Neki od njih su :*Centar kompetencija za naprednu mobilnost, Centar kompetencija za pametne gradove, Centar kompetencija za napredno inženjerstvo Nova Gradiška*, itd.

Također, radi boljeg pozicioniranja unutar globalnog lanca vrijednosti i povećanja produktivnosti ekonomije uspostavljeni su klasteri konkurentnosti koji potiču inovativnost i

pridonose konkurentnosti zemlje. Klasteri konkurentnosti su neprofitne organizacije pod ingerencijom Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja.

Njihova svrha slična je centrima kompetencija, no klasteri konkurentnosti obuhvaćaju širi koncept, orijentirani su na globalni lanac vrijednosti te su usko vezani za tematska područja strategije. Također, nisu prvenstveno orijentirani na MSP-ove, nego prate model trostruke uzvojnice (*triple helix*) u objedinjavanju poslovnog, znanstveno-istraživačkog i javnog sektora. Klasteri se oslanjaju na prioritetne industrijske grane s kojima je moguće napraviti najveću polugu utjecaja. Posljedično tome, cilj klastera je osigurati globalnu inovacijsku prednost. Svojim radom trebali bi uspostaviti traženu sinergiju te povećati produktivnosti i konkurentnosti nacionalne ekonomije.

Znanstveno-tehnologijski parkovi (ZTP) i uredi za transfer tehnologija (UTT) igraju važnu ulogu inovacijskog sustava te potiču protok inovativnih aktivnosti između ključnih dionika. Njihova zadaća jest poticanje inovativnosti poduzeća te savjetovanje i pomaganje pri licenciranju i formaliziranju inovativnih rješenja.

Funkcija ureda za transfer tehnologija (UTT) jest poticanje prijenosa inovacija iz znanstveno-istraživačkog (u slučaju Hrvatske prvenstveno javnog) u poslovni sektor. Drugim riječima, uredi potiču kapitalizaciju istraživačkog potencijala (koji u RH nije dovoljno iskorišten). Nadasve, javni istraživački sektor za sada nije pronašao adekvatan način komunikacije s tržištem te predstavlja jednu od slabih točaka sustava. Uredi za transfer tehnologija obično su zasebne jedinice unutar sveučilišta, no mogu biti i unutar ostalih institucija. U Hrvatskoj većina sveučilišta posjeduje uspostavljene UTT-ove, a posebno dobro funkcioniraju uredi Sveučilišta u Zagrebu, Splitu, Rijeci i Osijeku (Tera Tehnopolis) te Institut Ruđer Bošković (MZO, 2020).

U Republici Hrvatskoj znanstveno-tehnologijski parkovi (ZTP) su definirani kao trgovačka društva čija glavna poslovna aktivnost jest komercijalizacija znanstvenih postignuća (NN, 2003). ZTP-ovi nastoje objединiti IRI dionike (poželjno na lokalnoj razini) te potaknuti inovativni razvoj regije pružanjem posebnih usluga potrebnih za oslobađanje inovacijskog potencijala. Za razliku od ureda za transfer tehnologija, tehnologijski parkovi funkcioniraju više kao odvojeni poslovni subjekti (trgovačka društva), čija je osnovna zadaća komercijalizacija znanstvenih rezultata ne nužno povezanih s javnim sektorom. Za osnivanje ZTP-a, uz prijedlog *Nacionalnog vijeća za znanost*, potrebna je i suglasnost nadležnog ministarstva. U RH trenutno funkcionira jedan ZTP (Step_Ri, 2008) unutar Sveučilišta u Rijeci - „*Step_Ri*“.

2.3.2 Razvojne strategije inovacijskog ekosustava Republike Hrvatske

Jedan od značajnih problema razvoja strateškog planiranja Hrvatske predstavlja veliki broj neusklađenih i dovoljno nepovezanih strateških dokumenata. Radi se o dokumentima na svim državnim razinama. Shodno tome, pravilnu provedbu strategija teško je koordinirati i pratiti, a naročito dinamički usklađivati.

„Koordinacijsko tijelo za sustav strateškog planiranja“ zaduženo je za vrednovanje i sveobuhvatno praćenje strategija. U nadolazećem razdoblju oformljen je Upravljački odbor za izradu Nacionalne razvojne strategije koji prati pokazatelje te donosi odluke o možebitnim korekcijama strategije.

Nacionalna razvojna strategija Republike Hrvatske 2030.⁴⁷ zamišljena je kao krovni dokument iz kojeg će se definirati sektorske strategije. Neke od budućih inovacijskih strategija sukladnih Nacionalnoj razvojnoj strategiji 2030. su: Plan razvoja poduzetništva 2021.–2030., Strategija pametne specijalizacije do 2029., Nacionalni plan digitalne transformacije do 2027., Plan razvoja poduzetništva do 2030. i Nacionalni plan internacionalizacije do 2029. (NRS2030, 2020:135).

Bit će ukratko opisano par strateških dokumenta Republike Hrvatske iz prethodnog razdoblja 2014.–2020. Također, opisani su i strateški dokumenti koji će se provoditi u nadolazećem vremenu, a vezane su za inovacijski sustav RH. Radi se o *Strategiji pametne specijalizacije*, *Strategiji poticanja inovacija* te o *Nacionalnoj razvojnoj strategiji RH do 2030.* Fokus opisa nacionalnih razvojnih strategija stavljen je i na kvantitativne elemente te pripadajuće ciljeve. U nastavku ovog poglavlja napravljena je kronološka usporedba i interpretacija raznih inovacijskih pokazatelja. Na kraju poglavlja je napravljen kritički osvrt na opisane strategije.

Osim navedenih dokumenata postoje i brojne druge strategije povezane s inovacijskim sustavom, a odnose se na razvoj istraživačke i inovacijske infrastrukture, na obrazovanje i znanost, e-Hrvatsku, poduzetništvo i industriju. To su: *Strategija obrazovanja znanosti i tehnologije*, *Industrijska strategija 2014.2020.*, *Strategija razvoja klastera 2011.-2020* te *Plan razvoja istraživačke i inovacijske infrastrukture u RH.* Navedene strategije neće biti posebno analizirane, ali su u analizu uključeni određeni dijelovi povezani s inovacijskim sustavom.

⁴⁷ U daljnjem tekstu NRS.

2.3.2.1 *Strategija poticanja inovacija Republike Hrvatske 2014.-2020.*

Problemi navedeni u *Strategiji poticanja inovacija* slični su problemima koji će biti navedeni i kasnijim strategijama, što implicira da dosadašnje strategije (uključujući i ovu) nisu dale željene rezultate. Stanje hrvatskog inovacijskog sustava prije 2014. bilo je poprilično neusklađeno. Nisu adekvatno postavljene inovacijske politike, tj. nije postojala sveobuhvatna strategija poticanja i razvoja nacionalnog inovacijskog sustava s potrebitim mehanizmima i resursima. Strategije su predstavljali fragmentirani dokumenti unutar raznih pod akata definiranih od strane raznih ministarstava, primjerice, strategija razvoja sustava intelektualnog vlasništva, strategija razvoja poduzetništva, elektroničnog poslovanja i sl.

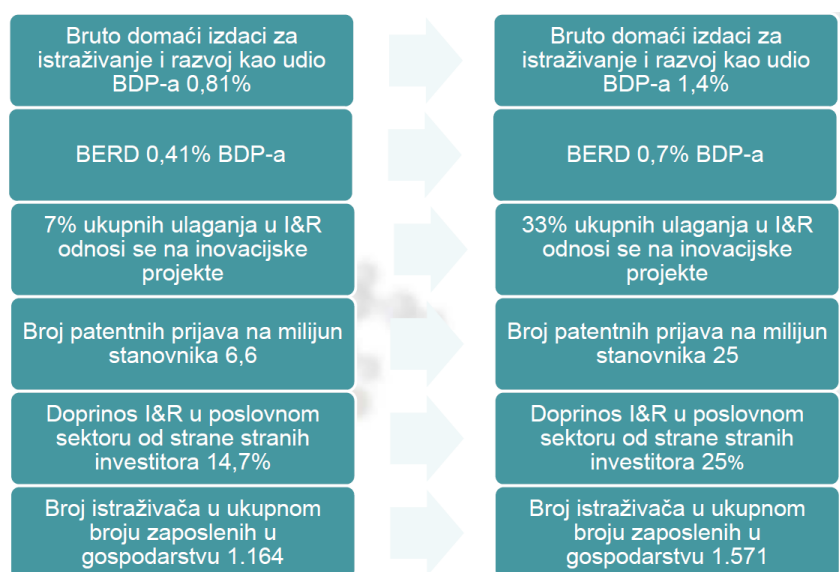
Strategije iz razdoblja 2014.- 2020. naglašavaju tadašnje nezadovoljavajuće stanje inovacijskog sustava s problemima koje prethodne strategije nisu uspjele riješiti. Najviše isticane stavke su niski udio ukupnih ulaganja u istraživanja i razvoj, mali udio poslovnog sektora u ulaganjima (koji je višestruko manji od EU prosjeka), mali broj prijavljenih патената, nedostatan broj istraživača i ostalo. Također, spominju se problemi oko nedostatka vremenskog kontinuiteta provođenja, evaluacije te procedure naknadne ocjene i korekcije strategije.

No, na kraju šest-godišnjeg razdoblja provođenja strategije (2020), situacija nije puno bolja. Postavljeni ciljevi nisu zadovoljili definirane kriterije, niti se izvedba uspješnosti inovacijskog sustava suštinski promijenila. Možda najbolji pokazatelj uspješnosti inovacijske strategije 2014.-2020. može se vidjeti iz definirane vizije za 2020.:

Vizija: „Hrvatska će do 2020. biti međunarodno prepoznata po znanstveno-istraživačkoj izvrsnosti i pozicioniranju kao vrijedan partner u globalnom inovacijskom lancu vrijednosti na temelju inovacijskog sustava koji permanentno povećava konkurentnost gospodarstva i odgovara na društvene izazove, te koji se temelji na stvaranju i učinkovitoj primjeni znanja, kreativnosti i inovacija“. (Strategija-inovacija, 2014b)

Osnovni strateški cilj fokusiran je na povećanje konkurentnosti ekonomije, a shodno tome i društvene dobrobiti. Glavni prioriteti su poboljšanje inovacijske izvedbe, povećanje udjela ulaganja poslovnog sektora, stavljanje težišta na istraživanja koja je moguće komercijalizirati i primijeniti u gospodarstvu te jačanje ljudskih kapaciteta.

Glavni pokazatelji izvedbe strategije navedeni su na *Slici 18*.



Slika 18. - Glavni pokazatelji izvedbe inovacijske strategije 2014.-2020. za 2020. (Strategija-inovacija, 2014b)

Ulaganja u istraživanja i razvoj za 2013. godinu iznose 0,81% BDP-a, s većim udjelom javnog sektora. Ciljana vrijednost ovog indikatora za 2020. jest 1,4%, dok je on u stvarnosti u zadnjem dostupnom izvješću Svjetske banke (za 2018. godinu) iznosi i dalje ispod 1% (0,97%) (Worldbank, 2020), dok za 2019. iznosi 1,11% ⁴⁸ (Eurostat, 2021). Ukoliko se nastave dosadašnji trendovi, iznos ulaganja u I&R će biti značajno ispod zacrtanog cilja od 1,4% za 2020.

Udio ulaganja poslovnog sektora u istraživanje i razvoj (BERD) za 2018. godinu jest 0,47% (Worldbank, 2020) te za 2019 godinu iznosi 0,54% (Eurostat, 2021), dok postavljeni strateški cilj za 2020. iznosi 0,7% - što je malo vjerojatno da će se dogoditi. Rast udjela ulaganja poslovnog sektora od 2013. do 2019. iznosi 0,13% (0,02% po godini). Shodno tome, za ostvarenje konačnog cilja rast BERD-a u 2020. godini trebao bi biti 0,16%, dakle 7,2 puta veći od dosadašnjeg.

Ukupni broj prijavljenih patenata u Europskom patentnom uredu 2012. za Hrvatsku iznosi 30 („grant and application“ 6,6/milijun stanovnika), dok 2020. godine taj broj iznosi 33 (7,7

⁴⁸ U vrijeme pisanja ovog poglavlja 11/2021., zadnje dostupni podaci su iz 2018.

/milijun stanovnika) (EPO, 2021). Što je daleko od ciljanog broja od 103 патената (25 prijava/milijun stanovnika)

Iz svega navedenog se vidi da strategija nije ispunila očekivanja te da su zacrtani ciljevi daleko od stvarne realizacije. Iako su unutar same *Strategije poticanja inovativnosti* kritizirane prethodne strategije zbog neusklađenosti i neprovedivosti, sama strategija je napravila slične propuste. Stoga se postavlja pitanje validnosti i vjerodostojnosti budućih dokumenata.

Iako strateški ciljevi nisu postignuti, mnoge aktivnosti su ipak poduzete. Pokrenuta je rasprava u javnosti, stvoreni su brojni centri izvrsnosti i konkurentnosti, napravljena je inovacijska platforma koja predstavlja centralno mjesto za povezivanje inovacijskog ekosustava, uspostavljena je inovacijska mreža za industriju, stvorene su tematske inovacijske platforme, napravljena je podloga za strategije pametne specijalizacije i industrijsku strategiju, itd.

Nove inovacijske strategije (koje će proizaći iz NRS-a) trebale bi uvažiti dosadašnje propuste i probleme kod provođenja programa te sukladno tome i sukladno Nacionalnoj razvojnoj strategiji pristupiti izvođenju na pravilniji i sveobuhvatniji način.

2.3.2.2 *Strategija pametne specijalizacije (S3)*

Na inicijativu Europske unije usvojena je *Strategije pametne specijalizacije* (engl. *Smart Specialization Strategy*) koja na drugačiji način pristupa razvoju inovacijskog sustava, a temelji se na direktnoj potpori aktivnostima u području inovacija, istraživanja i razvoja. Dio je to *Kohezijske politike Europske unije 2014.- 2020.*

Naslanja se na tri glavna prioritetna područja europske strategije rasta „*Europa 2020*“. To su pametna, održiva i uključiva ekonomija (EUROPA, 2014) s pet glavnih ciljeva (inovacije, obrazovanje, zaposlenje, socijalna uključenost i zelena energija/klima).

Osmišljena je tako da daje veliku autonomiju ekonomijama (NIS⁴⁹/RIS) da prilagode svoje nacionalne strategije te odrede područja specijalizacije koja su sukladna svojstvenim potrebama sustava istraživanja, razvoja i inovacija. Sukladno snagama i slabostima inovacijskog sustava te povezanosti i suradnji među dionicima, potrebno je pristupiti izgradnji sustava na specifičan i individualni način, krojeći politike koje bi optimizirale i povećale inovacijski potencijal države. Postavljeni prioriteti u konačnici bi trebali rezultirati povećanjem konkurentske

⁴⁹ engl. *National/Regional Innovation System*.

prednosti i boljim pozicioniranjem ekonomije u globalnom lancu vrijednosti te bi se trebali prilagoditi novo nastajućim trendovima u razvoju svjetske ekonomije.

Hrvatska inačica strategije pametne specijalizacije se nadopunjuje na do tada usvojenju *Strategiju poticanja inovacija RH 2014.-2016.*, i *Industrijsku strategiju RH 2014.-2016.* (Industrijska Strategija, 2014), a objavljena je ožujku 2016. godine (S3, 2016).

Financirana je iz Europskih strukturnih i investicijskih (ESI) fondova u IRI području istraživanja, razvoja i inovacija. Potpore u IRI području iz ESI fondova bile su uvjetovane usvajanjem *Strategije pametne specijalizacije S3*, no i mnoge druge države koje nisu EU članice su prihvatile okvir strategije. Osnova strategije jest poticanje gospodarstva temeljenog na inovacijama sukladno prioritetima *Europa2020* (temeljeno na pametnom i održivom razvoju) kroz ciljana ulaganja u I&R prema definiranim strateškim odrednicama.

Iako je referentno razdoblje strategije 2020. godina (završetak projektnog ciklusa), za ostvarenje pojedinih aktivnosti i specifičnih ciljeva planiran je duži vremenski okvir⁵⁰ koji obuhvaća i sljedeće programsko razdoblje te će se buduće strategije trebati uklopiti u to.

Glavna vizija strategije: „*Republika Hrvatska bit će prepoznata kao gospodarstvo koje se temelji na znanju i koje potiče kreativnost i inovacije na svim razinama društva za bolju kvalitetu života svih svojih stanovnika*“ (S3, 2016).

A glavni strateški cilj pretpostavlja preraspodjelu i fokusiranje IRI kapaciteta na glavna prepoznata područja (definirana strategijom) s najvećim inovacijskim potencijalima, kako bi se ostvario sinergijski učinak dionika sustava te stavilo težište na ključne komponente.

Provođenje glavnog strateškog cilja definirano je sa šest specifičnih ciljeva:

1. Unaprjeđenje IRI kapaciteta te orijentacija prema gospodarstvu,
2. Integracija nehomogenog inovacijskog ekosustava u cjelinu te sinkroniziranje poslovnog i znanstveno-istraživačkog sektora,
3. Povećanje ulaganja poslovnog sektora u I&R,
4. Internacionalizacija i uključivanje u globalne lance vrijednosti,
5. Društveni izazovi,
6. Razvoj vještina sukladnih pametnoj specijalizaciji (S3, 2016).

⁵⁰ Primjer je kod financiranja Fonda sjemenskog kapitala za kojeg je postavljen rok do 2031. (izvor: S3 strategija, str. 243)

Za ostvarenje šest specifičnih ciljeva predviđeno je petnaest provedbenih instrumenata.

Uz klasične aktivnosti koje se uobičajeno provode za osnaživanje komponenti inovacijskog sustava S3 strategija određuje i vertikalne mjere koje nisu neutralne nego su posebno ciljane za određena tematska područja. Odabir ovih područja je od ključne važnosti jer određuje budući smjer razvoja inovacijskih strategija i cijelog sustava. Područja su odabrana prema zadanim kriterijima (održivost, uključivost, povezanost, itd.), a prioriteti su postavljeni kombinacijom procesa poduzetničkog otkrivanja „odozdo prema gore“ te općih ciljeva „odozgo prema dolje“. Shodno tome se naglašavaju najjače komponente IRI sustava, pridonoseći time podizanju ukupne konkurentnosti i pridonoseći stvaranju dugoročno održivog i učinkovitog nacionalnog inovacijskog sustava.

S3 strategija naglašava eksperimentiranje i poduzetničko otkrivanje (EDP)⁵¹ koje je definirano kao postupak pronalaska skrivenih inovacijskih niša kroz proces traženja i otkrivanja novih varijanti i mogućnosti koje do sada nisu aktualizirane (Marinelli i Perianez-Forte, 2017). EDP predstavlja novi pristup u određivanju strategija i podrazumijeva angažman malih i srednjih poduzeća (MSP). Mala i srednja poduzeća brojem dominiraju, ali su ispodprosječno inovativna (Švarc i Dabić, 2019). Isto tako, udio tehnoloških *startup* poduzeća je relativno malo zastupljen unutar skupa MSP-a.

Strategijom je odabrano pet tematskih prioritetnih područja (TPP): 1. zdravlje i kvaliteta života, 2. energija i održivi okoliš, 3. promet i mobilnost, 4. sigurnost, 5. hrana i bioekonomija te trinaest pod-tematskih područja (PTPP)⁵². Osim osnovnih tematskih područja strategijom su definirane i dvije horizontalne teme: informacijsko-komunikacijske tehnologije (ICTbusiness) i ključne razvojne tehnologije (KET). Horizontalne teme su zamišljene da djeluju sinergijski zajedno s TPP-ovima povećavajući učinak kroz podršku formiranja inovacija i novostvorenu dodatnu vrijednost. Prema tome su postavljene kao kriterij odabira pojedinih PTPP-ova.

Za ostvarivanje ciljeva osigurano je četrnaest provedbenih instrumenata. Neki od njih definiraju strateške projekte. Iako ICT ima važnu poziciju unutar strategije, nije definiran kao prioritetno područje. Uvažavajući vidljive trendove, odabir informacijsko-komunikacijske tehnologije kao zasebnog tematsko prioritetnog vertikalnog područja (TPP-a) moglo bi biti dobro rješenje. To je kasnije i naglašeno unutar *Nacionalne razvojne strategije RH 2030*.

⁵¹ engl. *Entrepreneurial Discovery Process - EDP*.

⁵² Svaki TPP je podijeljen na 2 ili više PTPP.

S3 strategijom su obuhvaćeni mnogi projekti. Neki od tih projekata već su definirani u prijašnjim strategijama. Projekti uključuju provedbene instrumente strategije, tj. alate preko kojih je moguće ostvariti specifične strateške ciljeve.

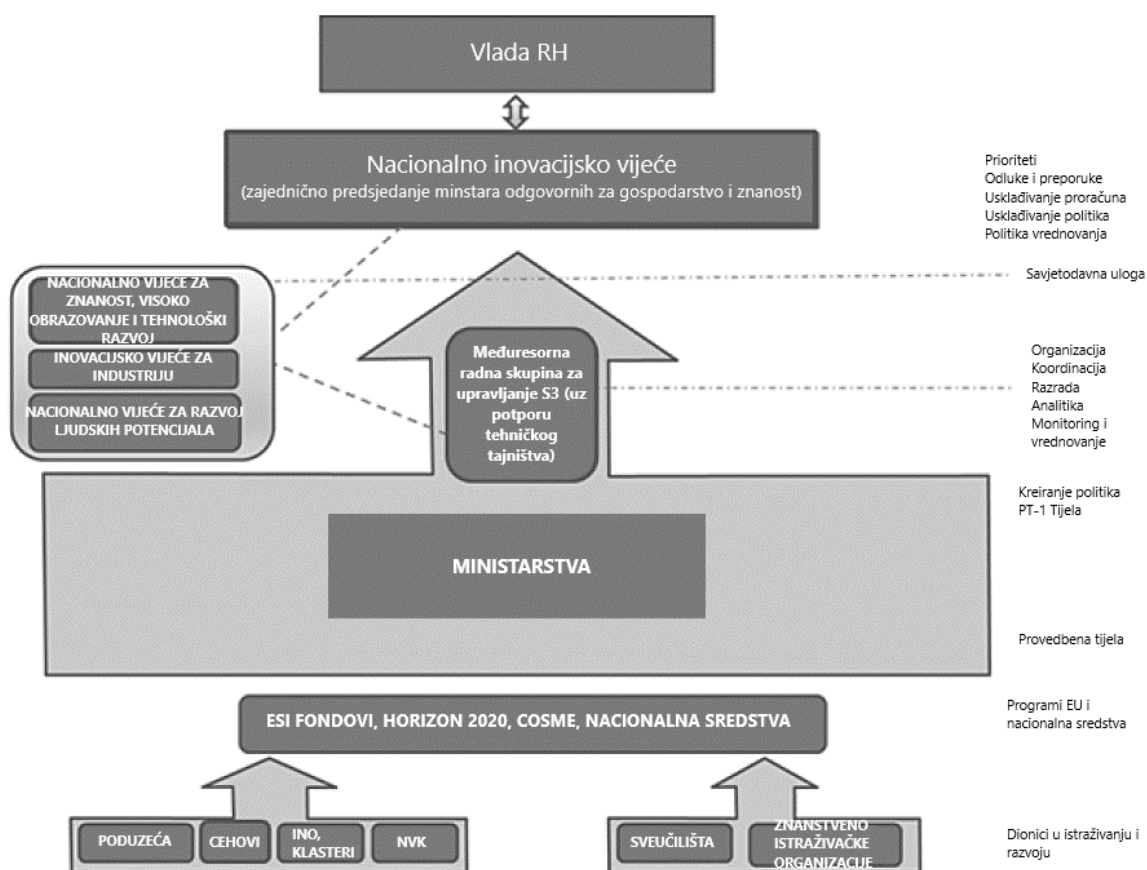
Projekt „*Znanstveno i tehnologijsko predviđanje*“ sastavni je dio prvog strateškog cilja („*Povećanje kapaciteta znanstveno-istraživačkog sektora*“), a svrha projekta je agregirati rascjepkani znanstveni informacijski sustav u jednu cjelinu te dati podlogu za dugoročna predviđanja, planiranja i određivanje prioriteta inovacijskog sustava (MZOS, 2019). Zatim, strateški projekt „*Uspostave inovacijske mreže za industriju i tematskih inovacijskih platformi*“ (INI, 2020) ima za cilj integrirati inovacijski lanac vrijednosti i približiti ga poslovnog sektoru, prevladati rascjepkanost sustava te smanjiti jaz između poslovnog sektora i ostalih dionika IRI sustava. INI projekt je svrstan kao instrument provedbe drugog specifičnog cilja S3 strategije.

S projektom „*Podrška inicijativama klastera konkurentnosti*“⁵³ (dio četvrtog specifičnog cilja) nastoji se podići razina konkurentnosti gospodarstva kroz pomoć i potporu klasterima kao nadogradnja na već postojeći sustav.

Osim projekata, u strategiji su navedeni i ostali provedbeni instrumenti (ukupno ih je 14). Kao što je primjerice osnivanje centara kompetencija, uspostava registra ljudskih potencijala, izgradnja nove IRI infrastrukture, itd. Neki od navedenih projekata i instrumenata biti će opisani u sljedećim poglavljima.

Struktura upravljanja S3 strategijom te odnosa njezinih dionika prikazana je na *Slici 19.* (stranica ispod). S3 strategijom je predložen cjelokupni inovacijski ekosustav Republike Hrvatske. Vlada RH direktno je uključena u rad *Nacionalnog inovacijskog vijeća* preko savjetodavnih tijela (vijeća za industriju, znanost i ljudske potencijale) te u suradnji s međuresornom radnom skupinom organizira, koordinira i nadgleda provođenje strategije. Međuresorna radna skupina sastoji se od predstavnika različitih ministarstava koja čine provedbena tijela strategije. Provedbeni instrumenti strategije su financirani od strane EU fondova i nacionalnih sredstava kako bi se ostvarili strateški ciljevi i uključili svi dionici strategije (predstavnici poslovnog i znanstveno-istraživačkog sektora). Bazu sustava čine dionici u istraživanju i razvoju, centri kompetencija i klasteri konkurentnosti.

⁵³ Treba napomenuti da su klasteri konkurentnosti dio Strategije poticanja inovacija RH 2014.-2020.; te da su osnovani prije nego što je usvojena S3 strategija - koja je ih je naknadno integrirala.



Slika 19. - Struktura upravljanja Strategije pametne specijalizacije S3 (S3, 2016)

Kohezijska politika Europske unije, s time i S3 strategija, programirana je na šestogodišnje razdoblje od 2014. do 2020. Hrvatska je usvojila S3 strategiju početkom 2016., stoga većina pokazatelja za praćenje rezultata je postavljena u nešto širem vremenskom okviru do 2023. godine. Prema tome, trenutno nije moguće napraviti točnu komparaciju rezultata pojedinih indikatora.

Za procjenu uspješnosti i učinkovitosti strategije koriste se podaci iz nekoliko izvora, od Državnog zavoda za statistiku do godišnjih izvještaja operativnih programa. Indikatori uspješnosti su poredani hijerarhijski po specifičnim strateškim ciljevima te izvedbenim instrumentima. Strategijom su obuhvaćeni samo oni pokazatelji koji su relevantni za strategiju, stoga su mnogi drugi (koji su korišteni u prethodnim strateškim dokumentima i koji su relevantni za IRI sektor) izostavljeni.

Predviđeno je da će se provedbenim mjerama strategije ostvariti povećanje udjela ulaganja u I&R poslovnog sektora (BERD) s 0,41% (2013.) na 0,7% (2023.), dok se ne spominje razina

udjela ukupnog ulaganja (GERD), niti udio ulaganja od strane javnog sektora. Također, BERD razina od 0,7% je navedena i u *Strategiji poticanja inovativnosti RH 2014.-2020.*, ali za 2020. godinu. Kao što je već diskutirano, s razinom 0,47% u 2018., teško će biti ostvarivo dosegnuti razinu 0,7% u 2020., ali ukoliko se S3 strategija bude provodila na adekvatan način do 2023. postoji mogućnost da se rezultati ovog pokazatelja ostvare.

Broj patenata prikazan je na kumulativnoj razini u razdoblju 2014.- 2023. te procijenjen na 392 patenta, što je u usporedbi s prošlim razdobljem povećanje od oko 8%. Ovo je vrlo skroman zahtjev jer je Hrvatska na samom začelju po udjelu prijava. S druge strane, u razdoblju od 2005. do 2018. zabilježena je stagnacija broja patenata, stoga će biti izazov zadržati postojeću razinu. Na primjer, 2007. godine ukupni broj prijava za patent (PCT) iznosio je 80, dok je u 2018. ukupno prijavljeno 28 patenata (RIO-PSF, 2018). Po S3 strategiji je predviđeno prosječno godišnje preko 44 prijava za razdoblje do 2023. No, ako se uzme u obzir da je do 2018. (četiri godine od početnog datuma) taj prosjek iznosio 37,4, trebati će se uložiti značajni naponi kako bi se ostvario i taj cilj.

Od ostalih pokazatelja spominje se broj znanstvenih publikacija u WOS⁵⁴-u, broj osnovanih *startup* i *spin-off* poduzeća (još nije definiran broj), udio prodaje inovativnih proizvoda i usluga novih za poduzeće ili za tržište (sa 10,5% u 2010. godini, na 14,4% u 2023. godini), udio inovativnih malih i srednjih poduzeća, povećan udio doktora znanosti u STEM-u (33,6% u 2013. godini, 43,6% u 2020.) itd.

Kritički gledano (iz perspektive kraja 2020. godine), Hrvatska nije značajnije napredovala na ljestvicama inovativnosti niti je postala prepoznatljiva po inovativnom učinku. No, razdoblje od četiri godine nije dovoljno dugo da bi se mogli vidjeti dugoročniji efekti, stoga bi aktivnosti koje se još poduzimaju mogle imati određene pozitivne efekte tek u višegodišnjoj perspektivi. Strategijom pametne specijalizacije su napravljeni određeni pomaci, ali za sada se oni nisu značajnije reflektirali na glavne outpute inovativnosti cjelokupne ekonomije. Ono što je odrađeno jest nova reorganizacija i parcijalna integracija inovacijskog ekosustava koja ostavlja dovoljno prostora za daljnje usavršavanje i realizaciju zacrtanih ciljeva, a to će biti moguće ukoliko buduće strategije nastave efikasno provoditi politike uz strukturne reforme gospodarstva.

⁵⁴ Web of Science

2.3.2.3 Nacionalna razvojna strategija Republike Hrvatske do 2030. godine

Nakon gotovo tri godine rada na novoj strategiji, Vlada Republike Hrvatske (Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije) u suradnji s Europskom unijom (Europski strukturni i investicijski fondovi i Operativni program konkurentnost i kohezija) te kroz savjetovanja Svjetske banke i ostalih međunarodnih aktera 12.11.2020., objavila je Nacrt prijedloga *Nacionalne razvojne strategije Republike Hrvatske do 2030. godine* (NRS2030, 2020)⁵⁵. Na izradi strategije radilo je ukupno 12 ekspertnih radnih skupina kroz 186 različitih događaja, 2316 sudionika u stručnim raspravama te šira javnost, kako bi se postigao zajednički konsensus svih sadašnjih i budućih aktera.

Radi se o krovnoj strategiji koja nastoji objediniti i ujediniti sve do sada nedovoljno usklađene dokumente. Strategija je općenitog tipa te u sebi ne sadrži detaljnu razradu specifičnih sektorskih programa niti operativnih planova, nego više ukazuje na buduće smjernice razvoja društva u svim segmentima (gospodarstvo, demografija, kvaliteta života, itd.).

Definiranjem jasnog smjera razvoja društva u jednom dokumentu cilj je riješiti problem od preko 200 različitih, nedovoljno usklađenih i povezanih strateških dokumenata. Svi budući strateški akti u Republici Hrvatskoj trebali bi imati uporište u ovom krovnom dokumentu.

Nakon usvajanja strategije slijedi potpisivanje partnerskog sporazuma s Europskom komisijom te kreiranje sektorskih strategija, operativnih planova i programa. Umjesto jednog nacionalnog operativnog programa koji je postojao do 2020., predlaže se uvođenje više integriranih teritorijalnih programa koji će dati priliku gradovima, općinama i županijama da komuniciraju svoje prioritete u neposrednom kontaktu s lokalnom zajednicom.

Glavna vizija strategije jest: „Hrvatska je u 2030. godini konkurentna, inovativna i sigurna zemlja prepoznatljivog identiteta i kulture, zemlja očuvanih resursa, kvalitetnih životnih uvjeta i jednakih prilika za sve.“ (NRS2030, 2020:5)

NRS2030 strategija definira četiri osnovna smjera razvoja do 2030. godine. Prvi je održivo gospodarstvo i društvo, drugi je jačanje otpornosti na krize, treći je zelena i digitalna transformacija te četvrti predstavlja ravnomjerni regionalni razvoj.

⁵⁵ U vrijeme pisanja rada, nacrt strategije je upravo proslijeđen u sabor na usvajanje.

Strategijom nisu definirane sektorske inovativne i industrijske politike niti pametne specijalizacije, ali su postavljeni temelji iz kojih će se one izrađivati. Izrada budućih inovacijskih politika treba biti sukladna s Europskim smjernicama i strategijama, napose onima koji se odnose na inovacije i gospodarski razvoj.

Sa objavom NRS2030 strategije jednim dijelom se čekalo zbog usklađivanja s novim strateškim dokumentima Europske unije (EU 2021. – 2027.), čiji su nacrti definirani 2019. i 2020. godine. Primjerice, jedan od ključnih sporazuma je dogovoren 10.11.2020. (svega dva dana prije objave nacrta NRS2030 strategije), a odnosi se na usvajanje paketa mjera višegodišnjeg financiranja EU projekata koji je po svom volumenu (1,8 bilijuna eura) najveći do sada. (EC, 2020c)

Također, na datum 29.09.2020. vijeće za konkurentnost Europske unije donijelo je nacrt uredbe o uspostavi osnovnog programa za inovacije, istraživanje i razvoj – *Obzor Europa*⁵⁶ - *razdoblje 2021. – 2027.* Ovaj dokument čini jednu od glavnih stavki dugoročnog planiranja i EU budžeta. (Europe, 2019)

Program Obzor se sastoji od tri glavna stupa međusobno povezana s inovacijskih sustavom: *Izvrsnost u znanosti, Inovativna Europa i Europska industrijska konkurentnost.*

Pedeset posto cjelokupnog budžeta financijskog paketa planirano je za podršku modernizaciji gospodarstva kroz razvojne politike i programe. To su prvenstveno programi sastavnice *Obzora Europe 2021.- 2027.*, uključujući istraživanje i razvoj, projekte digitalne i klimatske tranzicije, programe digitalne ekonomije i tranzicijske fondove.

Za sam program *Obzor Europa* usvojen je budžet od 100 milijardi eura. Dodatnih 30% ukupnog budžeta rezervirano je za borbu protiv klimatskih promjena. (EC, 2020c)

Ti programi također uključuju ulaganja u visoko inovativne tehnologije kao što su tehnologije autonomne, digitalne i zelene mobilnosti, proizvodnju baterijskih sustava solarnih elektrana, niskougličnu industriju i sl. Na razini Europske unije navedeno je 9 prioriternih strateških područja u nadolazećem razdoblju: računala, autonomna vozila, mikroelektronika, Internet stvari (IoT), računalna sigurnost, zelene industrije na vodik, precizno zdravlje i niskouglične industrije.

⁵⁶ engl. *Horizon Europe*.

Shodno svemu navedenom, NRS2030 strogo prati i uključuje (negdje i doslovno) mnoge stavke, ciljeve i smjernice inovativnih strategija europske unije. Dio strategije povezan s inovacijskim politikama može se prepoznati u definiranim razvojnim smjerovima za održivo gospodarstvo te razvoj digitalnih i zelenih tranzicija. Iz njih se nadalje mogu definirati sektorske inovacijske strategije.

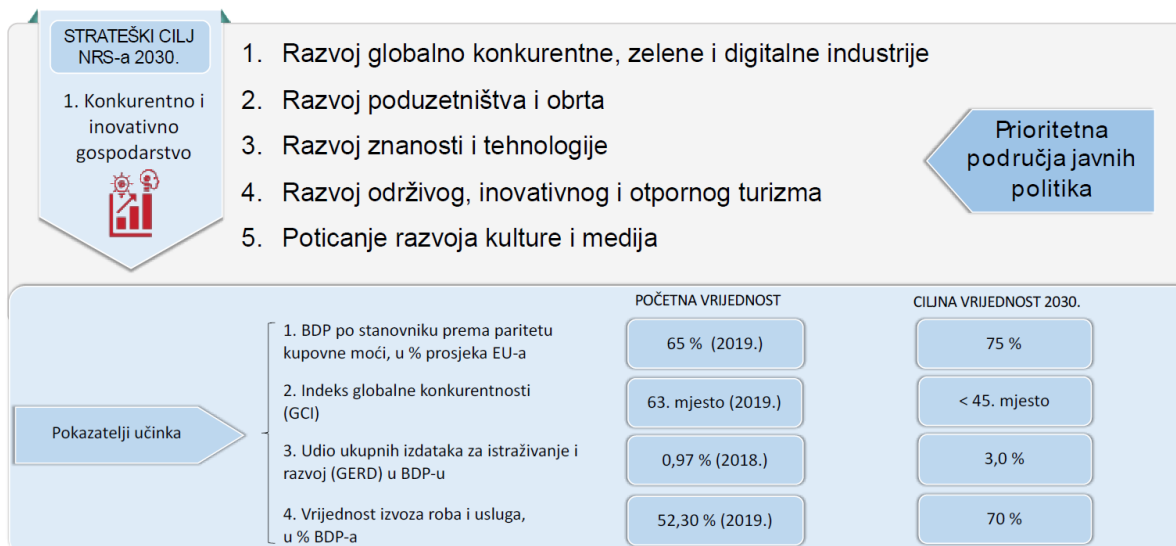
Smjer razvoja održivog gospodarstva i društva definiran je s četiri strateška cilja. Prvi se odnosi na konkurentno i inovativno gospodarstvo, drugi na obrazovanje, treći na učinkovito pravosuđe i javnu upravu i zadnji na globalnu prepoznatljivost i jačanje položaja (konkurentnost). Navedeni strateški ciljevi usko su povezani s inovacijskim ekosustavom te su podloga za daljnji razvoj politika.

Glavni vizija ovog strateškog cilja definirana je: *“Hrvatska će svoj gospodarski rast i razvoj temeljiti na povećanju produktivnosti u javnom i privatnom sektoru, stvaranju i primjeni znanja te poticanju ulaganja, inovacija i novih tehnologija radi ostvarivanja tehnološki dinamičnog i izvozno orijentiranog gospodarstva”*. (NRS2030, 2020)

Glavni je cilj povećati konkurentnost kroz korigiranje svih slabih točaka inovacijskog sustava. Glavni pokazatelj na kojeg se referira ova strategija jest *Globalni indeks konkurentnosti (GCI)*. Ovo samo po sebi jest diskutabilno, jer indeks konkurentnosti predočava jednu komponentu inovativnosti gospodarstva. Možda bi za mjerilo ovog cilja više odgovarao *Globalni indeks inovativnosti (GII)*.

Navedene stavke su općeg tipa te opisuju klasične temeljne postavke kao što su podupiranje nacionalnog inovacijskog sustava, povećanje produktivnosti, digitalna transformacija, povezivanje poduzetništva i akademskog sektora, povećanje ulaganja u I&R, poticanje znanstvene izvrsnosti, otvaranje znanosti, apliciranje novih tehnologija i sl. No, nigdje se ne spominju potencijalne mogućnosti rješavanja istih, njihovo trenutno stanje, niti se prikazuju načini rješavanja najslabijih točaka sustava, gdje su „pale“ sve prošle strategije.

Glavni prioriteti strateškog cilja „*Konkurentno i inovativno gospodarstvo*“ navedeni su na *Slici 20*.



Slika 20. - Prioritetna područja strateškog cilja 1 (NRS2030, 2020:36)

Od svih stavki, strateški cilj *Konkurentno i inovativno gospodarstvo* opisuje temeljna prioritetna područja preko kojih će se definirati buduće inovacijske politike.

Prvo prioritetno područje se odnosi na podizanje konkurentnosti s naglaskom na informacijsko komunikacijske i zelene tehnologije. U više navrata se navodi ravnomjerno poticanje I&R u svim sektorima te okupljanju najvažnijih dionika inovacijskog sustava (industrije, akademije i države) kao i uspostavu novih „digitalno-inovacijskih“ centara, razvojnih ustanova za transfer tehnologija, centara kompetencija i dr. Međutim, važno je naglasiti da se strategija ne oslanja (ne referira) na dosadašnju mrežu inovacijskih centara - čiji broj nije zanemariv - niti se posebno naglašava problem neusklađenosti. Drugim riječima, potrebno je staviti težinu na kvalitetu umjesto kvantitete inovacijskih dionika.

Strategija naglašava orijentiranost prema vanjskim tržištima, izvozu i uključivanju u međunarodne lance vrijednosti s ciljem privlačenja visoko inovativnih industrija. Dodatni prioriteti su poboljšanje poduzetničkog okruženja i usluga javnog sektora te snažnije poticanje razvoja inovativnih niskougljičnih industrija.

Poslovno okruženje označava jednu od najslabijih karika hrvatskog inovacijskog sustava te se navodi u mnogim izvješćima kao limitirajući faktor (posebno pravni sustav). U strategiji je ovaj prioritet naveden, ali nije dodatno razjašnjen niti naglašen. Također nisu navedeni potencijalni alati k rješavanju tog problema.

I možda najvažnija stavka ovog strateškog cilja, ali i strategije u cjelini jest buduća sektorska orijentiranost hrvatskog gospodarstva. Kroz pametne specijalizacije cilj je napraviti transformaciju gospodarstva reorijentirajući se na određene grane koje trenutno u udjelu bruto nacionalnog proizvoda nisu dominantne, ali posjeduju izvjesni potencijal širenja. To su visoko inovativne i kreativne industrije orijentirane prema izvozu, a sukladne su EU smjernicama. Radi se o informacijsko-komunikacijskim industrijama (digitalizacija javne uprave, proizvodnja računalne opreme), automobilske industriji (koja trenutno gotovo i ne postoji), elektroenergetskim industrijama, farmaceutskoj tehnologiji ali i s nastavljanim podupiranjem važnih i tradicionalnih industrija (turizam, brodogradnja, kemijska industrija i sl.).

Treba naglasiti da je ICT sektor jedna od najbrže rastućih industrijskih grana u Hrvatskoj. Prema Bisnode i Poslovna Hrvatska, ICT sektor ima prihode od oko 4,8 milijardi eura u 2019. godini što je oko 35% prihoda od turizma (ICTbusiness, 2020). Ukoliko se nastavi i dalje širiti sličnim tempom za 10 godina bi ova industrijska grana mogla biti broj jedan. Stoga dakako ima smisla stavljati naglasak ICT sektora u strategiji.

Unutar prvog strateškog cilja, postavljeni su i kvantitativni indikatori. Njih opisuju četiri pokazatelja učinka (Slika 20): udio BDP (PKM⁵⁷) po stanovniku EU prosjeka, indeks globalne konkurentnosti, udio istraživanja i razvoja u BDP-u te udio izvoza u BDP-u.

Projekcija rasta bruto domaćeg proizvoda u odnosu na EU prosjek do 2030 iznosi 15,3% (sa 65% na 75%). Iako su u strategiji navedena tri moguća scenarija rasta ukupnog BDP-a, nisu posebno razmatrane varijante scenarija udjela BDP-a unutar EU prosjeka, niti su takve varijante uvažene u ciljanom kvantitativnom pokazatelju.

Za poziciju na ljestvici indeksa konkurentnosti postavljeno je dostizanje minimalno 45 mjesta s trenutno 63 pozicije (što je poboljšanje od oko 28,6%). Trenutno najslabije komponente strukture indeksa su: nedostatak inovacijskog kapaciteta, opseg tržišta i institucije. Inovacijski kapacitet je stoga direktno povezan s indeksom, čime se može opravdati praćenje inovativne izvedbe.

Nadalje, plan je povećati ulaganja u istraživanje i razvoj s 0,97% na 3% (poboljšanje od 210%), što je posebno ambiciozno postavljen cilj, naročito ukoliko se uzmu prethodne strategije u obzir. I u konačnici povećanje udjela izvoza roba i usluga u BDP u iznosu od 34% (s 52,3% na

⁵⁷ Paritet kupovne moći.

70%). Nigdje u strategiji nije navedeno na temelju čega su postavljeni ciljevi. Očigledno sadašnji trendovi nisu bili jedino relevantni za vrijeme pisanja strategije i projekcije indikatora (barem kod nekih pokazatelja), jer primjerice GERD se kreće već godinama na nivou ispod 1% bez značajnijeg pomaka.

Kod prioritetnog područja „*Razvoj poduzetništva i obrta*“, u najužem segmentu navedene su smjernice za razvoj buduće nacionalne inovacijske politike i pametnih specijalizacija. Strategija naglašava važnost komercijalizacije inovacija te se spominju ciljani poticaji prema: stvaranju fondova rizičnog kapitala, subvencijama *startup* poduzeća i poduzeća s velikim potencijalom rasta, uspostavi inovativnih klastera, jačanju suradnje između znanstveno istraživačkih centara i poduzetništva, a plan je stvoriti i jaku poslovno-istraživačku infrastrukturu.

Prioriteti razvoja poduzetništva do 2030. godine uključuju: povećanje udjela izvoza visoko tehnoloških, ali i tradicionalnih industrija, ulaganje u cjeloživotno obrazovanje, razvijanje društvenog poduzetništva, samozapošljavanje, digitalizaciju javne uprave, stvaranje novih kanala financiranja, produktivnosti i komercijalizacija te poticanje stvaranja novih proizvoda i usluga.

Što se tiče reforme akademsko-znanstvenog sustava stavljeno je težište na: poboljšanje zakonodavnog okvira, zaštitu intelektualnog vlasništva stečenog razvojem na fakultetima, okrupnjavanje rascjepkanog inovacijskog sustava i poticanje partnerstva između svih dionika s naglaskom na komercijalizaciju.

Znanstveno osoblje čini jezgru znanstveno-istraživačkog sektora te je potrebno uspostaviti sustav boljeg vrednovanja njihovog rada i bolje ih međunarodno povezati. Naglasak u obrazovanju jest na STEM studijskim programima (ICT, umjetna inteligencija, biotehnologije i zelene tehnologije), poticanju razvojnih projekata na fakultetima uz angažiranje privatnog sektora te jačanju transfernog sustava i protočnosti rezultata istraživanja.

Strategija se osvrće i na inovativni turizam te potrebe drugačijeg pristupa turizmu s ciljem povećanja njegove produktivnosti kroz digitalne transformacije i otpornosti na krize. Ulaganje u različite niše turizma kao što su: eko turizam, kulturni i vjerski, turizam digitalnih nomada, ruralni itd.

Nadalje, strategija daje naglasak na kreativne industrije, apliciranje i povećanje njihovog inovativnog kapaciteta. U Hrvatskoj u zadnjih nekoliko godina intenzivnije su se počele

razvijati grane kreativne industrije kao što su industrija video igara te audio vizualna i filmska industrija.

U domeni obrazovanja, dio nacionalne razvojne strategije koji se odnosi na inovacijski sustav jest: udio visokoobrazovnih stanovnika, usklađivanje školskih kurikuluma prema novim smjernicama razvoja digitalnih industrija i STEM-u, daljnja reforma nacionalnog kurikuluma te povećanje matematičko prirodoslovne pismenosti. Također, jedna od navedenih prioriternih stavki jest i stjecanje poduzetničkih kompetencija unutar sustava obrazovanja, na što prije nije stavljana dovoljna važnost.

Što se tiče osnovne pismenosti, ako uzmu u obzir rezultati PISA testa iz 2018. (OECD, 2019) u kojem je sudjelovalo 79 zemalja, rezultati za Hrvatsku su relativno skromni (matematika 49/79 , znanost 37/79 i čitanje/pismenost 30/79). Interesantno je da prva četiri mjesta u svim kategorijama pripadaju Aziji, a na prvom mjestu je Kina. Cilj Hrvatske je do 2030. godine dostignuti OECD prosjek.

Cjeloživotno obrazovanje se često navodi kao jedan od važnih komponenti lanca inovacijskog sustava te je uključeno u izračun mnogih inovacijskih indeksa (npr. *Globalni inovacijski indeks*, *Europski inovacijski indeks*, itd.). Ciljana buduća vrijednost udjela stanovništva koji sudjeluju u cjeloživotnom obrazovanju u Hrvatskoj u strategiji je stavljena na budući EU prosjek za 2030. Vrijednost tog udjela za 2018. iznosi 11,1% (Eurostat, 2019) dok je za Hrvatsku 2,9%. Ako bi EU prosjek u 2030. ostao isti (a vjerojatno će rasti), potreban je rast od minimalno 283% da bi se ostvario taj cilj, što će biti posebno izazovno.

Nova stavka propisana strategijom, - a prije nije bila u fokusu unutar strateškog cilja - jest „*Održiva mobilnost*“. Odnosi se na pametnu automatizaciju prometa i procesa prijevoza, elektrifikaciju automobila, jačanja infrastrukture za električne automobile, poticanje akademskih studijskih programa koji se bave pametnom mobilnošću i sl.

Ono što je sa strane inovacijskog sustava bitno jest namjera otvaranja industrijsko-inovacijskog klastera električne mobilnosti. Novi smjer razvoja mobilnosti potekao je iz svjetskih trendova transformacije i automatizacije prometa, kao i zbog činjenice da se autoindustrija počela razvijati i u Hrvatskoj (Rimac automobili). No, ovaj strateški cilj će se također mjeriti preko *Indeksa globalne konkurentnosti* što možda i nije baš najadekvatnije.

U konačnici zadnja stavka “*Jačanje inovacijskog ekosustava*” opisana je strateškim ciljem koji se odnosi na digitalnu tranziciju društva i gospodarstva, digitalizaciju javne uprave, ciljanog ICT obrazovanja i razvoj digitalne infrastrukture. Prioritet je nastavak digitalizacije javne uprave uz povećanje transparentnosti te podizanje jednostavnosti pokretanja poslovanja. Rezultati ovog strateškog cilja strategije mjere se s indeksom digitalne konkurentnosti, opisanom u jednom od prijašnjih poglavlja. Provedbu strategije prati za to posebno oformljeno tijelo (*Upravljački odbor za izradu strategije*), kao i *Koordinacijsko tijelo za sustav strateškog planiranja*.

Ukoliko se desetgodišnja nacionalna strategija promatra iz šireg konteksta jedan od najvećih izazova biti će zadržavanje kvalificirane radne snage unutar granica HR te problemi oko demografskog starenja stanovništva. Strategijom nisu jasno definirane migracijske politike.

Iz svega navedenog može se zaključiti da *Nacionalna razvojna strategija 2030.* pokriva sve bitne elemente inovacijskog sustava te daje zdravo tlo za daljnju razradu operativnih planova i sektorskih strategija. No, važno je napomenuti da ni u prethodnim razvojnim ciklusima inovacijskog sustava problem nisu predstavljale same strategije niti njihova kvaliteta, nego njihovo provođenje i praćenje. Stoga je bitno pravilno detektirati suštinske probleme koji nastaju negdje između planiranja i pisanja strategija te njihovog provođenja i dinamičkog korigiranja.

Problem je i taj što se za donošenje strategije čekalo gotovo tri godine, a strategija je uvjet za usvajanje novih EU operativnih programa iz proračunskog razdoblja 2021.-2027. Operativni programi su ključni za provedbu strategije, samim time bilo bi puno bolje da se to dogodilo prije.

Prema uredbi Vlade o smjernicama za izradu akata strateškog planiranja (NN, 2018) te *Zakonu o strateškom planiranju*, pri izradi strategije potrebno je navesti i opisati listu strateških projekata od nacionalnog značaja za ispunjavanje svih navedenih strateških ciljeva. Potrebno je definirati financijski plan koji bi pratio provođenje strateških ciljeva i strateških projekata te napraviti ukupnu evaluaciju fiskalnih učinaka. U prijedlogu strategije, neke od navedenih stavki nisu jasno obrazložene, a neke niti ne postoje.

Nema jasnog financijskog plana za ostvarenja glavnih ciljeva, a popis strateških projekata niti ne postoji, a prema gore navedenoj Uredbi bi trebao postojati. Samim time već u startu se

odražava neusklađenost strateških dokumenata pri izradi i donošenju strategije. Važnost strateških projekata je neupitna, jer oni upravo odgovaraju „kako“ postići određene ciljeve.

Također, nigdje u desetgodišnjem razdoblju strategije se ne spominje dinamika ostvarivanja rezultata i međukoraka. Ostavljanjem na slobodu odabira tempa izvedbe, rješavanje dugoročnih problema bez preciznih projekata „kako“ i vremenskih ograničenja „kada“, obično rezultira pomicanjem rokova za „neko tamo“ sljedeće razdoblje uslijed tekućih problema. Ovaj problem se već može uočiti u definiranju prijedloga državnog proračuna 2021.-2023. Vidljivo je da ulaganja u istraživanje i razvoj ne reflektiraju dostizanje visokog cilja od 3%. Ostvarivanje spomenutog cilja je kritično jer je potrebno povećati izdatke preko dvjesto posto.

Uz to, vrlo ambiciozno su postavljeni već prije navedeni ciljevi oko povećanja udjela cjeloživotnog obrazovanja za oko 200% te povećanje BDP-a prema paritetu kupovne moći s dosadašnjih 65% na 75% prosjeka. Svi navedeni pokazatelji u prošlom desetgodišnjem razdoblju uglavnom su se kretali oko istih vrijednosti bez tendencije rasta. Strategijom nisu navedeni alati s kojim bi se detektirali ključni problemi (jer su ambiciozne strategije postojale i u prošlim ciklusima) tj. na koji način ovaj put ne ponoviti iste greške.

I na kraju, *Nacionalna razvojna strategija* kao mjerilo uspješnosti u području inovativnosti koristi samo dva međunarodna pokazatelja i to su *Globalni indeks konkurentnosti* te *Indeks digitalnog gospodarstva i društva*. Možda bi bilo bolje uzeti sve dostupne pokazatelje inovativnosti te napraviti novi kompozitni pokazatelj. Orijentirajući se samo na jedan pokazatelj ne obuhvaćaju se svi relevantni aspekti inovacijskog sustava. *Globalni indeks konkurentnosti* ne može točno opisivati specifična područja, npr. strateški cilj „*Održive mobilnosti*“ ili sl.

U području konkurentnosti i inovativnog gospodarstva, primjerice, nigdje se ne spominju pokazatelji CIS indikatora u koje je Hrvatska uključena već godinama. CIS istraživanje isključivo mjeri inovativnost poduzeća i njegovu strukturu prateće inovacijske aktivnosti. Takvo jedno istraživanje dakako bi moglo poslužiti kao precizno mjerilo napretka inovacijske izvedbe gospodarstva.

S druge strane u području poduzetništva u referentne pokazatelje nisu uključeni indikatori iz GEM projekta - globalno najopsežnijeg istraživanja poduzetništva. Primjerice GEM bi mogao poslužiti kao dobar alat za mjerenje poduzetničkog okruženja (NECI indeks i poduzetničke aktivnosti (TEA indeks). Slična je stvar i sa ostalim indeksima inovativnosti (GII, EIS, RIS,...)

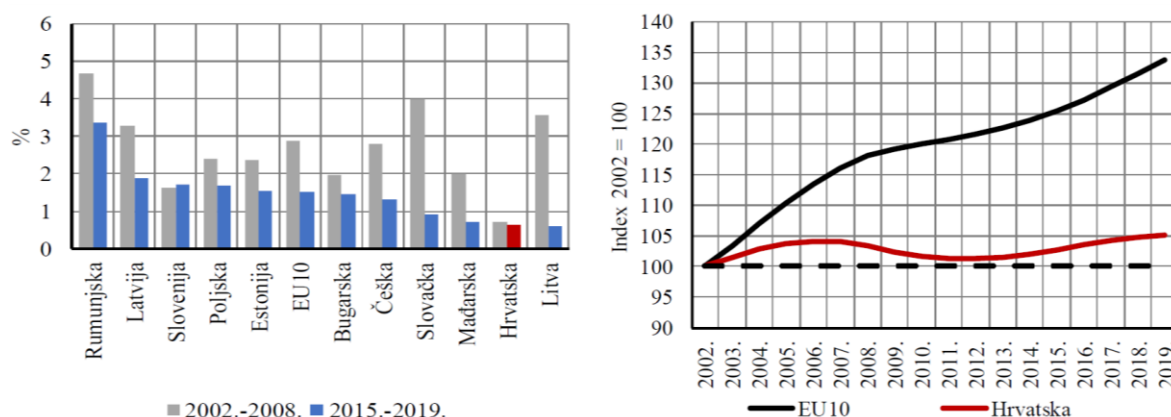
2.3.3 Inovativnost i Republika Hrvatska

Republika Hrvatska se nalazi pred velikim izazovima razvoja inovacijskog ekosustava. Slabe inovativne izvedbe reflektiraju se na produktivnost i konkurentnost društva što sa sobom donosi i niski životni standard. Postoji mnogo područja gdje Hrvatska treba poraditi kako bi se približila zemljama inovativnim liderima.

Trenutne politike dovoljno ne stimuliraju produktivna poduzeća i industrije s potencijalnim rastom. Prisutnost države u gospodarstvu je još iznimno visoka, poslovno okruženje je vrlo nepovoljno kao i pravni okvir. Nedovoljno je razvijen pristup rizičnom kapitalu te ostalim kanalima financiranja malih poduzeća.

Zbog toga je potrebno napraviti temeljitu tehnološku modernizaciju i unaprjeđenje produktivnosti, što je moguće ostvariti koristeći se dostupnim EU sredstvima financiranja kroz razne programe.

Jedan od ključnih pokazatelja inovativne izvedbe oslikava se u produktivnosti faktora proizvodnje, čija je izvedba za Republiku Hrvatsku u zadnjih dvadesetak godina nezadovoljavajuća. Stope rasta i diskrepancija između kretanja stope rasta ukupnih faktora produktivnosti Republike Hrvatske i EU10 zemalja prikazane su na *Grafikonu 27*.



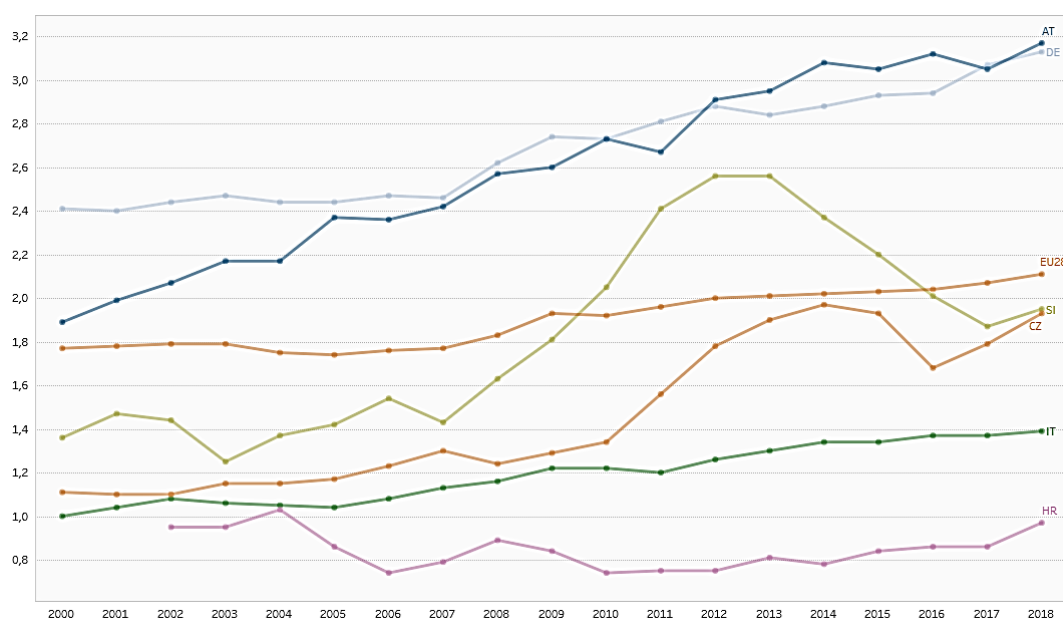
Grafikon 27. - Kretanje i stope rasta produktivnosti faktora proizvodnje (NRS2030, 2020:13)

Takve velike razlike jasno upućuju i odražavaju stvarnu sliku inovacijske izvedbe ekonomije, čime je ograničen potencijal rasta gospodarstva i bruto nacionalnog dohotka. Nedovoljno

razvijen inovacijski sustav dodatno otežava razvoj inovativnih poduzeća te njihov utjecaj na produktivnost gospodarstva.

Stoga je izrazito bitno uspostaviti zdravi inovacijski sustav podupirući inovacijske procese na svim razinama, povezujući sve komponente inovacijskog ekosustava, potičući na proizvodnju znanjem intenzivnih i visoko tehnoloških proizvoda i usluga, aplicirajući nove tehnologije i to posebno u području ICT-a. U posljednjem desetljeću stopa ulaganja u istraživanje i razvoj (GERD⁵⁸) je izrazito niska i iznos se kreće ispod 1% ukupnog BDP-a. Zajedno s tim, neadekvatan je i udio ulaganja privatnog sektora u I&R što čini dodatni razlog loše inovacijske izvedbe Hrvatskog gospodarstva.

Na *Grafikonu 28.* prezentirano je kretanje GERD indikatora (udio ukupnih troškova u istraživanje i razvoj) za Hrvatsku i nekolicinu zemalja Europske unije, gdje je vidljivo da Hrvatska daleko zaostaje za EU prosjekom. Također, može se uočiti da 2018., taj broj još nije dosegao vrijednost iz 2004. godine.



Grafikon 28. - GERD za Hrvatsku i nekoliko EU zemalja (RIO-Horison, 2020)

Ukupni izdaci u istraživanje i razvoj čine važnu polugu potencijalnog razvoja inovacijskog sustava, a samim time i povećanja ukupne faktorske produktivnosti i gospodarskog rasta.

⁵⁸ Gross domestic Expenditure on R&D.

Sustav financiranja Republike Hrvatske nije adekvatno prilagođen potrebama inovacijskog sustava, relativno je nefleksibilan i nepristupačan manjim poduzećima. Većinu tržišta kreditiranja zauzimaju banke čiji su kanali financiranja više otvoreni ustaljenim i stabilnim poduzećima. K tome su poduzeća opterećena dugom i tekućim problemima oko opstanka na tržištu prije nego širenjem i rastom kroz uvođenje novih proizvoda i usluga.

Znatno veći udio poduzetnika malih i srednjih poduzeća (u odnosu na velika) definira oskudnost izvora financiranja kao bitan problem (Ploh, 2017). Zbog svega toga, nedostupnost kvalitetnih kanala financiranja limitira oslobađanje inovacijskog potencijala poduzetničkog sektora. To se događa uslijed smanjenja broja novonastalih i usporavanja rasta postojećih poduzeća.

Zato je potrebno prilagoditi financijski sustav i učiniti ga ravnomjerno dostupnim svim kategorijama poduzeća u svim razvojnim fazama. Također, bilo bi dobro povećati broj sudionika u financijskom sustavu s naglaskom na investicijske fondove rizičnog kapitala i privatne inicijative financiranja kao što su mreže poslovnih anđela. Nadalje, potrebno je poticati razvoj novih visokotehnoloških poduzeća s većim potencijalom rasta te podupirati već postojeće brzo rastuće sektore. To je moguće ostvariti kroz brojne programe sufinanciranja te kroz nacionalno subvencioniranje i/ili financiranje od strane EU programa. Također, moguće je dodatno aktivirati postojeće mirovinske fondove koji se za sada nisu odvažili izlagati rizičnijem kapitalu.

U nastavku će biti ukratko navedeni zaključci iz do sada navedenih izvješća s naglaskom na najbolje i najlošije točke inovacijske izvedbe.

Globalni indeks inovativnosti: najslabiju točku nacionalne ekonomije vidi u povezanosti i umreženosti inovacijskog ekosustava, suradnji između industrije i akademske zajednice te stupnja razvijenosti inovacijskih klastera. Također, postoje problemi u sofisticiranosti tržišta, napose kod problema pristupa financijama te intenzitetu lokalne konkurentnosti. Najsnažnije komponente su obrazovanje te ekološka održivost.

Europska ljestvica uspjeha u inoviranju najslabije je ocijenila financijsku podršku, intelektualno vlasništvo te atraktivnost istraživačkog sustava. Najjaču stranu inovacijskog sustava vidi kroz ulaganja poduzeća u edukaciju djelatnika te inovativne aktivnosti / tvrtke inovatore.

Globalni indeks konkurentnosti kao najsnažniju komponentu vidi makroekonomsku stabilnost, infrastrukturu i zdravstveni sustav, s druge strane najveći problem vidi kod funkcioniranja

inovacijskog ekosustava, a s najslabijom komponentom ocjenjen je inovacijski kapacitet. Također, slabe točke su vezane za dinamiku i veličinu tržišta.

GEM istraživanje ukazuje na najveće probleme unutar poduzetničkog okruženja i to posebno kulturne i društvene norme, vladine politike, transfer istraživanja i razvoja te poduzetničko obrazovanje. S druge strane, fizička infrastruktura predstavlja najsnažniju komponentu.

CIS istraživanje navodi manjak tržišne potražnje i nedovoljno dobar pristup financijama kao najveću prepreku inoviranju. Ostale barijere inoviranja hrvatskih poduzeća (CIS) opisane su na *Grafikonu 29*.



Grafikon 29. - Barijere u inoviranju CIS2016 (Eurostat, 2020)

Ukoliko se uzmu pod zajednički nazivnik sva izvješća jasno se vide jakosti i slabosti hrvatskog inovacijskog sustava. Zajednički nazivnik su: nepovoljna poduzetnička i inovacijska klima, vladavina prava, niska razina ulaganja u I&R kao i niska ukupna faktorska produktivnost, nedostatak poduzetničkih financija, neusklađen inovacijski ekosustav, veličina i dinamika tržišta, mali broj patenata te intelektualno vlasništvo. Dobra strana je infrastruktura te makroekonomska stabilnost.

3 Prethodna istraživanja

Inovativnost kao pojam istražuje se već desetljećima, no prvi ozbiljniji pristup oblikovanju i modeliranju inovativnosti s naprednim metodama strojnog učenja sve više dobiva težinu u posljednje vrijeme. Modelirati znači prikazati, opisati i simulirati osnovne značajke sustava kako bi se odredile osnovne komponente preko kojih je moguće predvidjeti ponašanje sustava u novim situacijama. U ovom poglavlju, fokus će biti stavljen na istraživanja koja su povezana s modeliranjem i oblikovanjem inovativnosti na razini poduzeća s naglaskom na Republiku Hrvatsku.

Kao što je već prije navedeno, ne postoji jedinstvena definicija inovativnosti niti postoje jedinstveni načini kako kvantitativno prikazati, mjeriti ili usporediti inovativnost poduzeća.

Uvođenjem Oslo Manuala (Eurostat i OECD, 2005; OECD, 2005) preciznije se definira i opisuje inovativnost na organizacijskom nivou, što je otvorilo vrata sustavnoj analizi inovativnosti. To je mnogim znanstvenicima i međunarodnim organizacijama pomoglo pri analiziranju, mjerenju, praćenju, izvještavanju, istraživanju i modeliranju inovativnosti. Jedan od ključnih projekata proizašlih iz Oslo priručnika jest i prethodno opisan Community Innovation Survey (CIS). (Eurostat CIS, 2014)

Istraživanja koja su prethodila Oslo priručniku, najčešće su se koristila zasebno postavljenim okvirima posebno konstruiranim za individualna mjerenja. Zbog oskudnosti kvalitetnih podataka istraživanja su se nerijetko oslanjala na osnovne indikatore inovativnosti do kojih se moglo jednostavno doći (npr. iz financijskih pokazatelja) ili na posebno provedene ankete.

Iako ovaj rad ima za cilj opisati modele na razini poduzeća, dobro je znati i povezanosti između izvedbe poduzeća i ekonomskog rasta. Detaljni opis međudjelovanja postavljen je u teorijskom okviru rada, a u ovom poglavlju će se navesti nekoliko najznačajnijih prethodnih istraživanja na tu temu.

Povezivanje inovativnosti s ekonomskim rastom među prvim spominje Schumpeter u svojem radu „Teorije ekonomskog razvoja“ gdje na središnje mjesto i centar razvoja društva stavlja inovacije kao nusprodukt poduzetništva kroz proces kreativne destrukcije. Ekvilibrijum u sebi nema potencijal rasta, već su potrebne nove vrijednosti koje su produkt inovacije. Po njegovom mišljenju, pokretač promjena nisu korisnici, nego poduzetnici koji oblikuju i upravljaju

promjenama. Također, opisuje ekonomske cikluse inovacija koje potiču razvoj, podižu inflaciju i kamate, ali smanjuju potrebu za kreditima. Nakon toga dolazi do imitacija koje opet dovode do ekvilibrija, što rezultira sa zatvaranjem mnogih poduzeća te ulaskom u recesiju. (Schumpeter, 1934)

Također, povezanost istraživanja i razvoja, inovativnosti te rasta poduzeća, tema je kojom se bave mnogi autori. Freeman (1960), spominje alate i nove metode upotrebe kvantitativnih tehnika vezano za I&R i njegove upravljačke probleme. Napominje značaj razvoja programiranja network-flow modela te evaluaciju formula. Istraživanje odgovara na pitanja, kako i koliko ulagati u I&R između različitih potencijalnih mogućnosti. Procijenjena vrijednost je prikazana kao formula kroz poboljšanje pozicije na tržištu, i cijeni koja se plaća za to.

Također, dokazano je da ulaganje u istraživanje i razvoj utječe na porast od prodaje inovativnih proizvoda i usluga kao i do samog rasta poduzeća. (Rosenberg i Nathan, 1982).

Schmookler (1954) povezuje inovativnost s povećanjem potražnje i smanjenjem troškova proizvodnje, odnosno u svom radu demonstrira kako monopol nad tehničkim znanjem (izum, odnosno inovacija) može utjecati na pretvaranje konkurentskog tržišta u monopol. Objašnjava kako sustav patenata i industrijske tajne mogu smanjiti troškove proizvodnje poduzeća i povećavati profit, što inovativna poduzeća sve više približava monopolističkoj poziciji.

Mansfield (1984) ističe zanemarenost proučavanja tehnoloških promjena u svoje vrijeme. Navodi da je osobno sudjelovao u brojnim istraživanjima koja se bave međusobnom ovisnošću inovacija, I&R i tehnoloških promjena. Stavio je u vezu strukturu ulaganja u I&R te porast produktivnosti poduzeća. Također, analizirao je faktore koji su povezani sa strukturom troškova I&R u odnosu na veličinu poduzeća i industriju. Zaključci su da se uz isti iznos ulaganja u I&R kroz višegodišnje razdoblje povećava produktivnost. To upućuje na dugotrajni efekt I&R na razvoj poduzeća koji nije dovoljno prepoznat, jer je često fokus stavljen na kratkoročne „sigurne“ projekte i kratkoročne poželjne efekte. Također, dokazao je da su troškovi ulaganja u bazična istraživanja pozitivno povezani s inovativnim izlazom. Postavio je vezu između ulaganja u I&R te veličine poduzeća. Također je naglasio da se u većini industrijskih grana patentni nisu pokazali ključnim za inovatore (otprilike 2/3 poduzeća se nisu odlučili prijaviti patent). Visoko koncentrirane industrije (industrije u kojima dominira malen broj poduzeća) u postocima izdvajaju znatno manje u I&R nego ostala poduzeća (iako se radi o tržišno većim poduzećima). Maclaurin (1950) objašnjava proces inovativnosti na proizvodu radio industrije.

U svom istraživanju govori o tezi kako najprofitabilnije tržište za inovaciju najčešće nije ono tržište koje je istraženo prvo.

Levitt (1960) povezuje rast poduzeća i rast profita kroz inovacije u marketingu. U svom radu objašnjava kako gotovo svaka inovacija u marketingu dolazi od malih i novih poduzeća ili dolazi od poduzeća koja dotada nisu djelovala u industriji u kojoj su osmislili inovaciju. Osim namjernih inovacija proizvoda ili usluga, objašnjava kako veliki broj inovacija nastaje neplanski i slučajno te kako nema izvor u industriji u kojoj je inovacija nastala.

Sva ova istraživanja upućuju na snažnu povezanost istraživanja i razvoja, inovativnosti i rasta poduzeća u određenim dimenzijama. No, ono što je važno u ovom radu jest istražiti koji su to matematički i kvantitativni modeli preko kojih je moguće opisati međuodnose i simulirati takvo ponašanje s ciljem određivanja ključnih faktora rasta te poticanja rasta poduzeća i ekonomije u cjelini. U nastavku će stoga biti napravljen pregled recentnijih istraživanja iz ovog područja.

Istraživanja koja nastoje kvantitativno modelirati inovativnost, nerijetko se koriste klasičnim statističkim metodama te autori često u svojim analizama inovativnosti koriste Tobit regresiju (Mohnen, Schim van der Loeff *i dr.* (2006) i Aralica, Račić *i dr.* (2008)). Aralica, Račić *i dr.* (2008) u svom radu određuje utjecaj inovativnih komponenti na performanse poduzeća koristeći CIS III (2001. – 2003.) bazu podataka RH i Tobit regresiju te zaključuje da je inovativnost povezana s veličinom poduzeća, s internacionalizacijom, istraživanjem i razvojem, izravnim stranim ulaganjima te potražnjom. Upotrijebljen je Tobit Tip 2 regresivni model u dva koraka. U prvom koraku se određuju parametri pogodni za model te se s definiranim parametrima izračunava Mills–ov omjer kao ulaz u regresiju s pozitivnim rezultatima (drugi korak). Prvi dio istraživanja govori o odnosu veličine poduzeća (broj zaposlenih) i vjerojatnosti uvođenja novog proizvoda ili usluga u obliku „obrnute „U“ krivulje. Drugi dio se odnosi na komponente koje utječu na inovativnost od kojih su najizraženije I&R, kontinuirana aktivnost i kooperacija, prisutnost na međunarodnom tržištu te faktor povećanja potražnje (*engl. demand pull*).

Wang i Chien (2006) predviđaju inovativno ponašanje poduzeća modelirajući ih umjetnim neuronskim mrežama, na primjeru tajvanskog proizvođačkog sektora. Uspoređuju rezultate sa standardnim statističkim metodama te pokazuju da metode umjetnih neuronskim mreža ostvaruju bolje rezultate. Također u svom radu iz 2010, apliciraju adaptivni sustav neuro-neizrazitih (fuzzy) mreža (ANFIS) za predviđanje inovativnosti s još boljim rezultatima.

(Chien, Wang *i dr.*, 2010). Jung Erceg i Prester (2007) su napravili komparativnu analizu između Hrvatske i Njemačke o inovacijama u proizvodnji koristeći se EMS bazom podataka. Istraživane su odvojeno četiri industrijske grane te su došli do zaključka da se inovativnost statistički značajno ne razlikuje.

Analizu utjecajnih faktora na tehničke inovacije kineskih poduzeća pomoću „sive“ teorije sustava („grey theory system“) proveli su Xu, Zhao *i dr.* (2005). Korišteni modeli su $G(1,N)$ i $G(1,1)$. Provedena je dinamička i statička analiza $G(1,N)$ modela prvog stupnja s više varijabli kako bi se pronašli utjecajni faktori tehnoloških inovacija kineskih poduzeća, a potom koristeći se osnovnim modelom $G(1,1)$ prvog stupnja i jedne varijable, napravljeno je predviđanje prethodno pronađenih utjecajnih faktora. Neki od utjecajnih faktora analiziranih u studiji jesu prosječan trošak zaposlenika u aktivnostima na tehničkim projektima, trošak nabave domaće tehnologije, i drugi.

Saberi i Yusuff (2012) razvijaju prediktivni i klasifikacijski model koristeći se umjetnim neuronskim mrežama koji pomaže malim i srednjim tvrtkama u implementaciji inovativnih tehnologija za unaprjeđenje proizvoda, usluga ili procesa (AMT). S točnošću od 72% model procjenjuje ishod implementacije inovativne tehnologije te predviđa uspješnost adaptacije u tri klase: visoka, niska i vrlo niska.

Vodeći se modelom u kojem I&R igra najvažniju ulogu u determiniranju inovativnosti, de la Paz-Marín, Campoy-Muñoz *i dr.* (2012) razvijaju nelinearni klasifikacijski model za predviđanje I&R izvedbe za EU zemlje članice. Korišten je višeslojni perceptron i „product unit“ neuronska mreža (EPUNN). Zemlje su klasificirane u 4 kategorije inovativnosti, a za ulaz su korištena standardna I&R metrika, obrazovanje i osnovni ekonomski pokazatelji. Ističu kako njihov model sa značajno manje koeficijenata daje jednake ili bolje rezultate u uspoređivanju s drugim metodama.

Carvalho, Costa *i dr.* (2013) pristupaju analizi inovativnosti kroz višedimenzionalni pristup, proučavajući inovaciju, proizvoda, usluga, organizacije i marketinga odvojeno nad CIS4 bazom. Rezultati upućuju da aktivnosti istraživanja i razvoja provedene unutar poduzeća utječu na inovativnost, dok I&R apliciran od strane drugih organizacija nema jasan odnos. Sve inovativne aktivnosti pridonose organizacijskoj efikasnosti te nema značajne razlike između uslužne i proizvodne djelatnosti.

Weinblat (2014) u svojoj knjizi „Prediction of highly lucrative companies using annual statements“, koristeći se metodama rudarenja podataka nastoji predvidjeti buduće intenzivno inovativno ponašanje poduzeća za sljedeću godinu. Metodologija se bazira na CRISP-DM proceduri rudarenja podataka, a predikcijski model zasnovan je na stablima odlučivanja, uzimajući u obzir tri prethodne godine. Autor navodi da preferira navedenu metodu spram drugih, uključujući i neuronske mreže zbog strukture podataka (pojedine vrijednosti nedostaju kod određenih zapisa). Podaci su preuzeti s AMADEUS-ovog projekta te sadrže više od 21 milijun zapisa. Rezultati upućuju da je moguće iz skupa podataka izdvojiti određeni udio lukrativnih poduzeća s 2 do 13 puta većom vjerojatnošću ovisno o korištenim metodama.

Aplicirajući metodu modeliranja općih strukturalnih jednadžbi (Generalized Structural Equation Modeling - GSEM), Stephan, Christopher *i dr.* (2015) procjenjuju odnose između istraživanja i razvoja (I&R), inovativnosti i produktivnosti u tri etape od 2008. do 2012. Rezultati govore da se ključni čimbenici značajno razlikuju s obzirom na sektore definirane stupnjem tehnološkog razvoja. GSEM uključuje višestruke sustave jednadžbi i latentnih varijabli. Eksplanatorne varijable za poduzeća koja ostvaruju rezultate sukladno inovativnim aktivnostima jesu međunarodni udio vlasništva, prisutnost na međunarodnim tržištima, uvoz i veličina poduzeća. Najveći utjecaj navedenih varijabli ostvaruju poduzeća iz sektora visokih tehnologija, proizvodnje, i „knowledge intensive“ sektora.

Primjenjujući stabla odlučivanja u predviđanju inovativnih aktivnosti poduzeća iz sektora kemijske industrije Hajek i Stejskal (2015) kritiziraju dosadašnju praksu korištenja linearne (logističke) regresije kao alata za analizu inovativnosti. Kao razlog navode složene rekurzivne veze i visok stupanj nelinearnih karakteristika modela koje nije moguće pravilno opisati. Njihova analiza pokazuje da interna razmjena znanja predstavlja najvažniju odrednicu inovativnih aktivnosti, a također, intenzitet I&R, suradnja na inovacijama te veličina kompanije igraju važnu ulogu.

U svom radu Božić i Mohnen (2016) uspoređuju inovativnost proizvodnog i uslužnog sektora hrvatskih malih i srednjih poduzeća, koristeći CIS podatke iz 2010. za Hrvatsku. Koriste probit i multivarijantni probit model za ta dva sektora. Rezultati pokazuju da se uslužni i proizvodni sektor značajno ne razlikuju po pitanju inovativnosti, osim iznimke da se uslužni sektor više oslanja na akviziciju znanja. Također, napominje se ograničenje CIS baze koja je većinom bazirana na binarnim vrijednostima, a što implicira odabir probit modela.

Studený, Barteles *i dr.* (2016) u radu „Mjerenje inovativnosti i predviđanje performansi poduzeća“, kritizira fokusiranost dosadašnjih istraživanja na I&R kao glavnom pokretaču inovativnosti u poduzećima te razvija svoj mjerni alat, prediktor. Ideja rada je da se koristeći javno dostupna izvješća 18 velikih proizvođača automobila iz raznih financijskih omjera (indikatora) konstruira modele koji će pravilno mjeriti inovativnost i performanse poduzeća. Ideja je da se mjere rezultati u proteklih pet godina za predviđanje narednih pet. Predloženi prediktor, kojeg autori nazivaju PI, nije se dokazao kao relevantan, a autori nastoje opravdati to s kompleksnošću inovativnosti koje je po njima pod utjecajem više kvalitativnih faktora koji se teško mogu mjeriti preko financijskih pokazatelja. Također, naglašavaju da proizvođači automobila koji ulažu značajna sredstva za istraživanje i razvoj rezultate ostvaruju kroz održavanje tržišnog udjela na visoko konkurentom tržištu, dok pri tom ne povećavaju stupanj inovativnosti.

Na primjeru malih i srednjih poduzeća u Bangladešu Fan, Uddin *i dr.* (2017) izvode empirijsko istraživanje predikcijskih faktora za organizacijsku inovaciju. Dokazani relevantni faktori su upravljanje znanjem, transformacijsko vodstvo, intrinzična motivacija, itd. Primijenjena metodologija je hijerarhijska regresijska analiza.

Tan i Wong (2017) konstruiraju prediktivni model koristeći se umjetnim neuronskim mrežama. Model uspoređuje aktivnosti upravljanjem znanjem s performansama proizvodnih poduzeća u Maleziji. Upotrebljava faktore, resurse i procese upravljanja znanjem koristeći KM (knowledge management) metriku s više od 580 ključnih točaka u analizi. Rezultati ukazuju da primjena umjetnih neuronskih mreža u predviđanju performansi poduzeća s metrikom upravljanja znanjem može poslužiti kao valjan i pouzdan model.

Koristeći više-izlazne (multiple-out) umjetne neuronske mreže Hajek i Henriques (2017) su modelirali inovativnost na razini EU regija (NUTS2) s CIS4 bazom. Rezultati govore da se inovativnost pojedine regije treba gledati individualno, tj. da svaka regija ima specifične attribute. Zaključak je da se kroz ciljane inovacijske politike poticanja poduzetništva i I&R (privatnog i državnog) može ostvariti značajan efekt na inovativnost regije, a efekt je najizraženiji ukoliko su potpore usmjerene regijama s prosječnim ili ispod prosječnim I&R aktivnostima. Autori napominju da njihova više-izlazna neuronska mreža daje puno bolje rezultate nego druge metode strojnog učenja.

4 Metodologija rada

Metodologija istraživanja temelji se na modeliranju inovativnosti poduzeća sukladno postavljenim hipotezama. Modeliranje inovativnosti provedeno je primarno tehnikama strojnog učenja te usporedno i s nekom od standardnih statističkih metoda.

Strojno učenje temelji se na uporabi umjetne računalne inteligencije pri traženju rješenja, koristeći iterativne algoritme s ciljem poboljšanja točnosti na temelju empirijskih podataka. Model se konstruira postupnim procesom učenja, a moguće je pristupiti rješavanju širokog spektra problema. Cilj je pronaći skrivene zavisnosti između podataka koje su često nelinearne naravi (Maass i Storey, 2021; Sarker, 2021).

Primjer rješavanja problema korištenog u radu jest analiziranje odnosa skupine pitanja vezanih za inovacijske aktivnosti i troškove (ulaz) sa izlaznom varijablom – „stupanj inovativnosti.

Postoji veliki broj metoda strojnog učenja, na primjer: potporni vektorski stroj (*Support Vector Machine-SVM*), genetički algoritmi, stabla odlučivanja (CART, CHAID), slučajne šume, Bayesian mreže, umjetne neuronske mreže (*Artificial Neural Networks - ANN*) itd. (Maass i Storey, 2021)

U radu su korištene dvije metode strojnog učenja, a to su umjetne neuronske mreže (ANN) i slučajne šume (engl. *random forest*), tj. stabla odlučivanja (CART, CHAID) te je napravljena komparacija njihovih izvedbi.

Umjetne neuronske mreže mogu se prikazati preko skupa međusobno povezanih osnovnih jedinica - neurona. Mreže su inspirirane analogijom rada ljudskog mozga, tj. organizacijom bioloških moždanih stanica. Metodologija slučajnih šuma temelji se na generiranju skupa stabala odlučivanja koje zajedno predlažu rezultat.

Izbor pojedinih parametara i postavki statističkih metoda ili metoda strojnog učenja uvelike ovisi o prirodi ulaznih podataka. CIS upitnik fokusiran je na detaljno analiziranje inovativnih poduzeća, zato se većina dostupnih podataka odnosi isključivo na njih.

Inovativna poduzeća su predmet istraživanja te je broj ulaznih parametara za neinovativna poduzeća značajno manji. Ta činjenica jednim dijelom ograničava izradu modela za klasifikaciju na inovativna i neinovativna poduzeća, ali ostavlja mogućnost da se analizira intenzitet inovativnosti unutar skupa inovativnih poduzeća.

Postavljenim hipotezama obuhvaćeno je istraživanje odnosa inovacijskih aktivnosti te ukupnog stupnja inovativnosti za poduzeća koja su već razvila inovaciju (ili su u fazi razvijanja).

Svi dostupni zapisi su ponderirani i kao takvi su uključeni u analizu. Ukupan broj ponderiranih inovativnih poduzeća iznosi 2275 (što čini oko 40% veličine uzorka). Takav uzorak je dovoljno velik da bi se odradila kvalitetna analiza.

Za svaku hipotezu i postavljeno istraživačko pitanje napravljeno je nekoliko statističkih modela u različitim izvedbama, a rezultati su prikazani te međusobno uspoređeni. Statistički modeli su projektirani da zadovolje pretpostavke i uvažavaju početne zahtjeve (redukcija varijabli, ispitivanje zavisnosti ulaznog prostora, itd.).

U nastavku poglavlja će biti navedene hipoteze istraživanja, primarne i sekundarne metode, podaci, modeli te opis i rezultati istraživanja.

4.1 Hipoteze istraživanja

Glavni ciljevi rada su:

1. Metodama strojnog učenja istražiti koji su čimbenici najčvršće povezani s inovativnošću proizvoda, usluge, procesa, organizacije i marketinga poduzeća.
2. Kreirati klasifikacijski/regresijski model pomoću metoda strojnog učenja za prepoznavanje pojedinih tipova inovativnosti poduzeća.

U istraživačkom dijelu rada napravljeno je pet osnovnih modela. Svaki od modela opisuje inovativnost poduzeća u pojedinom segmentu. Modeli prate istraživačka pitanja i hipoteze te je svakom istraživačkom pitanju posvećena posebna analiza.

Sukladno tome, u nastavku će biti navedene hipoteze za pojedina tematska područja, a to su: aktivnosti i ulaganja, javna potpora, suradnja i ekologija. Hipoteze su testirane metodama strojnog učenja (umjetne neuronske mreže, stabla odlučivanja i slučajne šume) te kod određenih pitanja korištene su i standardne statističke metode (logistička regresija, višestruka linearna regresija)

Glavna tematska područja s pripadajućim hipotezama, nalaze se u nastavku poglavlja. Za svaku hipotezu napravljen je kratki osvrt i razjašnjenje te ukratko je navedena prateća metodologija. Detaljni opis aktivnosti i svih ostalih stavki tematskih cjelina opisan je u poglavlju „Podaci“ te u poglavlju „Opis i rezultati istraživanja“.

AKTIVNOSTI

H1: Veći broj aktivnosti vezanih uz poticanje inovativnosti proizvoda, usluga, procesa, organizacije i marketinga povezane su s većim stupnjem inovativnosti proizvoda, procesa, usluga, organizacije i marketinga poduzeća.

Hipotezom se nastoji odrediti odnos između pojedinih aktivnosti te inovacijskog outputa različitih oblika inovativnosti. Neke od inovacijskih aktivnosti su: „*interni i eksterni I&R*“, „*nabavka opreme/tehnologije*“, „*akvizicija znanja*“, „*osposobljavanje zaposlenika*“ te „*marketing i dizajn inicijative*“.

Stavljajući u kontekst navedene aktivnosti, hipoteza ispituje odražava li se broj i tip navedenih aktivnosti poduzeća na ukupni stupanj inovativnosti.

Ukupna inovativnost označava zbroj pojedinih komponenti. Svaka komponenta opisana je s posebnom vrstom inovativnosti (detaljno tumačenje u poglavlju „*Definicije inovativnosti i inovativnih aktivnosti*“). Iako je hipotezom obuhvaćen ukupni stupanj inovativnosti, u određenim okolnostima testirane su i pojedine dimenzije zasebno.

Pretpostavljeni ishod hipoteze **H1** je da će tvrtke s većim brojem inovacijskih aktivnosti pokazati i veći stupanj inovativnog outputa. Iz prethodnih istraživanja (Carvalho, Costa i dr., 2013) interne aktivnosti istraživanja i razvoja igraju ključnu ulogu, stoga je očekivanje da će rezultati biti sukladni.

Metode za provjeru hipoteze su umjetne neuronske mreže, metoda slučajnih šuma, višestruka linearna regresija te logistička regresija.

ULAGANJA

H2: Veći financijski izdaci za inovativne aktivnosti povezani su s većom inovativnošću proizvoda, procesa, usluga, organizacije i marketinga poduzeća.

Hipoteza **H2** se nadovezuje na hipotezu **H1**. Prethodno opisane aktivnosti se interpretiraju kroz izdatke, tj. iznose ulaganja u pojedinu aktivnost.

Varijable koje opisuju izdatke su kontinuirane (brojčane), dok su kod **H1** kategorijalne i to binomne (ima aktivnosti / nema aktivnosti). Potrebno je uvažiti ove razlike s metodološke strane. Premda su modeli slični, nisu isti. Jedna od determinanti različitosti jest nešto drugačiji skup ulaznih parametara (sukladno dostupnoj bazi podataka). Također, numeričke varijable je potrebno prethodno obraditi i normirati te potom analizirati. Metode za provjeru hipoteze jesu umjetne neuronske mreže, slučajne šume te višestruka linearna regresija.

JAVNA POTPORA

H3: Javna potpora inovacijskim aktivnostima povezana je s većom inovativnošću proizvoda, procesa, usluga, organizacije i marketinga poduzeća.

Pod javnom potporom se podrazumijeva bilo koja vrsta javne pomoći u obliku financijske potpore ili njezinih derivata (od smanjenja poreza, subvencioniranja kredita, jamstava i dr.) s tri moguće razine:

- Lokalna/regionalna uprava
- Centralna država/vlada (agencije i ministarstva)
- Europska unija

Hipoteza se može promatrati kao nastavak na prethodnu hipotezu **H2**, jer govori o subvencijama ili njihovim supstitutima. No postoji jedna bitna razlika, a ona se očituje u izvoru i obliku potpore. Npr., jamstva i porezne olakšice nisu u potpunosti identične subvencijama. Poduzeća na različite načine mogu gledati na vlastita ulaganja od dostupnih javnih financijskih izvora. Drugim riječima, postoji razlika percepcije korištenja dobivenih novčanih subvencija i trošenja

vlastitih sredstava. Javne subvencije mogu formativno zadovoljiti određene aspekte, ali ne moraju nužno oslikavati intrinzične motive i potrebe razvoja samog poduzeća. Predloženi metodološki alati su metode strojnog učenja (umjetne neuronske mreže i stabla odlučivanja), te standardne regresijske metode.

SURADNJA

H4: Veći stupanj suradnje na inovacijskim aktivnostima s drugim institucijama ili poduzećima povezan je s većom inovativnosti proizvoda, procesa, usluga, organizacije i marketinga poduzeća.

Hipoteza se može postaviti i na način: Poduzeća koja surađuju na inovacijskim aktivnostima s drugim institucijama ili poduzećima, ostvaruju veći stupanj ukupne inovativnosti spram drugih poduzeća bez suradnje. Indirektni cilj je identificirati ključne čimbenike suradnje povezane s najvećim doprinosom izlaznoj inovativnosti.

Suradnici mogu biti:

- Dobavljači
- Poslovni klijenti iz privatnog ili javnog sektora
- Konzultanti ili komercijalni laboratorij
- Sveučilišta ili druga visoka učilišta
- Privatni ili javni istraživački instituti

Suradnja s drugim organizacijama na inovacijama sama po sebi je važna aktivnost i nije uključena u skup prethodno navedenih aktivnosti definiranim hipotezama **H1-H3**. Hipotezom **H4** želi se ispitati važnost suradnje u stvaranju sinergijskog učinka na inovacijsku izvedbu poduzeća.

Za pretpostaviti je, da poduzeća koja surađuju na inovativnim aktivnostima ostvaruju dodatnu inovacijsku prednost spram ostalih inovativnih poduzeća, što će rezultirati s ukupno većim stupnjem inovativnosti.

Zanimljivo bi bilo vidjeti detaljniju strukturu pojedinih komponenti suradnje i tu se može očekivati znanstveni doprinos. Jako puno istraživanja je napravljeno na suradnji poduzeća sa sveučilištima (Leydesdorff i Etzkowitz, 1998; Szücs, 2018), ali recimo, bilo bi zanimljivo

vidjeti u kojoj mjeri dobavljači i konzultanti mogu poticati inovativnost. Metodološki okvir je sličan prethodim hipotezama: metode strojnog učenja, deskriptivna statistika, itd.

DOPRINOS OKOLIŠU

H5: Poduzeća čije inovacijske aktivnosti doprinose očuvanju okoliša, ostvaruju veći stupanj ukupne inovativnosti od ostalih inovativnih poduzeća.

Pod doprinos okolišu ubraja se:

- Smanjena potrošnja vode
- Smanjena potrošnja energije
- Smanjeno zagađenje vode, zraka, tla i buke
- Zamjena štetnih materijala u proizvodnji
- Zamjena fosilnih goriva s obnovljivim izvorima
- Reciklaža otpada, vode i materijala

Radi se o dijelu inovativnih poduzeća koja u procesu proizvodnje proizvoda ili plasiranju usluga ostvaruju određene prednosti za okoliš. Doprinos okolišu moguće je ostvariti i korištenjem proizvoda strane od krajnjih potrošača ili doprinos može se dogoditi u procesu proizvodnje unutar poduzeća.

4.2 Primarne i sekundarne metode istraživanja

Metodologija istraživanja stavlja težište na korištenje inteligentne podatkovne analitike pri ispitivanju hipoteza. U užem kontekstu odnosi se na upotrebu algoritama strojnog učenja kao alternativnog pristupa klasičnim statističkim metodama.

Metode strojnog učenja ne moraju nužno biti i najbolji pristup modeliranju te jednostavni statistički alati nekada mogu dati robusnije i točnije rješenje. K tome, često je poželjna kombinacija oba pristupa koji se međusobno nadopunjuju i komplementiraju. Primjerice, optimizacija ulaznog prostora (npr. PCA) prethodi konstrukciji glavnog modela (npr. ANN).

Još jedan važan razlog korištenja komparativnih tehnika jest mogućnost usporedbe izvedbe alternativnih pristupa, stoga je u istraživanju korišten širi spektar metoda, a glavne primarne i sekundarne su:

Primarne metode – strojno učenje:

- Umjetne neuronske mreže (ANN) / MLP
- Slučajne šume i stabla odlučivanja (CART)

Potporne metode – za redukciju varijabli i prikazivanje podataka:

- Višestruka linearna regresija (MLR)
- Logistička regresija (LR)
- Deskriptivna statistika
- Analiza varijanci (ANOVA)
- Korelacijski testovi (*Spearman*, *Pearson*)
- Analiza glavnih komponenti (PCA)

Mjerenje točnosti i efektivnosti rezultata:

- U slučaju klasifikacije koristite se stope klasifikacije (TN, TP, FN, FP, TPR, TNR, ACC) te ROC krivulja.
- U slučaju regresije (intenzitet inovativnosti) za određivanje točnosti modela upotrebljavaju se standardne metrike za mjerenje pogrešaka modela (MSE, RMSE, MAE, SEE) te koeficijenti korelacije (*Pearson*, *Spearman*).

Klasifikacija rezultata određuje točnost kojom model razvrstava određene stavke u tražene kategorije. Nominalne kategorije izlaznih varijable prije svega se odnose na prisutnost pojedinog oblika inovacije (proizvod, usluga, proces itd.). Svaku komponentu je moguće

zasebno testirati. Za metodološko provođenje, testiranje hipoteza i konstrukciju modela korišten je *StatSoftov*-ov alat „*STATISTICA 12*“ s uključenim modulima za rudarenje podataka i strojno učenje.

4.3 Podaci

Osnovni izvor podataka za istraživački dio rada jest CIS baza podataka. U poglavlju „*Community Innovation Survey (CIS)*“ detaljno je opisan CIS projekt, njegov nastanak, opseg, svrha, definicije i rezultati. Podaci na raspolaganju jesu rezultati anketnog istraživanja iz ciklusa *CIS2012* i *CIS2014*. Od dostupnih podataka za istraživački dio rada izabran je *CIS2014* – uzorak za Republiku Hrvatsku.

CIS2014 projekt pokriva trogodišnje vremensko razdoblje od 2012. do 2014., uključujući rubne godine⁵⁹. Istraživanje provedeno je u svih 28 EU država te u državama: Island, Makedonija, Norveška, Srbija i Turska (Eurostat(CIS9), 2020).

CIS2014 upitnik je dizajniran tako da bude komparabilan i harmoniziran među državama učesnicima. Upitnik je dizajniran od strane *CIS2014 TaskForce* i prihvaćen od svih država. Pitanja su vođena time da pokriju glavna područja trećeg izdanja *Oslo Priručnika* (OECD, 2005). Na predloženi upitnik svaka pojedina zemlja mogla je staviti specifična pitanja.

4.3.1 Metodologija provođenja anketnog istraživanja

Prikupljanje podataka provedeno je na dva različita načina: uzorkovanjem i cjelokupnim popisom unutar domene definirane populacije. Najčešće je to kombinacija obje metode (pa tako i za Hrvatsku), gdje su veća poduzeća (manji broj) obuhvaćena popisom, a manja (veći broj) uzorkovanjem.

Anketiranje je obavljeno putem nekoliko kanala. Elektroničko (on-line) anketiranje: 14 zemalja (DK, EE, EL, FI, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, NO, PL, TR); poštom: 5 zemalja (CZ, MK, MT, SI, UK); elektroničko/pošta kombinacija: 13 zemalja (AT, BE, BG, DE, ES, FR, LV, NL, PT, RO, RS, SE, SK); Face to Face: 1 zemlja (Cipar).

⁵⁹ *CIS2014* podaci su postali dostupni, tek početkom 2017., u vrijeme kada sam se pripremao za istraživanje. Nakon toga je proveden još jedan ciklus *CIS2016* (dostupnost od početka 2019. godine).

Iako je za istraživački dio rada korišten uzorak za Republiku Hrvatsku, dostavljeni podaci na elektroničkom mediju obuhvaćaju i druge zemlje (Tablica 12.).

Tablica 12. - Popis dostupnih baza podataka za CIS2014 (Eurostat-CIS9, 2014:5-6)

Država	Ciljana populacija	Anketa: Uzorak /Popis	Postotak neodaziva %
Češka	24.694	6.577	12,8
Njemačka	135.984	25.929	49,2
Estonija	3.641	2.309	20,8
Grčka	13.834	5.496	38,6
Španjolska	68.683	25.350	6,6
Hrvatska 2014	10.470	4.428	25,2
Hrvatska 2012	11.148	4.305	38,6
Cipar	1.602	1.346	0
Latvija	5.003	1.501	4,2
Litva	9.780	2.480	0,5
Mađarska	14.720	7.850	7,7
Portugal	18.601	6.802	15,7
Rumunjska	-	8.200*	-
Slovačka	8.016	3.372	21,2
Norveška	9.115	4.060	3,1
Bugarska	-	14.256*	-

Uzorak je stratificiran kroz dvije osnovne dimenzije, a to su veličina poduzeća te djelatnost poduzeća – NACE⁶⁰. Veličina je podijeljena u tri kategorije u ovisnosti o broju zaposlenih: mala poduzeća (10-49), srednja poduzeća (50-249) i velika poduzeća (iznad 250).

Klasifikacija ekonomskih djelatnosti rađena je po *NACE Rev.2* normi. Obuhvaća djelatnosti klase od A–N, što obuhvaća većinu gospodarskih djelatnosti (npr. prerađivačka industrija, industrija i IT, promet i veze, trgovina, graditeljstvo, energetika...), tj. ne obuhvaća djelatnosti od O-U (javna uprava, zdravstvo, socijalni rad, umjetnost itd.).

Poduzeće je definirano kao statistička jedinica prema „*Council Regulation 696/1993*” standardu (EEC, 1993).

⁶⁰ *Nomenclature Statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne.*

4.3.2 Uzorak

Od ukupnog broja poduzeća u RH obuhvaćenih anketiranjem (4428), popunjeni su podaci za 3265 – radi se o broju poduzeća koja su se odazvala anketi. Nadalje, od 3265 ispitanih poduzeća, 1332 je inovativnih, što predstavlja udio oko 40%.

Inovativno poduzeće jest ono koje pokazuje jedan vid inovativnosti (proizvod, usluga, proces, marketing ili organizacija) ili je u procesu stvaranja inovacije. Također, poduzeće se smatra inovativnim ukoliko je unutar referentnog razdoblja radilo na inovaciji, ali je na kraju inovacija odbačena.

Tehnološke inovacije uključuju inovacije u užem smislu, a to su inovacije proizvoda, usluge i procesa. Detaljne definicije inovacija s pratećim značajkama opisane se u poglavlju „*Definicije inovativnosti i inovativnih aktivnosti*“. Marketing i organizacijske inovacije spadaju pod domenu ne-tehnoloških inovacija te im je pridijeljen nešto manji broj pripadajućih atributa..

Unutar *CIS2014* upitnika, popunjavanje podataka uvjetovano je prethodnim odgovorima. Što znači da su mnoga pitanja međusobno povezana i ispunjavaju se specifično i slijedno za svako poduzeće.

Za neinovativna poduzeća (njih 1931, cca 60% uzorka) nisu dopunjavane rubrike povezane s inovativnošću (ulazne varijable). To su primjerice rubrike: *inovacijske aktivnosti, suradnja na inovacijama, potpore inovacijama* i sl. Ta poglavlja sačinjavaju veći dio upitnika, te je dostupnost zapisa nad kojima je moguće provesti istraživanja znatno uža, stoga baza podataka nije prilagođena za analiziranje poduzeća bez ijednog oblika inovativnog ponašanja.

Od ukupnog broja inovativnih poduzeća (1332) njih 909 sadrže sve relevantne parametre. Taj broj predstavlja inovativna poduzeća uvrštena u istraživanje. Za inovativna poduzeća koja posjeduju isključivo organizacijsku i/ili marketing inovaciju (njih 423), neka poglavlja nisu potpuna (npr. *inovativne aktivnosti, subvencije i suradnja*), no i za jednu i za drugu skupinu dostupni su podaci o ekološkim inovacijama. Na kraju za navedenih 909 zapisa dostupni su svi relevantni podaci.

Navedeni brojevi odnose se na neponderirane, tj. ne-težinske zapise unutar uzorka, a zapisi opisuju poduzeća. Naknadnom obradom uzorka (post-analiza) uvažavajući metodologiju anketiranja svakom zapisu je pridijeljen težinski faktor, ovisno o veličini poduzeća i gospodarskom sektoru unutar kojeg poduzeće posluje. Ovdje se neće ulaziti u metodologiju

anketiranja, no u analizama i rezultatima uglavnom će biti prikazivani brojevi ponderiranih poduzeća, a njihov broj je otprilike tri puta veći nego broj originalnih zapisa u bazi.

Nakon provedene post-analize ukupan broj inovativnih poduzeća (ponderirano) iznosi 2275.

Za potrebe modeliranja uzorak je nadalje podijeljen na dva podskupa:

- 85% - za učenje
- 15% - za validaciju

Za korištenje metoda strojnog učenja:

- Neuronske mreže: (učenje: 70%, testiranje: 15%, validacija: 15%)
- Slučajne šume (učenje: 85%, validacija: 15%)
- Standardne regresijske metode (konstruiranje: 85%, validacija: 15%)

Za neuronske mreže skupovi za učenje i testiranje se koriste prilikom treniranja modela, dok validacijski skup – kao i kod svih drugih metoda – opisuje do tada modelima ne predstavljene podatke. Svi modeli trenirani su s identičnim skupovima i pripadajućim podacima, poradi prikladnije usporedbe rezultata. Proporcije i veličine podskupova su također jednake za sve metode⁶¹. Logistička i linearna regresija pristupaju konstruiranju modela na deterministički način, tj. isti ulazni podaci daju jednake izlazne modele.

4.3.3 Obrazac

Detaljna struktura upitnika se sastoji od preko 134 rubrika te je obrazac podijeljen na četrnaest osnovnih poglavlja. Svako poglavlje predstavlja prosječno 12 pitanja koje se mogu interpretirati kao ulazne i izlazne varijable.

Glavna područja upitnika:

1. *Općenite informacije o poduzeću*
2. Inovacija proizvoda i/ili usluge
3. Inovacija procesa
4. *Inovacije u razvoju ili odbačene inovacije*
5. *Inovacijske aktivnosti i ulaganja u inovacije - H1 i H2*
6. *Javna financijska podrška inovacijama - H3*
7. *Suradnja na inovativnim aktivnostima -H4*

⁶¹ U određenim slučajevima napravljene su iznimke što je posebno naglašeno.

8. Organizacijska inovacija
9. Marketing inovacija
10. Ugovori s javnim sektorom o inovacijama
11. Intelektualno vlasništvo i licence
12. Ne-Inovatori
13. *Ekološke inovacije - H5*
14. *Osnovni ekonomski pokazatelji poduzeća*

Navedene cjeline prate postavljene hipoteze, tako da poglavlje pet (inovacijske aktivnosti i ulaganja) sadrži podatke potrebne za ispitivanje prve dvije hipoteze – **H1** i **H2**. Poglavlje šest (javna potpora inovacijama) pokriva **H3** hipotezu, sedma cjelina (suradnja i inovacije) opisuje **H4** te trinaesta (*ekološke inovacije*) se odnosi na hipotezu **H5**.

Veliki broj dostupnih podataka ostavlja široke mogućnosti za analiziranje specifičnih oblika inovativnosti. Radom su obuhvaćeni i pokriveni oni koncepti relevantni za postavljene hipoteze.

4.4 Ulazno-izlazni parametri

Ulaz u model čine aktivnosti poduzete s namjerom razvijanja inovacije. Ta namjera dakako ne mora nužno rezultirati sa željenim ishodom. Upravo je to jedan od ključnih zadataka istraživačkog dijela rada. Odrediti stupanj povezanosti poduzetih radnji i odgovarajućeg ishoda.

Izlazi iz modela (podvučenom linijom označeni na prošloj stranici) su sastavnice osnovnih komponenti inovacije (*proizvoda, usluge, procesa, marketinga i organizacija*). Uz to, postoji i mogući alternativni način opisivanja inovativnosti poduzeća i to preko poglavlja *intelektualno vlasništvo i licence*. Ukoliko poduzeće prijavi neki patent, zasigurno je prisutna inovacija. U istraživanju se neće razmatrati ovi podaci, no bilo bi zanimljivo kroz daljnja istraživanja napraviti i tu analizu. Također – što je prethodno navedeno – ako je poduzeće razvijalo pa odbacilo inovaciju ili je inovacija još u procesu izrade po definiciji, poduzeće se i dalje može smatrati inovativnim (OECD, 2005).

Za sva ostala poduzeća postoji kategorija (poglavlje 12) „ne-inovatori“. Njime su razjašnjeni razlozi zašto poduzeće nije, niti poduzima aktivnosti s ciljem stvaranja inovacija. Međutim, ne-inovatori nisu popunjavali podatke kategorija povezanih s inovacijama. Ovo može predstavljati

određene poteškoće u metodološkom smislu, jer nije moguće modelirati poduzeća na inovatore i ne-inovatore⁶².

Međutim, moguće je skalirati inovativnosti po intenzitetu u ovisnosti o broju kategorija inovacija. U tom slučaju, metodološki se traži povezanost između ulaznih inovacijskih aktivnosti i stupnja izlazne inovativnosti (regresijski modeli) ili razvrstavanju poduzeća na visoko i nisko inovativna (klasifikacijski modeli). Ukoliko se svakom tipu inovacije pridijeli jednak težinski faktor s jediničnim iznosom – uzimajući prethodno definiranu inovativnost poduzeća – najveći stupanj inovativnosti iznosi sedam (prisutni svi oblici inovativnosti), a najmanji jedan (poduzeće je razvilo samo jedan vid inovacije). Iz takvog se odnosa mogu razaznati ostali parametri, na primjer značajnosti udjela pojedinih aktivnosti u izlazu što može biti od praktične važnosti.

4.4.1 Varijable

Cilj je koristeći grupe ulaznih parametara modelima opisati stupanj inovativnosti. Ulazne varijable se odnose na potencijalne „prekursore“ inovativnosti. Izlazne varijable prikazuju bilo koji oblik inovativnosti ili njihov zbroj.

Sukladno opisanoj shemi obrasca u nastavku je napravljena točna raspodjela varijabli po pojedinom poglavlju sa aspekta postavljenih hipoteza. Svi navedeni pokazatelji neće biti uvršteni u metodološki okvir.

Zorniji prikaz ulaznih pokazatelja pridruženih pojedinim hipotezama opisan je u poglavlju „Opis i rezultati istraživanja“. Za svaki model je analizirana struktura ulaza i izlaza s jasno definiranim varijablama.

Ulazni pokazatelji s potencijalnim brojem (u zagradi) varijabli su:

- *Aktivnosti i troškovi (15)*
- *Subvencije javnog sektora u inovacije (4)*
- *Suradnja na inovativnim aktivnostima (10)*
- *Ekološke inovacije – motivacija (9)*
- *Osnovne informacije poduzeća (7).*

⁶² Jedan dio problema bi se mogao zaobići ukoliko bi se pristupilo modeliranju na drugačiji način, tako da se koriste osnovni ekonomski pokazatelji. Međutim, broj ekonomskih parametara je znatno sužen (svega nekoliko varijabli) te se većina podataka odnose samo na jednu godinu (a ne trogodišnje razdoblje). No, moguće je napraviti takva testiranja u daljnjim istraživanjima.

Izlazni pokazatelji su:

- *Inovacije proizvoda i usluga (19)*
- *Inovacije procesa (8)*
- *Inovacije u tijeku razvoja i odbačene inovacije (2)*
- *Organizacijske inovacije (3)*
- *Marketing inovacije (4)*
- *Intelektualno vlasništvo / licence (6).*

Iako svaki tip inovacije sadrži veći broj značajki, ono što je relevantno za modele jesu konačni binarni ishodi – postoji li inovacija pojedinog tipa ili ne postoji. Svi izlazni oblici inovativnosti opisani su s jednom kategorijalnom varijablom (da/ne) (npr., postoji li inovacija marketinga ili ne).

Ulazne varijable mogu biti kategorijalne (postojanje aktivnosti) ili kontinuirane (izdaci). Iz razloga što hipoteze primarno testiraju ukupni stupanj inovativnosti uvedena je varijabla kao derivat ukupnog zbroja svih tipova inovacija. Na primjer, ukoliko je poduzeće razvilo inovaciju usluge, procesa i marketinga, ukupni stupanj inovativnosti poduzeća jednak je 3. Za istu razinu mogu biti postavljene i sve druge kombinacije.

Osim stupnja inovativnosti od sedam stanja, moguće je promatrati intenzitet inovativnosti kao binomnu varijablu. To je moguće ostvariti transformacijom domene na dva dijela: *niska inovativnost [1-3]*, *visoka inovativnost [4-7]*. Takva varijabla može poslužiti kao svojevrsna zamjena oblika (ima/nema inovacije) te je korištena u istraživanju. Binarni klasifikatori su interesantni sa strane metoda strojnog učenja, gdje je moguće na slikovit i jasan način interpretirati klasifikatore putem mnogih metrika uspješnosti (npr. *ROC i Lift* krivlja, itd.) (Lorena, de Carvalho *i dr.*, 2009; Vuk i Curk, 2006)

Unutar pojedinih skupina ulaznih varijabli (naročito pri većem broju) moguć je određeni stupanj međuovisnosti. Zato je poželjno prethodno napraviti analizu da bi se uklonile eventualne ovisnosti. Ispitivanje međuovisnosti provedeno je s *Pearsonovim* ili *Spearmanovim* korelacijskim testom sukladno prirodi ulaznih podataka (Ottenbacher, Ottenbacher *i dr.*, 2004). Potom je po potrebi provedena redukcija ulaznog prostora putem analize glavnih komponenti (*PCA – engl. Principal Component Analysis*). što je pretpostavka korištenja standardnih regresijskih modela⁶³.

⁶³ Metode strojnog učenja ne zahtijevaju posebne početne uvjete oko razdiobe i prirode ulaznih podataka.

4.5 Metode strojnog učenja

4.5.1 Pojam, vrste i način rada strojnog učenja

Sa razvojem informatike otvaraju se mnoge mogućnosti primjene računalnih tehnologija. Računalo postaje svakodnevni alat pri rješavanju statističkih i matematičkih problema. Razvijen je cijeli niz metoda oponašanja sustava u stvarnom vremenu i realnim okolnostima. Oponašanje sustava, njegovih dijelova te provođenje simulacija i modeliranja otvorilo je vrata primjene umjetne inteligencije i strojnog učenja.

Po definiciji (Mitchell, 1997) strojno učenje (*engl. Machine Learning*) jest proučavanje računalnih algoritama koji se automatski poboljšavaju iskustvom. Strojno učenje se može definirati kao računalni sustav sposoban za učenje i prilagodbu bez davanja egzaktnih uputa za donošenje zaključaka i raspoznavanje uzoraka.

Može se promatrati kao dio šireg pojma – umjetne inteligencije. Ove dvije kategorije se ne moraju u potpunosti preklapati, ali se često koriste sa istim ili sličnim značenjem. Mnogi drugi pojmovi povezani su sa strojnim učenjem. Na primjer rudarenje podataka, kognitivna znanost, statističko učenje, teorija vjerojatnosti, prepoznavanje odnosa u bazama podataka, znanost o podacima (*engl. „data science“*), itd.

Strojno učenje u suštini sadrži nekoliko osnovnih svojstava. Optimiziranje, učenje i generaliziranje. Opisuje način treniranja generalnog modela iz dostupnih podataka za aproksimaciju stvarnih zavisnosti s minimalnom greškom i najboljom izvedbom. U užem smislu, strojno učenje može se gledati kao prilagodljivi algoritam u novim situacijama na osnovu prethodnog iskustva. Suštinska prednost dolazi iz dinamike prilagodbe adaptivnog, spram statičnog modela. U tom pogledu najzahtjevniji izazovi leže u snalaženju unutar stvarnog okruženja i u realnom vremenu, za što su se algoritmi umjetne inteligencija pokazali vrlo dobrim.

Početni razvoj umjetne inteligencije stremio je simboličkom i općenitom pristupu. Područje umjetne inteligencije više se percipiralo kao akademska disciplina s ciljem razvoja sustava sličnim čovjeku (donošenje odluka, zaključivanje, itd.). Ali zbog složenosti i određene doze nepraktičnosti (interpretacija, spremanje i obrada većih količina podataka) prevladali su drugi načini u praksi. Jaz između pojma umjetne inteligencije i strojnog učenja se proširio te se danas vrlo jasno mogu vidjeti razlike (JavaTpoint, 2011).

Zbog svoje jednostavnosti, robusnosti i učinkovitosti u današnje doba prevladavaju metode strojnog učenja kao središnji koncept razvoja umjetne inteligencije. Gotovo nema polja znanosti i industrije gdje nije moguće primijeniti koncepte strojnog učenja.

Potreba upotrebe dolazi iz nekoliko razloga. Mnoge zavisnosti među podacima nisu poznate i nije ih moguće jednostavno i jednoznačno opisati jasnim matematičko-statističkim modelima. Često dostupni podaci su opsežni, a baze preširoke da bi se mogli donijeti kvalitetni zaključci. Također, kod određenih problema – gdje ne postoje povratne informacija (*engl. „feedback“*) – jednostavno nije moguće riješiti neke probleme s klasičnim metodama.

Postoje brojni načini pristupanju učenja u ovisnosti o tipu problema. Najpoznatije kategorije su: učenje pod nadzorom (vanjski učitelj), učenje bez nadzora (bez vanjskog "inputa") i podržano učenje.

Učenje pod nadzorom (*engl. „supervised learning“*) nastoji pronaći povezanost ulaza i izlaza. Trenira se nad posebno izdvojenim skupom za učenje, dok se točnost ispituje s podacima koje model nije imao prilike vidjeti. Veza ulaz-izlaz može biti višestruko nelinearna i izuzetno kompleksna, zato osnovni linearni statistički modeli često nisu adekvatni. Glavni parametar (*engl. feedback*) jest povratna informacija o grešci modela (razlika između izlaza modela i stvarnih podataka) koju je potrebno optimizirati, tj. minimizirati. U tom smislu, strojno učenje pod nadzorom se može interpretirati kao problem optimizacije, tj. matematičkog programiranja (što je grana matematike). Optimizacijom se nastoji pronaći globalni minimum višedimenzionalnom prostoru. Ovaj oblik učenja je intuitivan i korišten je u disertaciji (umjetne neuronske mreže, slučajne šume i stabla odlučivanja) (Caruana i Niculescu-Mizil, 2006).

Kod učenja bez nadzora (*engl. „unsupervised learning“*) model ne dobiva nikakav oblik povratne informacije te nastoji riješiti problem na osnovu unaprijed zadanih kriterija. Ulazni podaci nisu označeni niti kategorizirani. Metodom se traže određene zakonitosti unutar skupa podataka (npr. njihova raspodjela u prostoru, tj. grupiranje, *engl. „clustering“*). Također, ovom metodom moguće je napraviti segmentaciju, obradu slike, dubinske analize itd. Rudarenje podataka (*engl. „data mining“*) se može smatrati jednim oblikom učenja bez nadzora, gdje se analiziraju podaci i otkrivaju njihove međupovezanosti.

Podržano učenje (*engl. „reinforcement learning“*) je najizazovnija metoda jer zahtjeva komunikaciju sa stvarnim svijetom (obično u realnom vremenu) i u interakciji je direktno s tijekom uzastopnih događaja, dinamički se prilagođavajući novonastalim okolnostima. Koristi

kumulativnu nagradu (nagrada s odgodom) kao cilj napredovanja. Podržano učenje se može interpretirati kao inteligentnog agenta koji balansira između otkrivanja novih mogućnosti i korištenja postojećeg znanja. Sve aktivnosti koje model provodi nisu nužno optimalne te su nerijetko određeni potezi „žrtvovani“ s ciljem ostvarivanja globalnog optimalnog rezultata.

Unutar navedenih pristupa postoje brojni tipovi strojnog učenja. Najpoznatije i već spomenute metode su umjetne neuronske mreže (ANN), stabla odlučivanja (*engl. „decision trees“*), slučajne šume (*engl. „random forest“*). Nadalje, stroj potpornih vektora (*engl. „support-vector machines“ SVM*), Bayesove mreže, itd.

Obično pojedinačni model strojnog učenja ne mora nužno pokazivati superiorne rezultate spram drugih oblika. Nerijetko kombinacija metoda predstavlja puno bolji pristup. Ishodi često ovise i o prirodi i obliku podataka te o vrsti i kompleksnosti problema. No, često metode strojnog učenja zbog svoje univerzalnosti i adaptivnosti daju bolja rješenja od klasičnih statističkih metoda. U ovom radu je napravljena komparacija rezultata dvije najpopularnije metode strojnog učenja, a to su modeli umjetnih neuronskih mreža (ANN) te slučajnih šuma. Unutar stabla odlučivanja korištena je i metodologija slučajnih šuma (*engl. Random Forest - RF*). Rezultati su potom – gdje je bilo prigodno – uspoređeni sa standardnim statističkim metodama da bi se dobio bolji dojam o izvedbama modela.

4.5.2 Umjetne neuronske mreže (ANN)

Koncept ANN-a počinje još od McCullocha i Pittsa (McCulloch i Pitts, 1943) konstruiranjem prvog računalnog modela neuronskih mreža. ANN predstavlja jednu od najpoznatijih metodologija u području umjetne inteligencije za rješavanje problema klasifikacije i predikcije. Snažan tehnološki razvoj te rapidno povećanje računalne moći računala dalo je dodatni moment važnosti i korištenju mreža.

Umjetne neuronske mreže se mogu interpretirati kao visoko distribuirano i paralelno nelinearno računalo. Sam koncept povlači analogiju s biološkom arhitekturom mozga te njegovim unutarnjim uređenjem. Mozak se može promatrati kao golemo paralelno i distribuirano računalo s velikim brojem osnovnih jedinica – neurona. No, za razliku od biološke inačice, računalne neuronske mreže su znatno jednostavnije. Bez obzira na to, do sada su se pokazale kao moćan alat u rješavanju širokog spektra problema.

Primjena ANN mreža prisutna je gotovo u svim industrijama (ekonomija, znanost, medicina, industrija, IT, itd.) gdje postoji potreba za klasifikacijom ili predviđanjem budućih događaja. Klasifikacija predstavlja mogućnost razvrstavanja subjekata u različite kategorije gdje ti subjekti dijele ista ili slična svojstva. Predviđanje jest sposobnost modela da odredi vjerojatnosti određenog ponašanja na osnovu prethodno dostupnih podataka. U današnje vrijeme posebno su popularne duboke (naročito konvolucijske) neuronske mreže, a one se najčešće koriste za raspoznavanje uzoraka. Na primjer kod računalnog vida, autonomne vožnje, itd.

Neuronske mreže su inherentno nelinearni i neparametrijski model sa sposobnošću prilagođavanja i učenja na temelju dostupnog skupa podataka. Iako predstavlja nelinearan model, vrlo dobro se nosi s rješavanjem linearnih problema. Neuronske mreže ne zahtijevaju stroge kriterije ulaznih varijabli (npr. normalna distribucija) niti ostala svojstva (npr. normaliziranje podataka). Upravo to neparametrijsko svojstvo ostavlja velik prostor za primjenu. Osim što ne zahtjeva posebne uvjete vezane za distribuciju i karakteristike dostupnih podataka, često podatke nije potrebno niti prethodno obrađivati. ANN mreže posjeduju svojstvo visoke tolerancije na pogreške, zbog toga predstavljaju jedan robustan i efikasan statistički alat.

Zbog svoje adaptivnosti neuronske mreže dobro zaobilaze probleme pristranosti (*engl. bias*) nastale zbog početnih pretpostavki modela i distribucijske prirode ulaznih podataka. S druge strane mreže su osjetljivije na varijancu podataka (svojstvo pretreniranja modela) prije negoli na samu prirodu distribucije istih. Kompromis između dva navedena svojstva može se postići pravilnim modeliranjem i određivanjem ključnih značajki.

Iako mreže ne zahtijevaju posebne zahtjeve nad ulaznim podacima, postoji mnogo stavki koje je potrebno prethodno definirati. Odabir tih kriterija često nije jednostavan niti jednoznačan posao te zahtjeva određenu dozu eksperimentiranja da bi se postiglo optimalno rješenje. Neke od stavki koje je potrebno odrediti su arhitektura mreže, algoritam učenja, broj slojeva mreže, odabir i podjela ulaznih podataka i sl. Samim dizajnom, strukturom i konfiguracijom mreže ugrađene su a priori informacije (npr. receptivna ulazna polja ili dijeljene sinaptičke težine)(Luo, Li i dr., 2016). Receptivna polja predstavljaju prostorni konstrukt sastavljen od skupa neurona unutar odgovarajućeg sloja te ga najčešće koriste konvolucijske neuronske mreže.

Konfiguracijom je određen ulazni i izlazni broj neurona (što odgovara ulaznom/izlaznom broju varijabli). Česta je praksa da se u izlaznom sloju postavi samo jedan neuron, a može se

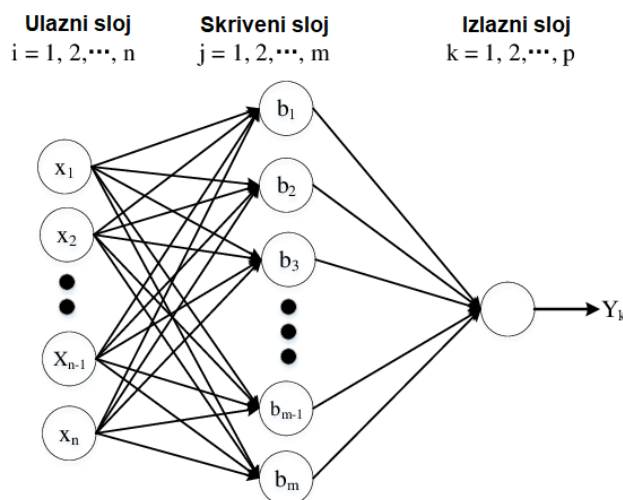
interpretirati kao zavisna varijabla tj. prediktor. Odabir određenog dizajna obično je povezan s vrstom problema koji se želi riješiti.

Jedan od važnih faktora na koji treba obratiti pozornost kod konstrukcije mreža jest obrada i raspodjela dostupnih podataka potrebnih za učenje mreže. Za razliku od mnogih drugih statističkih metoda, neuronske mreže zahtijevaju tri skupa podataka. Skup za učenje, za testiranje te za validaciju modela. Podaci unutar skupova za učenje i testiranje se koriste za konstrukciju modela, dok se skup za validaciju koristi za konačnu provjeru točnosti modela. U validacijskom skupu se nalaze podaci prethodno nedostupni mreži (*engl. out of sample*), tj. podaci nisu korišteni za učenje niti testiranje mreže. Ne postoji uniformni način raspodjele podataka niti je fiksno definirana veličina svakog od njih. Obično se za učenje rezervira veći dio podataka, dok se preostali dio podijeli za testiranje i validaciju.

Iako su neuronske mreže robusne i fleksibilne, dobra je praksa da se podaci prethodno obrade i prilagode s ciljem poboljšanja izvedbe. Pred-procesuiranje podataka obično sadrži normaliziranja te uklanjanje eventualnih trendova, naročito ako se radi o prediktivnim modelima.

Po arhitekturi i strukturi mreže se mogu podijeliti na jednoslojne i višeslojne mreže (duboke). Nadalje, mogu se podijeliti na mreže s povratnim ili bez povratnih veza, na potpuno ili djelomično povezane, na konvolucijske, radijalne itd. Kod modela bez povratnih veza ulazna informacija putuje i obrađuje se u jednom smjeru – od ulaznog sloja neurona prema izlaznom te ne postoji direktna veza prema natrag između slojeva. Mreže s povratnim vezama su nešto kompleksnije jer unose određene dinamičke momente u sustav, no nužno nisu superiornije u rješavanju problema. Jedna od najpoznatijih i najčešće korištenih mreža je višeslojni perceptron, a posebno je istaknuta inačica s jednim slojem (*engl. single-layer feedforward networks*) korištena u istraživanju.

Jednoslojni perceptron se zapravo sastoji od tri „stupca“ neurona kako je prikazano na *Slici 21*.



Slika 21. - Jednoslojni potpuno povezani perceptron bez povratnih veza (CreativeCommons, 2021)

Ulazni sloj označen s „X“, skriveni sloj s „B“ te izlazni sloj sa „Y“. Naziv jednoslojni se odnosi srednji/skriveni sloj koji zapravo obnaša potpunu funkciju mreže.

Također, slika prikazuje primjer potpuno povezane jednoslojne neuronske mreže bez povratnih veza. Mreža se projektira tako da broj neurona ulaznog sloja odgovara broju ulaznih varijabli modela i u ovisnosti o modelima njihov broj varira. Izlaz iz svakog sloja (osim izlaznog) povezan je s ulazima u sljedećem sloju. Osnovna računalna jedinica – neuron – izračunava težinski zbroj svih svojih ulaza transformirajući ulaz aktivacijskom funkcijom. Aktivacijske funkcije su obično nelinearnog karaktera (npr. sigmoidna funkcija) te doprinose složenosti modela da bi se njime mogle uhvatiti eventualne nelinearnosti promatranog problema. Jednoslojni perceptron (Raudys, 1998) se može opisati formulom:

$$y_t = w_0 + \sum_{j=1}^q w_j \varphi \left(w_{0j} + \sum_{i=1}^p w_{ij} y_{t-1} \right) + e_t, \quad \varphi(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (4.1)$$

. gdje p – predstavlja broj ulaznih neurona, q – broj skrivenih neurona, w – težinski faktori, dok φ – predstavlja nelinearnu aktivacijsku funkciju

Kod dinamičkih mreža moguća je izmjena i same strukture, dok kod klasičnih mreža mijenjaju se težinski faktori svakog neurona. Taj proces se zove učenje ili treniranje mreže. Učenje se može interpretirati kao postupak optimizacije težina s ciljem dobivanja što bolje izvedbe i manje greške. Greška predstavlja razliku između stvarne i izračunate vrijednosti. Postoji mnoštvo algoritama preko kojih je moguće optimizirati težine, a jedna od najpoznatijih metoda

za višeslojni perceptron je metoda učenja s povratnom propagacijom i svrstava se u kategoriju učenja pod nadzorom.

Drugim riječima, nakon što mreža izračuna određeni rezultat, on se uspoređuje s testnim skupom podataka te se mjeri pogreška. Podatak o greški se koristi za daljnje optimizacije težina (propagacijom greške prema natrag). Dinamika promjene težina igra važnu ulogu u traženju optimalnog rješenja. Ukoliko je stopa promjene prevelika ili premala može se dogoditi da se ne pronađe pravo rješenje. Postoje i druge učinkovite metode nelinearne optimizacije poput *BFGS-Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno* ili *Scaled Conjugate Gradient*. Pojedine metode pristupaju učenju na različite načine te su neke učinkovitije za rješavanje određenih tipova problema od drugih. No zna se dogoditi da metode koje zahtijevaju manji broj koraka zahtijevaju veću računalnu snagu, stoga odabir prave metode igra važnu ulogu u projektiranju umjetnih neuronskih mreža (Zhang, 2004).

4.5.3 Slučajne šume i stabla odlučivanja

Stabla odlučivanja su koristan i pregledan alat često korišten u praksi. U zadnje vrijeme, njihova upotreba jest sve učestalija a primjenjuju se za klasifikaciju, predikciju i rudarenje podataka. Iako su naizgled jednostavna, stabla odlučivanja kroz prizmu strojnog učenja mogu rješavati vrlo kompleksne i nelinearne probleme te je njihova praktična upotreba našla prostora u mnogim područjima (ekonomija, medicina, znanost, itd..)

Slično kao i kod modela umjetnih neuronskih mreža, stabla odlučivanja ne postavljaju stroga ograničenja ulaznih parametara i podataka. Predstavljaju neparametrijski model i mogu raditi s kategorijalnim i numeričkim varijablama. Stabla se svrstavaju u tip strojnog učenja pod nadzorom. Učenjem se ciklički i rekurzivno razvija stablo (ili stabla), izvode rezultati te se provjerava točnost. Kod određenih modela (npr. modela slučajnih šuma) sukladno točnosti/grešci iterativno se mijenja konfiguracija modela s ciljem postizanja što manje pogreške.

Stabla odlučivanja za razliku od neuronskih mreža se mogu opisati kao „white-box“ model, što znači da je moguće egzaktno uočiti procese izračuna rezultata. Postoji mnogo algoritama i vrsta stabala. Glavna dva tipa odnose se na vrstu problema koja rješavaju, a to su problem klasifikacije (odabir dva ili više odvojenih ishoda) te regresije (predikcije ili određivanja numeričke vrijednosti sukladno ulazima u model).

Najpoznatije vrste stabala su CART (*Classification And Regression Tree*), CHAID (*Chi-square automatic interaction detection*) te naizmjenične/slučajne šume kao širi pojam (često sadrže CART stabala)

Algoritmi predstavljaju postupak razvoja stabla, tj. na koji način se slažu čvorovi (elementi stabla) u konačni oblik. Postoji nekoliko ključnih operacija pri konstrukciji stabla, a to su odabir korijenskog čvora, postupak podjele čvorova na grane te kriterij zaustavljanja. Najpoznatiji algoritmi su: GINI, hi-kvadrat, redukcija varijance, ID3 (engl. *Iterative Dichotomiser 3*), C4.5, itd. (Rokach i Maimon, 2005).

Korijenski čvor predstavlja početnu poziciju iz koje se razvija cijelo stablo. Nakon što algoritam izabere glavni čvor, stablo se razvija sukcesivnim i rekurzivnim grananjem prema krajnjim čvorovima. Podjele su obično binarne (tj. čvorovi se dijele na dvije pod-grane), no kod određenih tipova stabala (CHAID) moguće su i višestruke podjele. Na kraju procesa izgradnje stabla – sukladno postavljenim kriterijima – algoritam se zaustavlja (za svaku granu posebno) i u konačnici cijelo stablo završava s rastom, tj. poprima svoj konačni oblik.

Osim jednokratne konstrukcije stabla, postoje tehnike s kojima je moguće generirati višestruka (ansambl) stabla putem metoda „*boosting*“ i „*bagging*“. „*Boosting*“ metoda je sekvencijalnog tipa, tj. podaci se redosljedno predstavljaju modelu, dok „*bagging*“ (skraćenica „eng. bootstrap aggregating“) podržava paralelni pristup gdje se naizmjenično iz uzorka odabiru podaci (mogu se ponoviti isti zapisi) te se sukladno uzorku prave nova stabla.

Motivacija višestrukih modela i algoritama (*boosting/bagging*) jest povećati točnost, smanjiti pristranost/varijancu podataka, učiniti model stabilnijim, ukloniti efekt „pretreniranja“ (engl. *overfitting*) te ostvariti sinergijske učinke tako da se od niza jednostavnih stabala stvori zajednička jaka i robusna kompozicija. U radu je korištena metodologija slučajnih šuma kao krovne metode stabla odlučivanja.

CART metodologija opisuje klasifikacijska i regresijska stabla odlučivanja te predstavlja jedan od temeljnih algoritama. Klasifikacijska stabla koriste „mod“ kao srednju vrijednost dok regresijska (kada je kontinuirana varijabla) – prosjek. Zaustavni kriterij obično je definiran GINI indeksom, ali se mogu zadati i dodatni uvjeti (npr. minimalni broj čvorova prilikom dijeljenja). Rast stabla se može gledati kroz korake: odabira čvorova, izračuna uvjeta za grananje (GINI algoritam), provjere stop kriterija te konačnog čišćenja stabla.

CART stabla (kao i većina drugih) imaju prednosti u jednostavnosti, robusnosti, širini primjene te mogućnosti pristupa nelinearnim problemima. No, postoje određeni nedostaci koji su svojstveni ovoj metodi, a to su nestabilnost i problem „pretreniranosti“. Također, ostvaruju slabije performanse nad regresijskim kontinuiranim varijablama nego kod problema kategoriziranja, što je inače problem i kod većine drugih metoda stabla odlučivanja.

Nestabilnost se očituje kad male varijacije u detaljima dizajna mogu uzrokovati velike promjene u strukturi te u konačnici rezultirati s potpuno različitim ishodima. Pretreniranost opisuje karakteristiku neefikasnosti modela nad podacima koje model nije vidio (*eng. out-of-sample*), dok je s druge strane model efikasan nad skupom podataka koje koristi za treniranje.

Pretreniranost ovisi o puno parametara, napose o zaustavnim kriterijima učenja i konačnoj veličini i kompleksnosti stabla – što su stabla veća i kompleksnija, to je veća vjerojatnost predimenzioniranosti. Postupak s kojim se smanjuje efekt pretreniranosti jest čišćenje stabla (*eng. pruning*)

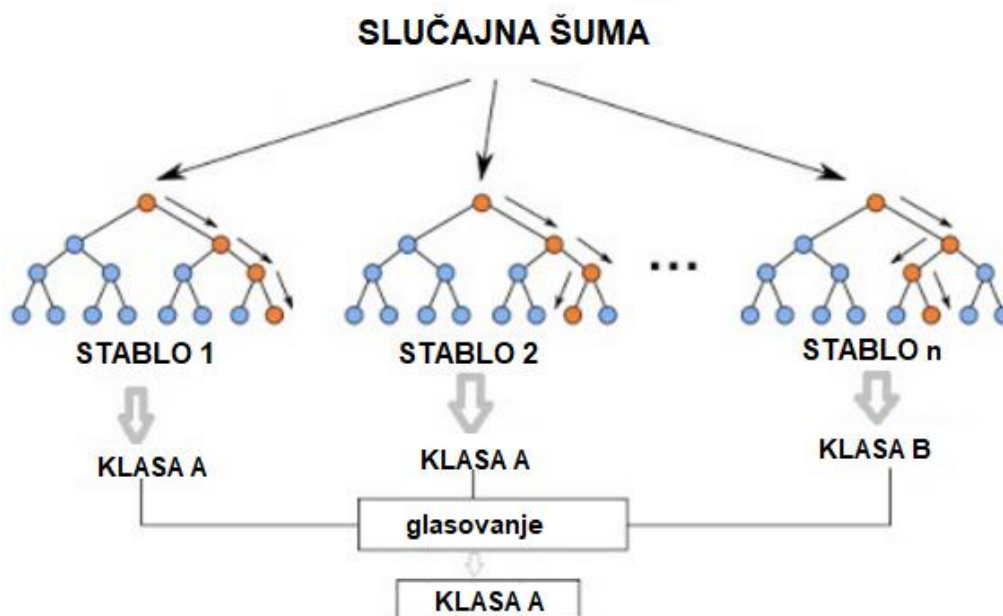
CHAID metoda konstrukcije stabala u suštini upotrebljava hi-kvadrat test kao osnovni kriterij odabira čvorova i uvjeta grananja. Hi-kvadrat testira nezavisnost podataka te rekurzivno ispituje sve ulazne varijable (u ovom slučaju moraju biti kategorijalne) u odnosu na izlaznu (Rokach i Maimon, 2005) . Ulazne varijable analiziraju se u paru i direktno uspoređuju sa zavisnom varijablom kako bi se pronašla sličnost tj. povezanost (izračunava se značajnost povezanosti). Sukladno rezultatima i izračunatoj statističkoj signifikantnosti izabiru se čvorovi i radi daljnja razdioba.

Za razliku od CART metode, CHAID omogućuje podjelu na više od dvije grane. Pošto se koristi hi-kvadrat test kao glavni kriterij odabira, CHAID može riješiti problem prethodne zavisnosti i povezanosti ulaznih varijabli bez prethodnog procesuiranja podataka što model čini robusnijim. Također, CHAID dalje nešto bolje rezultate kod efekta pretreniranost.

Da bi se zaobišli tipični problemi povezani s modeliranjem pojedinih stabala, razvijeni su algoritmi za kreiranje skupova (ansambl) stabala. Jedno od rješenja koje implementira takve algoritme jest model slučajnih šuma. Slučajne šume koriste „*bagging*“ tip algoritma. Naizmjeničnim odabirom parametara i podataka nastoje se eliminirati neželjeni efekti kao što su nestabilnost, pristranost i varijanca.

Slučajne šume se sastoje od skupa zasebno stvorenih stabala. Proces razvoja pojedinog stabla je sličan već opisanim postupcima no kompleksnost konačnog modela (šume) je značajno veća (slučajne šume se može smatrati „*black-box*“ modelom). Algoritam konstrukcije stabala koristi visok stupanj naizmjeničnosti što rezultira sa širokim spektrom mogućnosti. U prvom koraku se od početnog uzorka nasumično uzima pod-uzorak „*bootstrap*“ iz kojeg se trenira model⁶⁴. Iz njega se slučajnim odabirom od ukupnog skupa „*M*“ odabire „*m*“ varijabli ($m < M$), razvijaju se stabla, računa rezultat i pogreška rezultata te se postupak ponavlja (sa drugačijim parametrima i varijablama) dok nisu zadovoljeni zaustavni kriteriji.

Metoda slučajnih šuma koristi polugu sinergije gdje se od većeg broja slabije razvijenih jedinica – stabala – dobiva jedan zajednički robustan model. Pojedina stabla često ne podliježu procesu čišćenja iz razloga da bi se ubrzao postupak generiranja što većeg broja. Što je više stabala (iako su pojedinačno slabija) model je u pravilo precizniji. Na *Slici 22.* je naveden pojednostavljeni shematski prikaz modela slučajnih šuma – primjer rješavanja problem klasifikacije. U praksi se obično generira velik broj stabala (npr. 100-200). Odabir klase (kao i kod ostalih modela) rezultat je „glasovanja“ („*MOD*“ funkcija), tj. najčešće pojavnosti rezultata pojedine kategorije, a za kontinuirane vrijednosti računa se prosjek.



Slika 22. - Shematski prikaz strukture slučajne šume (Jagannath, 2020)

⁶⁴ Slično kao i kod ANN-a, samo što u ovom slučaju „*bagging*“ algoritam može višestruko uvažiti isti zapis iz uzorka.

Stabla odlučivanja općenito bolje rješavaju probleme klasifikacije nego regresije jer su prirodno strukturirani za to. Kod regresije algoritmi raspodjeljuju kontinuiranu varijablu na segmente (što stabla implicitno rade s algoritmima učenja) i onda posebno svaki segment svrstavaju kao pojedinu kategoriju (Rokach i Maimon, 2005). U istraživanju je dodatno olakšan takav pristup jer je interval ulaznih, a i izlaznih varijabli podijeljen u diskretne stupnjeve.

5 Opis i rezultati istraživanja

5.1 Opis ulazno-izlaznih atributa modela

U ovom poglavlju napravljen je opis glavnih ulazno/izlaznih komponenti modela s pripadajućim atributima. Njihova interpretacija neophodna je za razumijevanje istraživanja i interpretaciju rezultata. Točne definicije inovativnosti preuzete su iz Oslo priručnika i Eurostata (Eurostat CIS, 2014). Mnogi pojmovi su spominjani u prethodnim poglavljima („*Definicije inovativnosti i inovativnih aktivnosti*“).

Aktivnosti i troškovi povezani s inovacijama.

Aktivnosti predstavljaju inicijative poduzete s namjerom realiziranja bilo kojeg tipa inovacija (ili više njih). Aktivnostima su obuhvaćene sve glavne komponente usko povezane s razvojem inovacija proizvoda, procesa i usluga. Aktivnosti se direktno deklariraju kao radnje s namjerom uvođenja novog ili značajno poboljšanog proizvoda, usluge i procesa⁶⁵.

Tablica 13. - Aktivnosti i njihovi nazivi (Eurostat CIS, 2014)

Naziv aktivnosti: <u>Istraživanje i razvoj unutar poduzeća:</u>
Skraćeno ime varijable: „ <i>interni-R&D</i> “
Opis: <i>Aktivnosti istraživanja i razvoja poduzeća sa svrhom stvaranja novih znanja ili za rješavanje znanstvenih ili tehničkih problema (uključujući interni razvoj softvera)</i>
Naziv aktivnosti: <u>Istraživanje i razvoj izvan poduzeća:</u>
Skraćeno ime varijable: „ <i>eksterni-R&D</i> “
Opis: <i>Poduzeće je sklopilo ugovor o istraživanju i razvoju s drugim poduzećima (uključujući poduzeća iz vlastite grupacije) ili s javnim ili privatnim istraživačkim organizacijama.</i>
Naziv aktivnosti: <u>Nabava strojeva, opreme, softvera i zgrada:</u>
Skraćeno ime varijable: „ <i>akvizicija-opreme</i> “
Opis: <i>Nabava naprednih strojeva, opreme, softvera i zgrada koji će se koristiti za razvoj novih ili značajno unaprijeđenih postojećih proizvoda, usluga ili procesa.</i>
Naziv aktivnosti: <u>Akvizicija postojećeg znanja od drugih poduzeća ili organizacija:</u>
Skraćeno ime varijable: „ <i>akvizicija-znanja</i> “

⁶⁵ Aktivnosti se eksplicitno ne stavljaju u relaciju sa ne-tehnološkim tipovima inovacija (marketing i organizacijske inovacije) te sa inovacijama u razvoju i odbačenim inovacijama. Stoga je zanimljivo ispitati njihov odnos sa inovacijskim aktivnostima. (H1a i H1b).

Opis: <i>Akvizicija postojećeg znanja, „know-how“, autorskih djela, patentiranih i ne-patentiranih izuma od strane drugih poduzeća ili organizacija za razvoj novih ili značajno poboljšanih proizvoda, usluga ili procesa.</i>
Naziv aktivnosti: <u>Osposobljavanje i obuka za provođenje inovacijskih aktivnosti:</u>
Skraćeno ime varijable: „osposobljavanje“ Opis: <i>Vlastita ili ugovorena obuka za zaposlenike poduzeća, ciljano za razvoj i/ili uvođenje novih ili značajno poboljšanih proizvoda, usluga i procesa.</i>
Naziv aktivnosti: <u>Uvođenje tržišnih inovacija:</u>
Skraćeno ime varijable: „marketing-aktivnosti“ Opis: <i>Vlastite ili ugovorene aktivnosti poduzete s ciljem uvođenja novog ili značajno unaprijeđenog proizvoda ili usluge na tržište, uključujući istraživanje tržišta, promocije i oglašavanja.</i>
Naziv: <u>Dizajn aktivnosti:</u>
Skraćeno ime varijable: „dizajn“ Opis: <i>Vlastite ili ugovorene aktivnosti poduzete s ciljem promjene izgleda, oblika ili upotrebljivosti proizvoda ili usluga.</i>
Naziv: <u>Ostale aktivnosti:</u>
Skraćeno ime varijable: „ostalo“ Opis: <i>Ostale vlastite ili ugovorene aktivnosti za implementaciju novih ili značajno poboljšanih proizvoda, usluga i procesa – kao što su studije izvodljivosti, ispitivanja, izrada alata, industrijski inženjering, itd.</i>

Sve navedene aktivnosti (njih osam) se mogu prikazati kao binomne varijable, drugim riječima postoji li aktivnost ili ne. Ulaz u model moguće je prikazati kao zbroj svih aktivnosti. U tom slučaju minimalni iznosom je 0, a maksimalni 8. U istraživanju je testiran ali nije izabran takav pristup, nego su varijable ostavljene kao zasebne jedinice ili su aktivnosti dimenzionalno reducirane s ciljem povećanja točnosti modela.

Uz same aktivnosti dostupne su brojčane vrijednosti, a odnose se na povezane novčane izdatke. Kod modeliranja, zasebno su analizirani troškovi, a zasebno aktivnosti – dva različita modela.

Subvencioniranje inovativnih aktivnosti od strane javnog sektora

Subvencije predstavljaju bilo kakvu vrstu javne financijske potpore za razvoj inovacije te mogu dolaziti iz različitih izvora. Uključuje pomoć putem poreznih olakšica ili odbitaka, grantova,

subvencioniranih zajmova i jamstava za zajmove. Razine financijske potpore odnose se na lokalni, nacionalni i EU nivo. Ovisno o tome dolaze li potpore iz lokalne zajednice, države ili Europske unije putem projekata ili sličnih inicijativa. Varijable korištene za konstrukciju modela su nazvane „*lokalno*“, „*nacionalno*“ i „*EU*“

Suradnja na inovativnim aktivnostima

Predstavlja sudjelovanje i suradnju s drugim poduzećima ili organizacijama na inovacijskim aktivnostima. Poduzeća i organizacije nužno ne trebaju imati komercijalne rezultate i koristi. Definirano je više oblika suradnje, ovisno s kojim tipom poduzeća ili organizacije je suradnja realizirana. To mogu biti (u zagradi su navedeni nazivi varijabli):

- Dobavljači materijala, opreme, komponenata ili softvera („*dobavljači*“)
- Kupci ili klijenti iz privatnog sektora („*privatni-klijenti*“)
- Kupci ili klijenti iz javnog sektora („*javni-klijenti*“)
- Druga poduzeća i konkurenti sektoru poslovanja poduzeća („*konkurenti*“)
- Komercijalni laboratoriji ili konzultanti („*konzultanti*“)
- Institucije visokog obrazovanja i sveučilišta („*sveučilišta*“)
- Privatni, javni ili državni istraživački instituti („*instituti*“)
- Druga poduzeća unutar grupacije („*grupacija*“)

Ekološke inovacije

Odnose se na poduzete aktivnosti s ciljem posizanja inovacija pogodnih za okoliš. Takve inovacije uključuju nove ili značajno poboljšane proizvode, usluge i procese te organizacijske ili marketinške metode koje ostvaruju određene benefite za okoliš (u odnosu na ostale alternative).

Ekološke inovacije mogu biti primarna svrha ili nusprodukt drugih ciljeva kroz ostvarene ekološke doprinose. Inovacija se može interpretirati kroz proces proizvodnje proizvoda i razvijanja usluge ili kroz njihovo korištenje od strane krajnjih potrošača.

Ekološke inovacije/doprinosi unutar poduzeća:

- Ušteda potrošnje materijala i/ili vode po jedinici proizvodnje („*ušteda-materijala*“)

- Ušteda potrošnje energije i/ili ugljičnog dioksida („*ušteda-energije*“)
- Smanjeno onečišćenje zraka, vode, buke ili tla („*smanjeno-onečišćenje*“)
- Zamjena materijala s manje opasnim i nečistim supstitutima („*zamjena-materijala*“)
- Zamjena fosilnih goriva s obnovljivim izvorima energije („*obnovljivi-izvori*“)
- Reciklaža vode, materijala ili otpada za vlastitu uporabu ili prodaju („*reciklaža*“)

Ekološki inovacije/doprinosi prilikom korištenja od strane krajnjih potrošača:

- Ušteda potrošnje energije i/ili ugljičnog dioksida („*ušteda-potrošač*“)
- Smanjeno onečišćenje zraka, vode, buke ili tla („*onečišćenje-potrošač*“)
- Olakšano recikliranje proizvoda nakon uporabe („*recikliranje-potrošač*“)
- Produženi vijek trajanja, zbog kvalitete i trajnosti proizvoda. („*trajnost*“)

Izlazni parametri:

Značenje i točne definicije izlaznih varijabli opisane su u poglavlju „*Definicije inovativnosti i inovativnih aktivnosti*“, a to su:

- Inovacija proizvoda („*proizvod*“)
- Inovacija usluge („*usluga*“)
- Inovacija procesa („*proces*“)
- Marketinška inovacija („*marketing*“)
- Organizacijska inovacija („*organizacijska*“)
- Odbačena inovacija („*odbačena*“)
- Inovacija u razvoju („*u-razvoju*“)

5.2 Uzorkovanje podataka i testiranje učinkovitosti modela

Da bi se dobili konzistentni rezultati među testiranim modelima, podaci uzorka su raspoređeni na unaprijed utvrđen način. Struktura uzorka je prethodno definirana (opisano u poglavlju „*Uzorak*“) i odnosi se na skupove za treniranje 70% testiranje 15% i validaciju 15%, ovisno o primijenjenoj metodi. Podaci unutar navedenih omjera su raspoređeni nasumičnim odabirom.

Kako bi se što zornije mogli prikazati rezultati analiza, korišteni su jednaki uzorci za treniranje svih modela (gdje je primjenjivo). Različiti modeli zahtijevaju različite strukture (omjere podskupova) podataka. Najviše podskupova (tri) zahtjeva metoda umjetnih neuronskih mreža, a to su podskup za treniranje, validaciju i testiranje modela (*Slika 23.*).

Validacijski skup ili zadržani uzorak (*engl. holdout sample*) služi za validaciju i ocjenjivanje izvedbe. Za treniranje metodom slučajnih šuma (stabla odlučivanja) potrebno je definirati skupove za treniranje i validaciju, dok klasične regresijske metode ne zahtijevaju poseban skup za validaciju prilikom stvaranja modela (Refaeilzadeh, Tang *i dr.*, 2016). Međutim, prilikom modeliranja putem klasične regresijske metode (na primjer logistička regresija), moguće je odbaciti validacijski skup te konstruirati model nad preostalim podacima (skupom za treniranje). S time bi se osigurala usporedivost izvedbi svih modela, jer su korišteni jednaki podaci za sve metode. S druge strane, na takav način se gubi jedan dio podataka s kojima bi se mogao napraviti točniji model.



Slika 23. - Raspodjela uzorka za tri različite metode

Iz *Slike 23.* za neuronske mreže se može uočiti poseban skup za testiranje. Njegova funkcija jest interne naravi, tj. koristi se za „uštimaivanje“ modela. Za model slučajnih šuma nije potreban zasebni testni skup.

Kod testiranja nekih od hipoteza bit će potrebno cjelokupni uzorak podijeliti na tri jednaka djela. Svaki od tih dijelova se nadalje raspoređuje na skupove za učenje i validaciju. Razlog dodatne podjele jest korištenje „*resample*“ postupka kod neuravnoteženih varijabli. To znači da vrijednosti varijabli nisu ravnomjerno raspoređene u uzorku, nego obično jedna klasa dominira nad drugom (npr. omjer 5:1, ukazuje dominaciju klase A - broj nisko inovativnih poduzeća nad klasom B – broj visoko inovativna poduzeća). U tim slučajevima je potrebno napraviti dodatnu raspodjelu na način da broj varijabli unutar klase bude ravnomjerno raspoređen. Nadalje, prilikom testiranja hipoteza upotrebom klasifikatora broj dostupnih zapisa je nešto manji od izvornog uzorka, što će biti posebno naglašeno.

Izvedbe konačnih modela su testirane na različite načine u ovisnosti radi li se o klasifikacijskom ili regresijskom modelu. Za regresijske modele su korištene standardne metode procjene grešaka MAPE, MSE, MAE, SEE i RMSE, dok su za klasifikaciju upotrijebljene: stopa klasifikacije, konfuzijska matrica, MAE, MSE, AUC (Area Under the Curve – binarna klasifikacija), itd. Sve navedene metrike su detaljno objašnjene pod rezultatima.

5.3 Ostali parametri modela

Cjelokupni zapisi unutar uzorka su ponderirani⁶⁶, što znači da je težinski faktor uračunat pri konstrukciji i testiranju modela.

Izlaz iz modela može biti varijabla ukupnog stupnja inovativnosti poduzeća (brojčana varijabla 1-7) ili razina inovativnosti (binomni oblik visoko-nisko). Dakako, moguće je i ukupan stupanj inovativnosti gledati kao ordinalnu varijablu, no u istraživanju se pokazalo da ju je adekvatnije interpretirati kao realni broj.

Osim testiranja ukupne inovativnosti, moguće je promatrati odnos ulaza s pojedinim tipom inovacija – za svaku vrstu inovativnosti zasebno. Ovakva testiranja mogla bi biti od koristi za poduzeća u kojima dominira određeni oblik inovativnosti, npr. uslužne djelatnosti. Recimo, moguće je istražiti na koji su način inovacijske aktivnosti povezane s marketing inovacijom, tj. hoće li ciljane aktivnosti doprinijeti inovaciji marketinga. Međutim, takav pristup bi višekratno povećao broj modela (7 puta) i nije obuhvaćen istraživanjem. Ali svakako, ostavljen je prostor za daljnja istraživanja.

Klasifikacijski i regresijski modeli mogu biti točniji ukoliko se prethodno uklone zavisnosti između ulaznih varijabli. Zavisnost govori o tome je li moguće napraviti redukciju ulaznog prostora (dimenzije) ukupnog broja varijabli (N) na minimalni broj neovisnih faktora (m), gdje je $N \geq m$.

Postoji nekoliko načina da se to odradi, a najpoznatije metode su: *Analiza glavnih komponenti (PCA)* – traži dimenzije po kriteriju najveće varijance; *Linearna diskriminantna analiza (LDA)* – određuje dimenzije s najvećom razlikom aritmetičkih sredina i najmanjom varijancom; *Analiza neovisnih komponenti (ICA)* – dimenzije određuje tako da maksimizira neovisnost

⁶⁶ Poradi harmonizacije rezultata anketnog istraživanja, stratifikacije, itd.

komponenti; *Faktorska analiza (FA)* – traži skrivene faktore koji opisuju promatrane varijable; *Hi-kvadrat test* – ispituje postoji li zavisnost kategorijalnih varijabli. U istraživanju je izabrana PCA metoda, premda su testirane i ostale te rezultati značajno ne odstupaju (Lee i Verleysen, 2007) . Međutim, važno je napomenuti da rješavanje zavisnosti varijabli nužno ne mora rezultirati s boljom preciznošću modela – osobito kod modela strojnog učenja.

Bez obzira na ishod, paralelno je provedena evaluacija svih modela sa izvornim varijablama zbog naknadne analize osjetljivosti ulaznih faktora (testiranja doprinosa pojedine varijable izlazu).

Metode strojnog učenja (slučajne šume i umjetne neuronske mreže) su neparametrijske, što znači da ne postavljaju striktne zahtjeve oko prirode i razdiobe ulaznih podataka niti oblika povezanosti sa izlazom. Robusne su i moguće ih je primijeniti na širokom spektru problema, uključujući linearne povezanosti. Dobro se nose i s kontinuiranim i diskretnim varijablama, ali kod strogih linearnih odnosa linearni modeli ostvaruju određene prednosti. Tehnike strojnog učenja čine centralni metodološki okvir istraživanja. Paralelno, su napravljena dodatna testiranja sa standardnim statističkim metodama (logistička regresija, višestruka linearna regresija, korelacijski testovi, ANOVA, deskriptivna statistika, itd.)

Za regresijske modele strojnog učenja izlazna varijabla (ukupni stupanj inovativnosti) interpretirana kao realni broj, iako je u suštini ordinalna varijabla (skala brojeva). Regresijski modeli (npr. logistička regresija, ANN regresija, itd.) kao rezultat aproksimiraju neprekinutu krivulju (bilo linearnu ili nelinearnu) te se odstupanjem od iste računaju greške i točnosti modela. Izlazna varijabla stupnja inovativnosti se nalazi u intervalu od 1 (najmanja inovativnost) do 7 (najveća inovativnost), ali sa stupnjevima, tj. ne postoje vrijednosti između njih. Samim time stupanj greške je uvećan , ali i dalje je moguće aplicirati regresijske modele nad takvim podacima– što nije neuobičajeno u praksi uz određene pretpostavke (Torra, Domingo-Ferrer *i dr.*, 2006:467). Jedna od važnih pretpostavki jest da su numeričke udaljenosti između kategorija otprilike jednake.

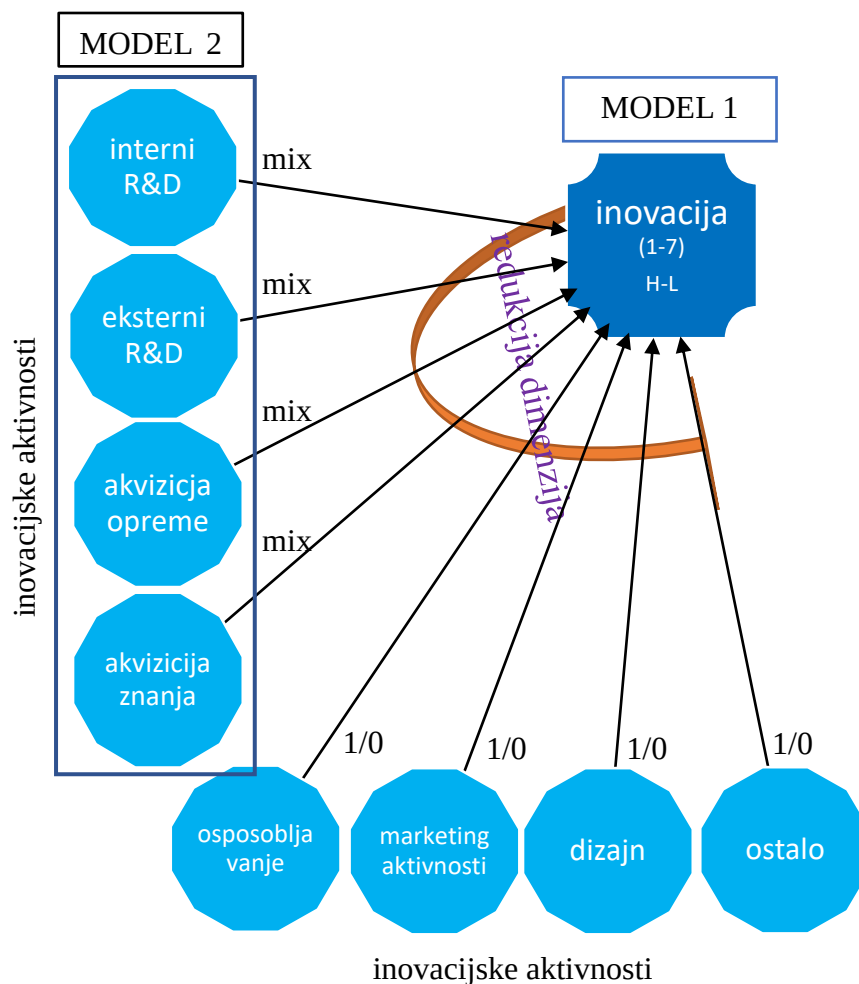
Cilj takvog pristupa jest potvrditi prethodno dobivene rezultate osnovnih modela te ih staviti u međusobni odnos. Jedna od prednosti regresivnog pristupa s ordinalnim varijablama jest uključivanje dodatne informacije međusobnog odnosa klasa, što nije moguće dobiti ukoliko se koriste čisto nominalne varijable. Iz tog razloga, ordinalni regresijski modeli se mogu pokazati kao dobro rješenje.

Postoje statističke tehnike koje se fokusiraju na opisivanje ordinalnih regresijskih modela – kao što su ordinalna logit i probit regresija – no u praksi se često mogu naći primjene i drugih metoda uz određene uvijete. Jedna od standardnih metoda jest višestruka linearna regresija koja je eksperimentalno pokazala dobre rezultate. Također, radi svoje praktičnosti jednostavno ju je interpretirati, prikazati i objasniti.

Standardne statističke metode postavljaju određene pretpostavke. Za metodu logističke regresije (*engl. Logistic Regression*) – slično kao i za MLR – poželjno je da eksplanatorne varijable nisu visoko korelativne, da postoji nezavisnost ostataka ("*reziduuma*"), te da postoji određena linearna ovisnost u logaritamskom području (Stoltzfus, 2011). Poželjno je također da postoji dovoljan broj slučajeva (zapisa) za konstrukciju modela. Valja naglasiti da glavno ograničenje logističke regresije je kategorijalni oblik izlazne varijable. Višestruka linearna regresija podrazumijeva postojanost linearne povezanosti te nije u mogućnosti pravilno opisivati drugačije odnose. Nadalje, postavlja pretpostavke da ostaci (razlike između rezultata modela i stvarnih podataka) podliježu normalnoj razdiobi, da im je varijanca otprilike jednaka u cijelom spektru (*engl. homoscedasticity*) te da ostaci nisu u autokorelaciji (Southampton, 2011). Također bi poželjno bilo da ulazni parametri nisu u korelaciji. Naravno, često nije moguće u potpunosti zadovoljiti sve pretpostavke i ne postoji striktno pravilo odabira modela. Poželjno je eksperimentalno provoditi istraživanja te vidjeti je li model prikladan.

5.4 Izrada modela

5.4.1 Izrada modela metodologijom strojnog učenja za prepoznavanje inovativnih poduzeća na temelju **inovacijskih aktivnosti i ulaganja**



Slika 1. - Struktura modela „Model1“ i „Model2“

Model1 je dizajniran prema **H1** hipotezi i stavlja u odnos inovacijske aktivnosti te stupanj inovativnosti poduzeća. Na *Slici 24.* navedene su sve komponente modela. Model se sastoji od ukupno osam ulaznih i jedne izlazne varijable. Ulazne varijable su binomne te mogu poprimiti vrijednosti postoji li određeni tip aktivnosti ili ne (0 ili 1).

Cjelokupni ulaz je moguće reducirati na jednu varijablu tako da se prikaže svih osam ulaznih aktivnosti u obliku zbroja. Ovakav oblik „gubi“ jedan dio informacija jer je u tom slučaju napravljena redukcija ulaznog prostora ispod minimalnog praga dimenzionalno neovisnih komponenti. No, takav pristup može biti koristan za „ad hoc“ eksperimentiranje, napose zato što je ulaz moguće interpretirati kao brojčanu varijablu. Takva varijabla može poprimiti

vrijednosti od 1 (samo jedna aktivnost je prisutna) do 8 (svih 8 aktivnosti su prisutne). Ukoliko se modeli treniranju koristeći originalnu strukturu (ukupno 8 ulaznih varijabli), svaka varijabla je zasebna može poprimiti vrijednost 0 (dotična aktivnost nije prisutna) ili 1 (aktivnost je prisutna).

Zbog većeg broja varijabli postoji mogućnost međusobne ovisnosti ulaznih varijabli. Da bi se uklonile eventualne zavisnosti i smanjio broj ulaznih varijabli odabrana je metoda *Analiza glavnih komponenti (PCA)*.

Izlazna varijabla - stupanj inovativnosti - predstavlja kumulativni zbroj različitih oblika inovacija (proizvoda, usluge, procesa, marketinga, organizacije, odbačene, u procesu). Za konstrukciju modela izlazna varijabla se može interpretirati kao kontinuirana (brojčana) ili kao ordinalna (kategorijalna). Model umjetnih neuronskih mreža preferira normalizirani oblik, stoga je izvorni interval [1-7] transformiran u područje [0-1] s diskretnim koracima od 0,143.

Alternativa izlaza jest binarna varijabla („visoka“/“niska“), a označava agregirani ukupni intenzitet inovacijskog outputa, svrstanog u dvije kategorije. Stanju „niska“ pripisane su kumulativne vrijednosti inovativnosti (1,2,3), dok je stanje „visoka“ predstavljeno s vrijednostima (5,6,7). Prikazivanje izlazne varijable na ovakav način otvara mogućnost primjene binarnih klasifikatora, a može poslužiti kao svojevrsna analogija opciji čiste podjele – postoji li inovativnost ili ne? U ispitivanju određenih hipoteza, korištene su obadvije varijante.

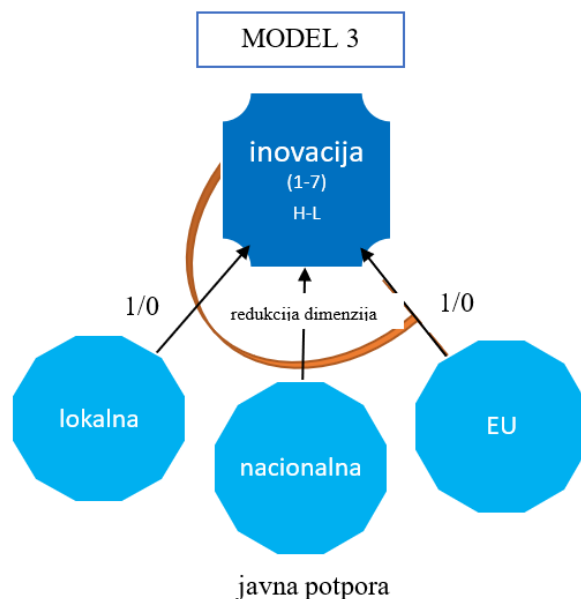
Istraživanje hipoteze **H2** odnosi se na referentni *Model2* (prema *Slici 24.* - stranice prije). Za razliku od *Modela1* zbog nedostupnosti podataka za sve aktivnosti, broj ulaznih varijabli je sužen na pet (označeno pravokutnikom + ostalo). Atributi koji se pripisuju ulazima *Modela2* u ovom slučaju su izdaci nastali zbog poduzimanja specifičnih aktivnosti, tj. ulaganja u inovacijske aktivnosti.

Ulazne varijable su prikazane kao realni brojevi, a označavaju udio izdataka od ukupnog prometa tvrtke u inovacijske aktivnosti za referentno razdoblje. Zbog velikog nesrazmjera distribucije ulaganja u inovacije, ulazni prostor je prilagođen logaritamskom transformacijskom funkcijom.

Kao i u slučaju prošle hipoteze, za testiranje **H2** hipoteze stvoreno je nekoliko komparativnih modela. Za svaku metodu (*ANN*, *RF*) po dva.

5.4.2 Izrada modela metodologijom strojnog učenja za prepoznavanje inovativnih poduzeća temeljem javne potpore inovacijskim aktivnostima

Hipoteza **H3** testira povezanost javne potpore sa stupnjem inovativnosti poduzeća. Javna potpora može dolaziti s bilo kojeg nivoa vlasti – lokalne, državne te iz Europske unije. Prema tome su i imenovane ulazne varijable: „lokalna“, „nacionalna“ i „EU“. Podaci koje opisuju varijable su binarnog oblika tj. sadrže informaciju je li bilo potpore određenog tipa ili nije.



Slika 25. - Javna potpora i inovativnost („Model3“)

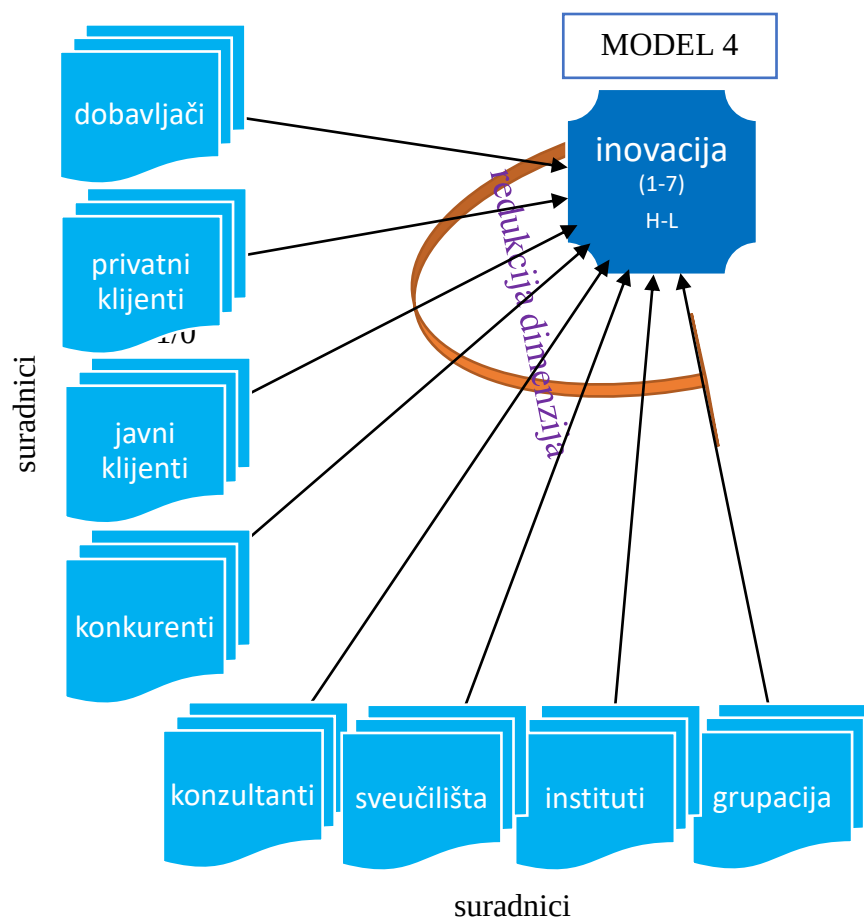
Na Slici 25. prikazana je struktura *Modela3*, te odnos ulazno-izlaznih varijabli između javne financijske potpore i inovativnosti poduzeća. Prostor ulaznih varijabli je transformiran analizom glavnih komponenti (PCA).

Izlazna varijabla „inovacija“ svojstvena je svim opisanim modelima u istraživanju, pa tako i ovdje. Osnovni *Model3* koristi kontinuiranu izlaznu varijablu te su konstruirana tri pod modela za svaku od regresijskih metoda posebno (*Model3-neuroske_mreže*, *Model3-slučajne_šume*, *Model3-višestruka_linearna_regresija*).

Ovaj model je nešto jednostavniji od prethodnih zbog manjeg broja ulaza, ali je svejedno potrebno pristupiti konstrukciji na sličan način. Također, ukupan udio poduzeća koja su primile neku vrste javne financijske potpore je u manjini te se ta činjenica treba uključiti u dizajniranje

modela na način da se uzorak podijeli tako da broj klasa bude podjednak u svakom od poduzoraka.

5.4.3 Izrada modela metodologijom strojnog učenja za prepoznavanje inovativnih poduzeća na osnovu suradnje na inovacijskim aktivnostima



Slika 26. - Suradnja na inovacijskim aktivnostima - „Model4“

Suradnja s drugim institucijama na inovacijskim aktivnostima opisana je modelom (Slika 26.) koji uključuje sve navedene moguće oblike suradnje opisane kategorijalnim varijablama: „dobavljači“, „privatni-klijenti“, „javni-klijenti“, „konkurenti“, „konzultanti“, „sveučilišta“, „instituti“, „grupacija“

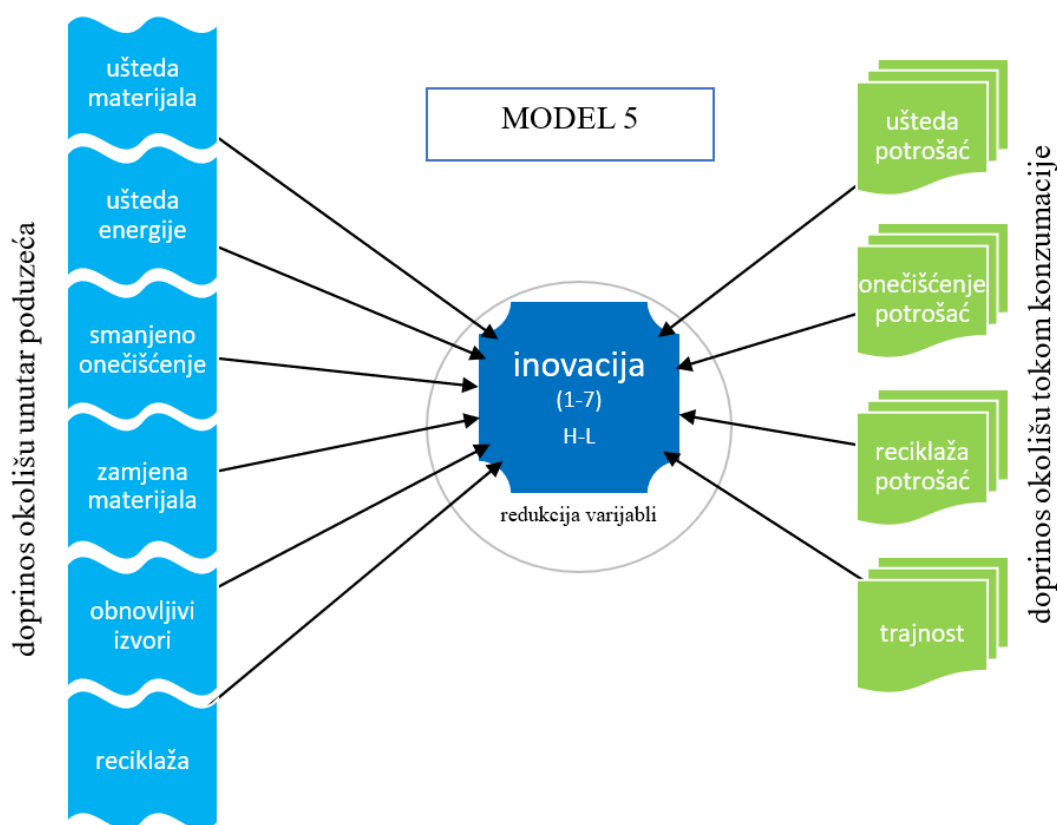
Prema hipotezi **H4** provjerava se povezanost zajedničke suradnje na inovacijskim aktivnostima sa stupnjem inovativnosti poduzeća.

Svaka od navedenih ulaznih varijabli označava indikator određene suradnje. Suradnja se može dogoditi na više lokacija⁶⁷ te se uzima njihov zbroj kao relevantan ulaz.

Svega trećina poduzeća u uzorku ostvaruje bilo koji od oblika suradnje i ako se analizira pojedini tip suradnje zasebno taj broj je znatno manji.

Iz tog razloga (osim klasične analize zavisnosti ulaza) moguće je napraviti model koji projicira sve ulaze modela u jednu varijablu (ima/nema suradnje) te s takvim ulazom testirati stupanj inovativnosti. U istraživanju su korištene posebne tehnike (opisane u rezultatima) ponovnog uzorkovanja (*engl. resample*) s ciljem umanjivanja faktora dominantnih varijabli.

5.4.4 Prikaz i analiza odnosa inovativnih poduzeća koji potiču očuvanje okoliša



Slika 27. - Doprinos okolišu i inovativnost - „Model5“

Analiza se odnosi na dio inovativnih poduzeća koja su usvojila neki od raspoloživih ekoloških inovacija, bilo da se radi o proizvodu/usluzi ili o procesu poduzeća s rezultatom doprinosa

⁶⁷ U bazi podataka posebno je navedeno i mjesto suradnje (vlastita zemlja, Europa, SAD, Kina i Indija, druge zemlje).

okolišu. Povezanost inovacijskih aktivnosti s ciljem doprinosa okolišu i inovativnosti poduzeća (prema **H5**) prikazana je na *Slici 27*.

Broj ulaznih varijabli u *Model5* je nešto veći od prethodnih slučajeva. Jedan dio varijabli (sa lijeve strane slike) odnosi se na ekološke inovacije korištene unutar poduzeća, dok s druge strane se nalaze ulazi koji opisuju doprinos okolišu nastao konzumiranjem krajnjeg produkta. Sve ulazne varijable su kategorijalnog oblika (0/1).

Model je također moguće podijeliti na dva dijela po istom prethodno navedenom principu te promatrati zakonitosti unutar svake klase. U konačnici moguće je suziti cjelokupni prostor varijabli na dvije osnovne kategorije (poduzeće, potrošači) te vidjeti koji oblik ima dominantniju ulogu.

5.5 Rezultati dobivenih modela

5.5.1 Rezultati modela za prepoznavanje inovativnih poduzeća na temelju aktivnosti i ulaganja u inovacije

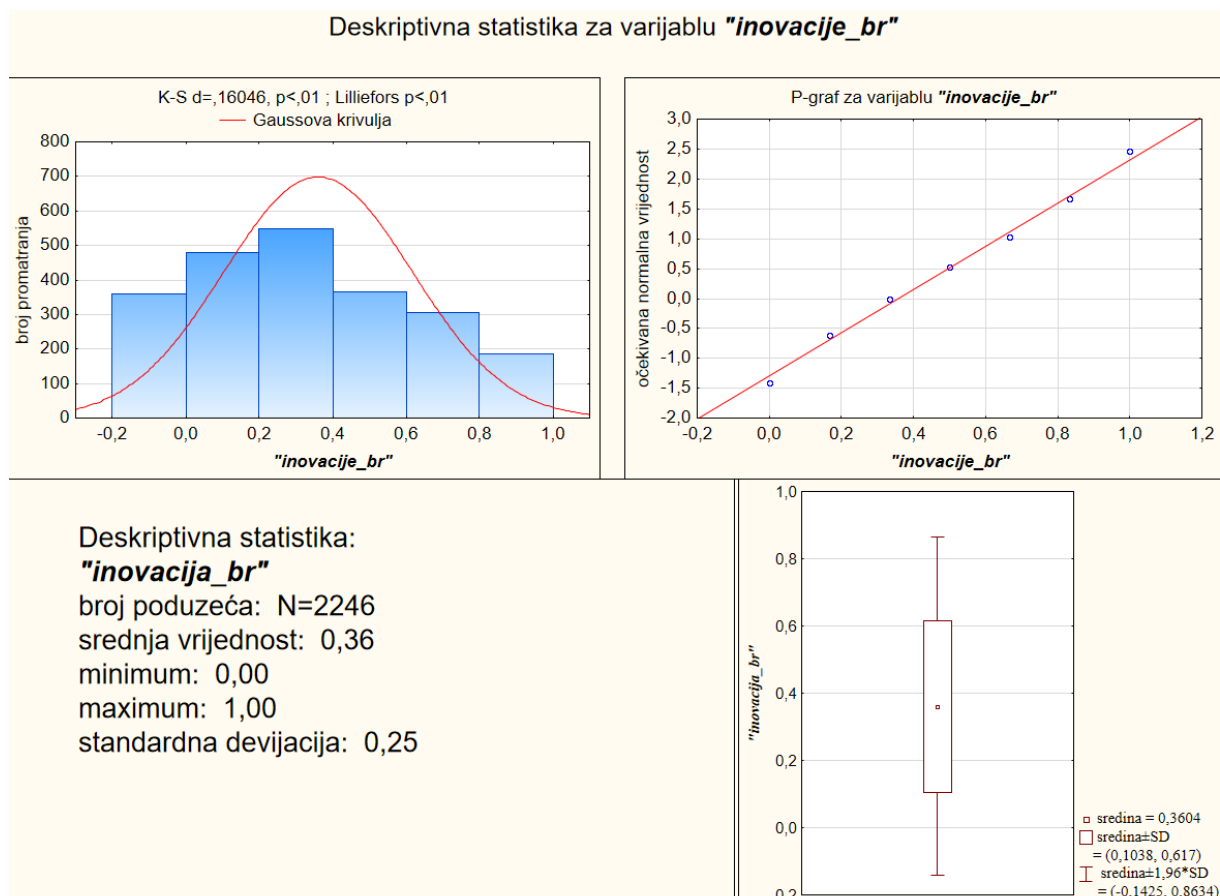
5.5.1.1 Analiza atributa modela

Radi jasnijeg razumijevanja odnosa ulazno-izlaznih parametara *Modela1*, u ovom poglavlju je napravljen sažeti prikaz strukture varijabli. Izlazna varijabla „inovacija“ je jednaka kroz sve modele i dolazi u dvije inačice. Radi lakšeg raspoznavanja brojčana inačica [1-7] imenovana je kao „inovacija_br“, a diskretna varijabla („visoka/niska“) označena je kao „inovacija_kat“. Varijabla „inovacija_br“ normirana je na područje realnih brojeva intervala [0-1].

Na *Slici 28*(stranica ispod) se može vidjeti izlazna varijabla „inovacije_br“. Iako je testnom statistikom (*Kolmogorov–Smirnovljev test*) odbačena nulta hipoteza (da se radi o *Gaussovoj* distribuciji) P-P graf (engl. *probability–probability plot*) poprilično razvidno prikazuje sukladnost normalnoj distribuciji, tj. da varijabla „inovacije_br“ prati liniju normalnosti.

Podaci su ponderirani težinskim faktorima i zbog toga ukupni broj analiziranih poduzeća iznosi $N=2246$ (*Slika 28.*), dok je stvarni broj dostupnih zapisa u bazi podataka 909 (što je otprilike 2,5 puta manje od ponderiranog broja). Postoji nekoliko razina ponderiranja, prva je na razini dizajna uzorka, a druga se odnosi na post-stratifikacijsko ponderiranje te u konačnici završna

razina jest rezultat kombinacije prethodno navedenih (Little, 1993). Detalji ponderiranja za dostupnu bazu opisanu su u „Izvyješću o kvaliteti sinteze“ za CIS2014 (Eurostat-CIS9, 2014). Post-stratifikacijsko ponderiranje naglašava potrebu ponderiranja nakon izvršenog ispitivanja kao posljedica neodgovorenih ispitanika, jer je potrebno naknadno prilagoditi strukturu odgovora da bude sukladna ciljanoj populaciji.



Slika 28. - Deskriptivna statistika izlazne varijable "inovacija_br"

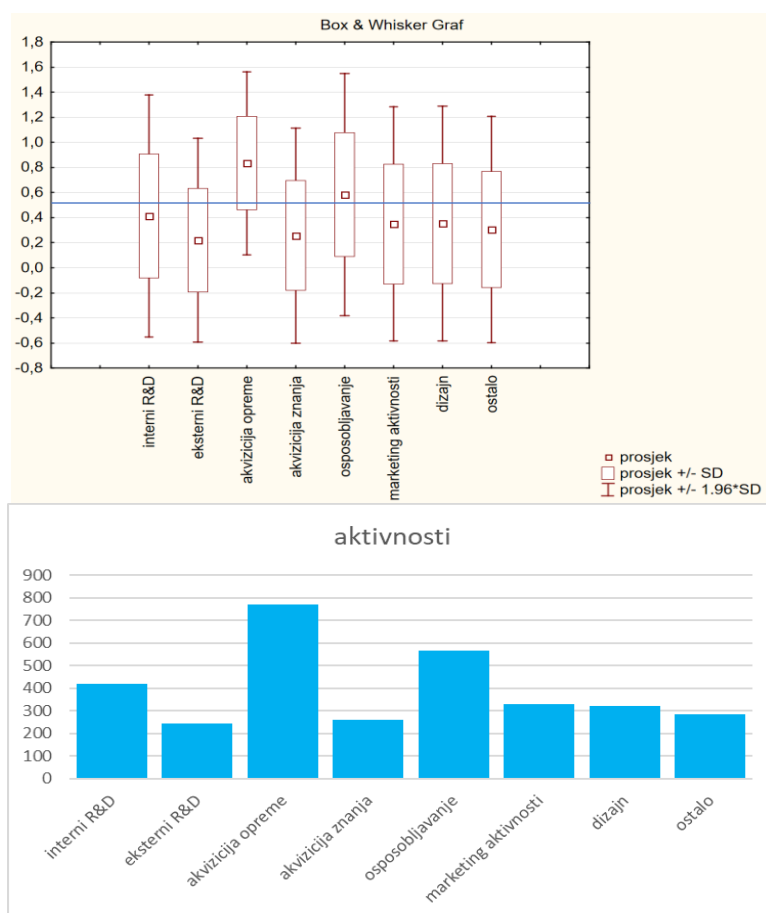
Ponderiranje se odnosi kako na izlazne tako i na ulazne varijable i svi daljnji modeli su konstruirani s uključenim težinama te se više neće posebno naglašavati u opisu.

Normirana izlazna varijabla može poprimiti sedam vrijednosti 0, 0,17, 0,33, 0,5, 0,67, 0,83 i 1, a odnose se na stupanj inovativnosti poduzeća. Ukoliko je poduzeće razvilo sve oblike inovativnosti pridružena im je vrijednost 1, a ukoliko je razvilo samo jedan oblik, vrijednost je 0. Sve između odnosi se na ostale stupnjeve. Još jednom treba naglasiti da se analiziraju samo inovativna poduzeća i povezanost aktivnosti sa stupnjem inovativnosti, a normiranje je

napravljeno jer je primjerenije za korištenje metoda strojnog učenja – napose za metodu umjetnih neuronskih mreža.

Srednja vrijednost izlaza iznosi 0,36 (*Slika 28.*) što indicira na blagu iskrivljenost u odnosu na sredinu. Drugim riječima, raspodjela poduzeća naginje više ka nešto nižem stupnju inovativnosti.

Ulazne varijable hipoteze **H1** odnose se na inovacijske aktivnosti, a deskriptivna statistika je prikazana putem *Box & Whiskerovog* dijagrama (*Grafikon 30.*). Aktivnosti su kategorijalne varijable te mogu poprimiti vrijednosti 0 – nema aktivnosti, 1-ima aktivnosti. Bez obzira, moguće je ih je numerički interpretirati i prikazati deskriptivne vrijednosti kao što su sredina i standardna devijacija.



Grafikon 30. -Struktura ulaznih varijabli - H1

U gornjem dijelu grafikona može se uočiti da su standardne devijacije ulaznih varijabli sličnih veličina (osim kod varijabli „akvizicija opreme“ i „eksterni R&D, gdje su nešto manje). Nadalje, vidljivo je da su srednje vrijednosti u prosjeku niže od 0,5 sa iznimkama varijabli „osposobljavanje“ i „akvizicija opreme“ – gdje su te vrijednosti nešto više. Niže vrijednosti od 0,5 ukazuju da je broj poduzeća koja su poduzela određenu aktivnost manji od onih koji nisu.

Nadalje, na gornjem dijelu *Grafikona 30.* prikazana je crta s vrijednosti 0,5 iz kojeg se jasno mogu vidjeti razlike u srednjim vrijednostima.

U donjem dijelu grafikona se nalazi apsolutni broj neponderiranih poduzeća za svaku aktivnost, gdje je primjerice vidljivo značajnije odstupanje broja poduzeća koja su nabavila opremu i organizirali osposobljavanje od ostatka. Ukupni broj zapisa neponderiranih poduzeća jest 909.

5.5.1.2 Redukcija ulaznih dimenzija

Ono što većina metoda zahtijeva (ili je poželjno da postoji) jest nezavisnost ulaznih podataka⁶⁸. Iz tog razloga potrebno je napraviti testiranje međusobne zavisnosti te shodno tome reducirati broj dimenzija, tj. varijabli, prema *Modelu1* (*Slika 24.*). Za testiranje međuovisnosti varijabli (svih modela u istraživanju) korištena je statistička tehnika *Analize glavnih komponenti – PCA* (engl. *Principal Component Analysis*). *PCA* se često koristi za konstrukciju prediktivnih modela, kao i za redukciju ulaznog prostora. Srodna statistička tehnika je *Faktorska analiza* koja se često oslanja na *PCA* koncept.

Metoda analize glavnih komponenti traži dimenzije u prostoru varijabli s najvećom varijancom, tj. maksimiziranje kvadratnih udaljenosti projekcija točaka na pravac od ishodišta. Suma svih takvih udaljenosti predstavlja svojstvenu vrijednost vektora. Slično kao i kod linearne regresije metoda optimizira liniju u N-dimenzionalnom prostoru tako da najbolje opiše podatke. Kada pronade takvu liniju, sljedeću postavlja ortogonalno na prethodnu te sličnim postupkom optimizira novu liniju u (N-1) prostoru i tako rekurzivno do kraja. Položaj pojedine linije određen je vektorom u N-dimenzionalnom prostoru. Na ovaj način glavne komponente su neovisne jedna od druge što i jest cilj (Abdi i Williams, 2010).

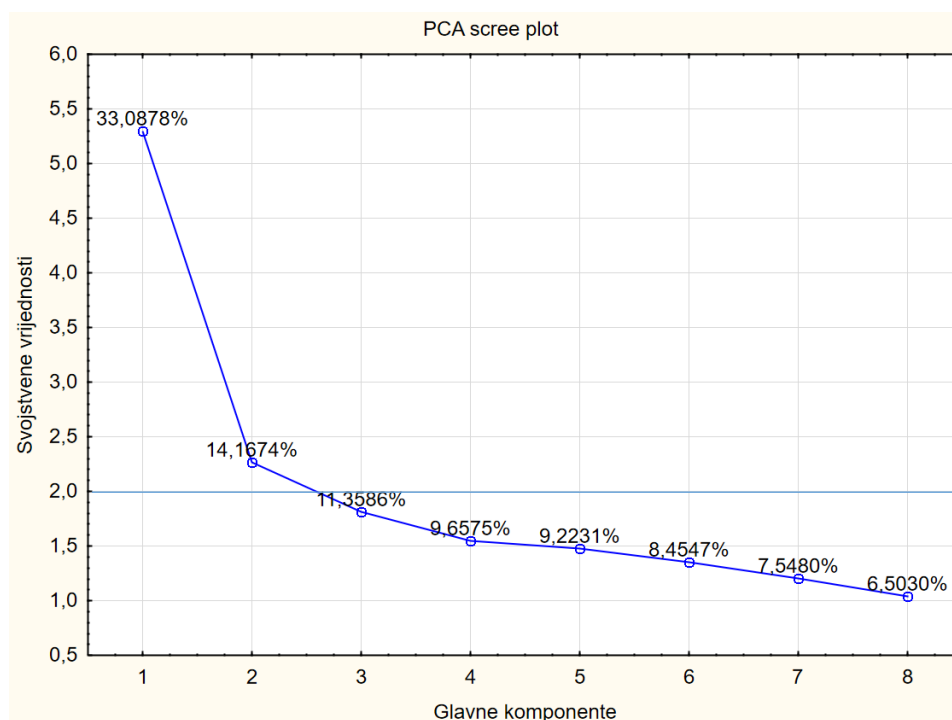
Dobra karakteristika ove metode čini jednostavnost određivanja glavnih komponenti, a sastoji se u dekompoziciji matrice kovarijanci. Kovarijantna matrica ima svojstvo da upravo glavne komponente su ujedano i svojstveni vektori te iste matrice. Zato se dekompozicijom kovarijantne matrice dolazi do osnovnih komponenti (Abdi i Williams, 2010).

Elementi vektora svake dimenzije ukazuju na važnost pojedine varijable, a ukupan broj značajnih vektora određuje konačni broj komponenti.

⁶⁸ Za metode strojnog učenja korištenih u radu (*ANN* i *RF*) nije nužni uvjet.

Cattelov dijagram („*scree plot*“) prikazuje značajnost pojedinih glavnih komponenti (Cattell, 1966) te opisuje iznos varijacije za svaku od njih. Na *Grafikonu 31.* prikazan je Cattelov dijagram za ulazne varijable hipoteze **H1**.

Postoji više načina odabira značajnosti i broja glavnih komponenti. Jedan od pristupa je da se odabere broj faktora tako da njihova ukupna varijacija iznosi minimalno 80%. (Josse i Husson, 2012). U istraživanju je korišten kriterij aproksimacije putem križne-validacije (Josse i Husson, 2012), a kao rezultat analize odabrane su prve dvije komponente. Slični rezultati dobiveni su faktorskom analizom te *Analizom nezavisnih komponenti (ICA)*⁶⁹.



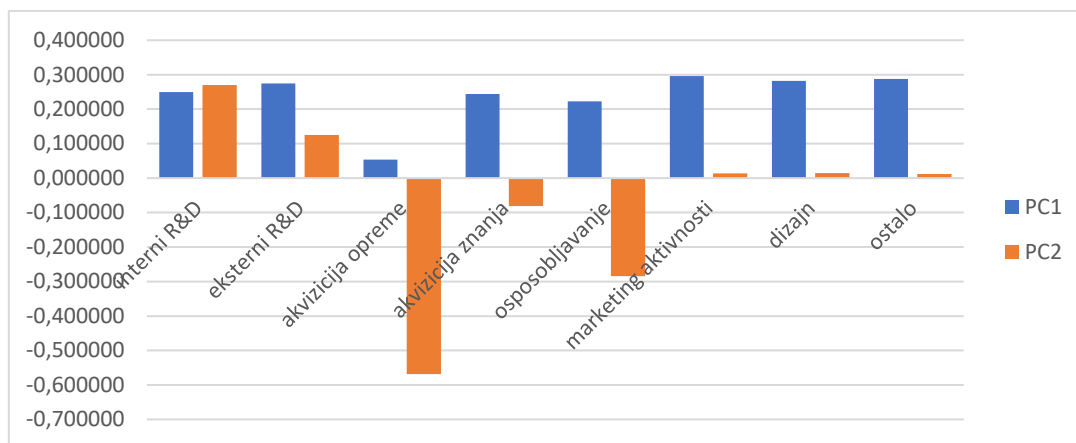
Grafikon 31. - "Scree plot" analize glavnih komponenti ulaznih varijabli

Ukupna varijacija prve dvije komponente iznosi oko 50% s koeficijentima determinacije prikazane grafom. Svojstvene vrijednosti vektora iznose za prvu komponentu $PC1=5,29$ te za drugu $PC2=2,27$. Svojstvene vrijednosti čine kvadratnu sumu udaljenosti točaka od ishodišta i viša vrijednost ukazuje na veću značajnost.

Vrijednosti elemenata svojstvenih vektora nazivaju se faktori opterećenja (*engl. loading scores*) te su navedeni na *Grafikonu 32.* Uočljivo je da se vektori najviše razlikuju nad komponentama varijabli „*akvizicija opreme*“ i „*osposobljavanje*“, što u osnovi i predstavlja njihovu glavnu

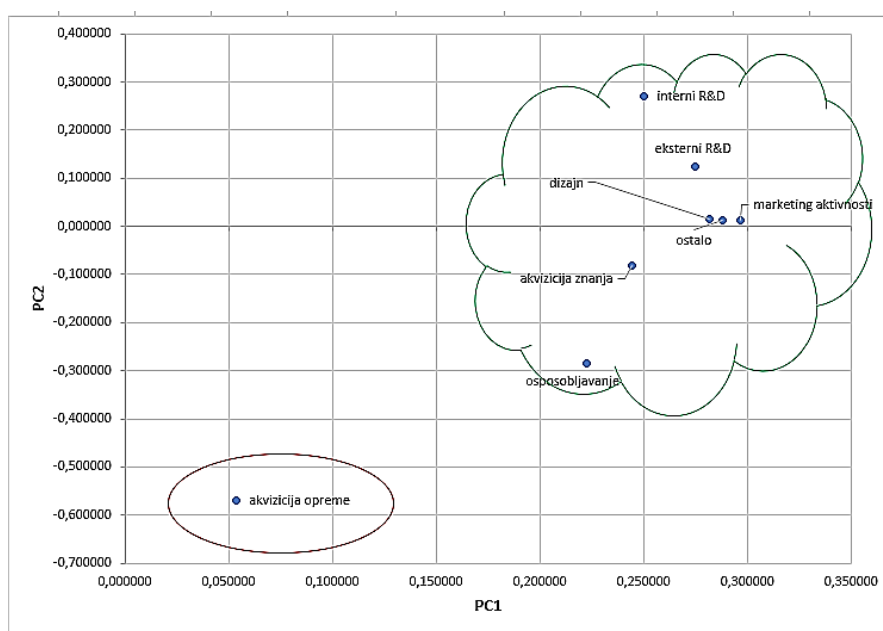
⁶⁹ Napravljena su dodatna testiranja da bi se uvidjela podudarnost metoda.

determinantu diskriminacije skupa ulaznih varijabli. Zbog normiranosti svojstvenog vektora na jediničnu vrijednost, sve njegove komponente su brojevi manji od jedan. Veći iznosi (bliži jedinici) ukazuju na povišenu značajnost pojedine varijable u dotičnom vektoru. Na primjer, vektor *PC2* uglavnom opisuje akviziciju opreme, što je vidljivo i na *Grafikonu 32*.



Grafikon 32. - Faktori opterećenja za prva dva vektora - PC1 i PC2

Slika 29. stavlja u odnos odabrane dvije glavne komponente (*PC1* i *PC2*). Njihov odnos se može interpretirati kao projekcija *N*-dimenzionalnog prostora svih dostupnih varijabli – u ovom slučaju osam – na dvodimenzionalni oblik. Iz slike je razvidno da glavna komponenta *PC1* uglavnom opisuje varijable u gornjem desnom uglu, dok – kao što je već spomenuto – vektor *PC2* prvenstveno opisuje varijablu „akvizicija opreme“.



Slika 29. - Odnos komponenti PC1 i PC2

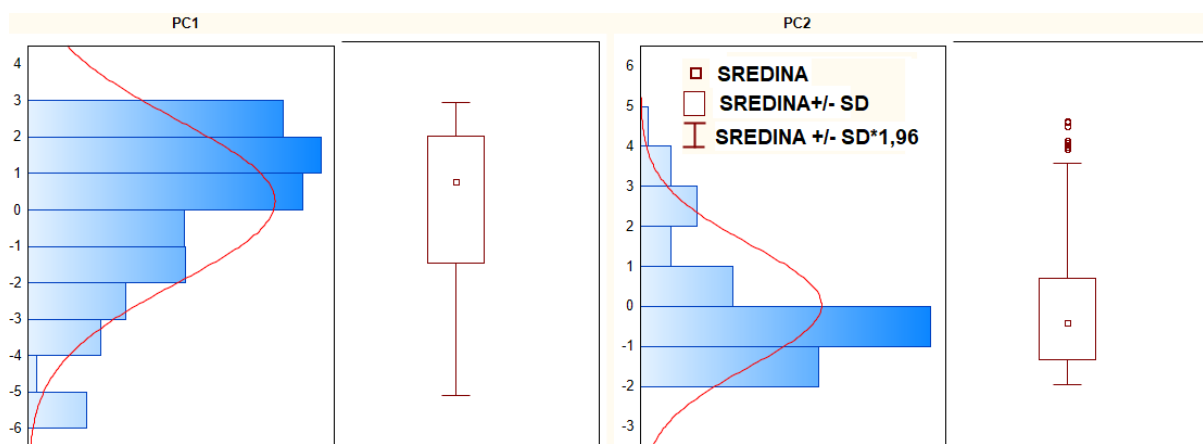
Svakom pojedinom zapisu (909) u bazi podataka umjesto originalnih osam aktivnosti sada su pridružene samo dvije komponente, tako da je za modele hipoteze **H1** potrebno uvažiti dvije ulazne varijable (*PC1* i *PC2*). Redukcija 8-dimenzionalnog prostora na 2-dimenzionalni optimizira algoritme i rješava probleme oko međuovisnosti ulaznih parametara.

Međusobna nezavisnost ulaznih varijabli uobičajena je pretpostavka za mnoge standardne statističke tehnike. Za algoritme strojnog učenja nije uvjet, ali česta je praksa, napose redukcija ulaznog prostora poradi smanjivanja sistematske greške i povećanja točnosti modela.

Ali, redukcijom ulaznog prostora varijabli ipak se gube određene informacije. Ako je taj gubitak zanemariv onda se može napraviti kompromis na račun jednostavnijeg rješenja. U istraživačkim modelima provedena je istovremeno analiza rezultata sa i bez redukcije te su uspoređivane točnosti. Između ostalog, za interpretaciju rezultata istraživanja korisno je znati značajnost pojedinih čimbenika (izvornih parametara) koji se mogu dobiti samo ukoliko su sve varijable uključene. Jednim dijelom interpretacija važnosti varijabli se može napraviti s prethodno prikazanim odnosima glavnih komponenti *PCA* analize.

Kroz višekratna testiranja i analiziranja na osnovu konačnih modela predloženi su dodatni oblici odabira ulaznih varijabli sa sličnim ishodima. Primjerice, ukoliko se napravi normirani zbroj svih aktivnosti kao ulaznu varijablu, dobivaju se slični rezultati. To isto vrijedi ukoliko se izaberu od ponuđenih 8 samo 3 ključne originalne varijable (u nastavku će biti opisane koje). Također, ukoliko se od dvije izabrane glavne komponente odabere samo prva *PC1*, neće se značajno narušiti točnost rezultata. Taj podatak upućuje da elementi *PC2* vektora ne predstavljaju presudne čimbenike modela.

Deskriptivna statistika glavnih komponenti *PC1* i *PC2* prezentirana je na *Grafikonu 33*. Može se zapaziti da je metodom analize glavnih komponenti došlo do transformacije tipova varijabli, tj. ulaznog prostora, s kategorijalnih na kontinuirane. Takva transformacija ne predstavlja problem, ali zahtjeva prilagodbu ulaza pri konstrukciji modela.



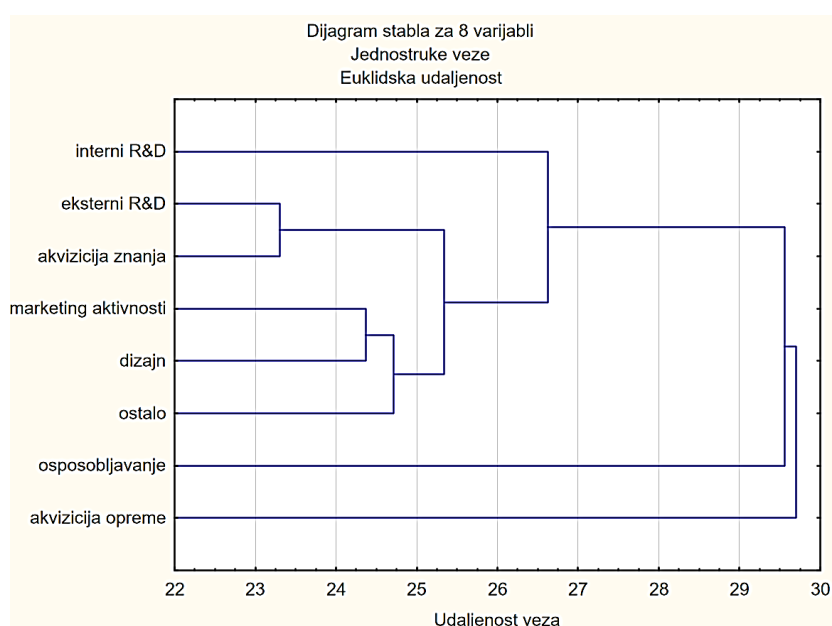
Grafikon 33. - Deskriptivna analiza glavnih komponenti PC1 i PC2

Nadalje, evidentno je da se težišta (zakrivljenosti) nalaze na suprotnim stranama, a to je posljedica PCA-analize koja nastoji maksimizirati udaljenosti točaka prostora.

Tablica 14. - Korelacijska matrica PC1 i PC2

varijable	korelacija, $p < 0,05$			
	sredina	std.dev.	PC1	PC2
PC1	0,20	2,22	1	-0,003
PC2	0,01	1,51	-0,003	1

Iz Tablice 14. se vidi da komponente PC1 i PC2 nisu u međusobnoj korelaciji, tj. da je korelacija zanemariva što je i bio jedan od osnovnih zadataka redukcije.



Grafikon 34. - Klaster analiza ulaznih varijabli

Da bi se još zornije uvidio međusobni odnos unutarnja struktura varijabli, na *Grafikonu 34.* prikazan je rezultat klaster analize ulaznog prostora. Klaster analiza mjeri sličnosti između pojedinih elemenata te ih shodno tome grupira. Korištena je metoda povezivanja jednostruke veze čija udaljenost opisuje bliskost pojedinih komponenti (Romesburg, 2004; Uremović, 2016). Razvidno je da su najbliže (najbliže) varijable „*eksterni R&D*“ te „*akvizicija znanja*“, a najudaljenija skupina jest „*akvizicija opreme*“ te „*osposobljavanje*“. Upravo takav odnos varijabli jest sukladan i *PCA* analizi gdje potonje dvije varijable pripadaju *PC2* komponenti, dok cijela grupacija ostalih varijabli *PC1* komponenti. Iz ovog odnosa se već mogu donijeti neki zaključci i interpretacije o kojima će biti više riječi u dijelu rada posvećenu diskusiji.

5.5.1.3 Rezultati metoda i modela hipoteze **H1** - **Model1**

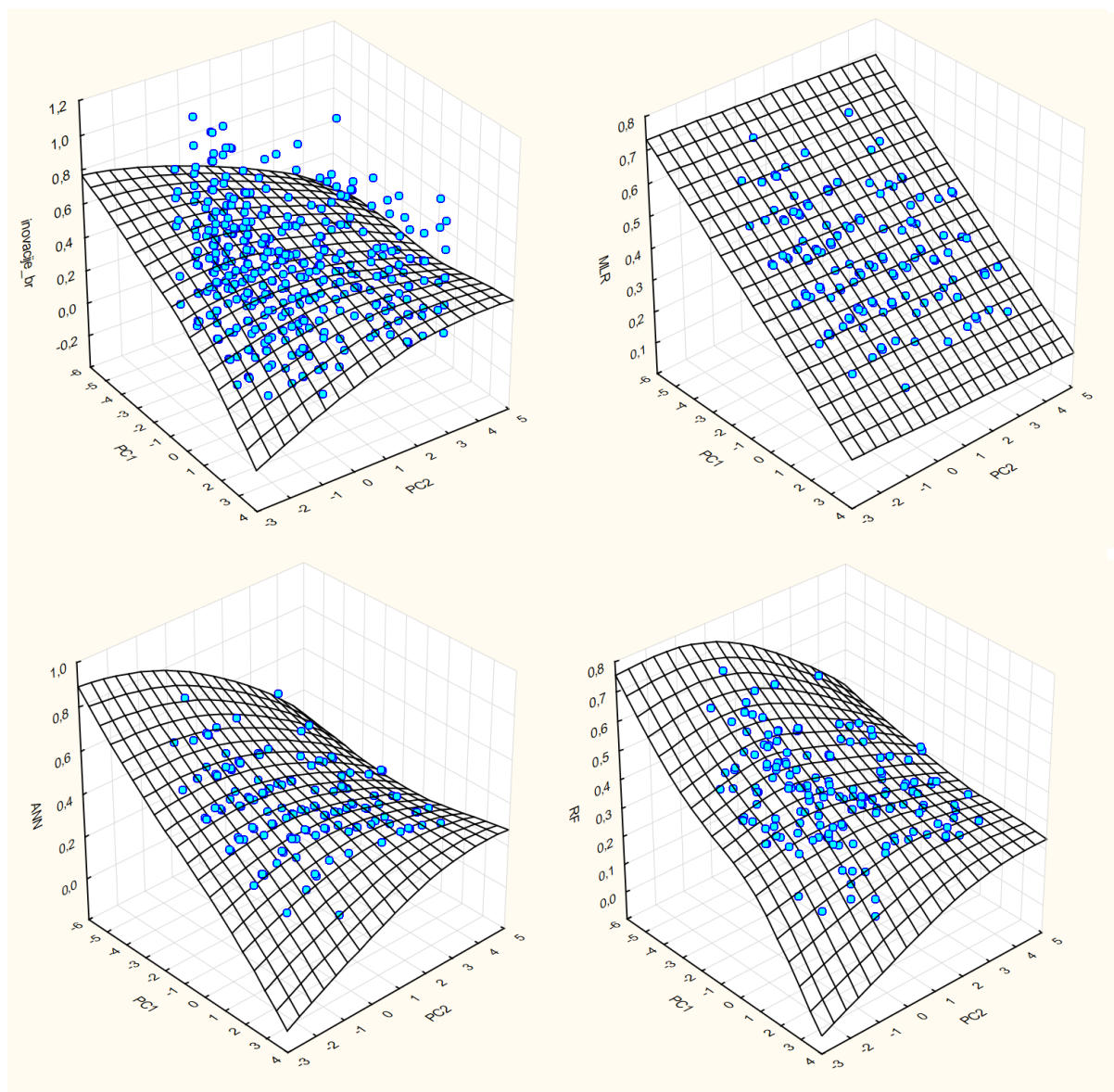
Hipotezom **H1** obuhvaćeno je 6 različitih pod-modela podijeljenih u dvije skupine (*Model1* i *Model1'*) opisane *Slikom 24.* Prva tri pod-modela (*Model1_MLR*, *Model1_RF* i *Model1_ANN*) se odnose na regresijske⁷⁰, dok preostala 3 modela (*Model1'_LR*, *Model1'_RF* i *Model1'_ANN*) na klasifikacijske modele.

Pod-modeli se razlikuju po primijenjenoj metodologiji, i to *Model1_MLR* opisuje *Model1* konstruiran s višestrukom linearnom regresijom (MLR), zatim *Model1_RF* konstruiran s metodom slučajnih šuma(RF) te *Model1_ANN* s metodom umjetnih neuronskih mreža(ANN). Slično je i kod *Model1'*, samo što je umjesto višestruke linearne regresije – zbog oblika podataka - korištena logistička regresija(LR).

Modeli udovoljavaju pretpostavkama ne-korelativnosti ulaza (nakon transformacije), međutim ostaci (razlike između predikcije i stvarnih podataka) malo odstupaju od normalne razdiobe što ukazuje na prisustvo određenih nelinearnosti. Ali zbog izražene linearne komponente analiziranih podataka, standardne regresijske metode daju zadovoljavajuće rezultate.

⁷⁰ Pod regresijske modele u radu se svrstavaju svi modeli sa izlaznom varijablom u obliku realnog broja. Iako se u nazivu LR modela spominje regresija (logistička regresija), model je zapravo klasifikator.

Rezultati pod-modela *Modela1* (MLR, ANN, RF) usporedno s originalnim izlazom („inovacije_br“) prikazani su na Grafikonu 35. Broj ulaznih varijabli je dva („PC1“ i „PC2“) te jedna izlazna, stoga ih je moguće prikazati u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu⁷¹.



Grafikon 35. - Komparativni prikaz rezultata Modela1 (MLR, ANN, RF)

U gornjem lijevom uglu prikazan je odnos „PC1“ i „PC2“ komponenti s originalnim izlazom. Redom dalje navedeni su modeli: *Model1_MLR*, *Model1_ANN* te *Model1_RF*. U crtana 3D

⁷¹ 3D/2D prikaz odnosa podataka nije moguće grafički prikazati ukoliko je ukupni broj varijabli veći od tri.

ploha predstavlja „spline“ interpolacijsku i aproksimacijsku funkciju (Grahovac, 2010) ⁷² s kojom se nastoje što bolje predočiti oblici izlaznih funkcija pojedinih modela.

Iz *Grafikona 35.* primjetno je da su izvorni podaci raspoređeni s određenim stupnjem nelinearnosti⁷³. Nelinearnost u ovom slučaju se odnosi na povezanost ulaznih komponenti „PC1“ i „PC2“ sa izlaznom varijablom „inovacije_br“, kao i svim aproksimacijama iste. Nadalje, vidljivo je da modeli strojnog učenja (*Model1_ANN* i *Model1_RN*) uvažavaju nelinearnosti, dok *Model1_MLR* daje čisto linearne rezultate – što je očekivano jer se radi o linearnoj regresiji. Također, može se uočiti težinski faktor komponenti „PC1“ i „PC2“, gdje je nagib plohe gledano po osi „PC1“ znatno izraženiji nego nagib uzduž osi „PC2“.

Osim analize izvornih podataka (*Model1* i *Model2*), kroz istraživanje je napravljeno nekoliko testiranja ne bi li se bolje uvidio odnos pojedinih komponenti. Kao što je prethodno diskutirano, jedna od navedenih alternativa ulaza je s jednom varijablom. To može biti „PC1“ dominantna komponenta ili novo uvedena varijabla „aktivnosti“.

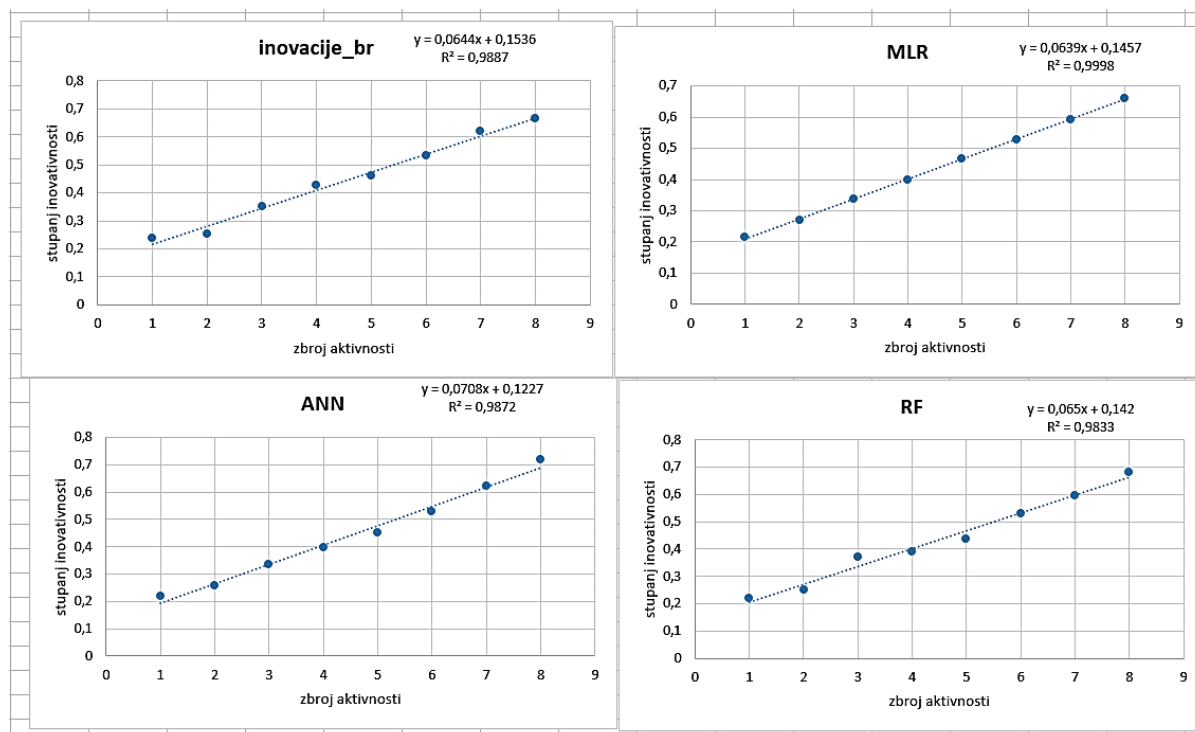
Varijabla „aktivnosti“ konstruirana je kao zbroj svih ulaza. Raspon varijable jest od 1 – poduzeće je poduzelo samo jednu aktivnost⁷⁴ (bilo koju) do 8 – poduzeće je poduzelo sve aktivnosti koje se promatraju.

⁷² „Spline“ interpolacijska funkcija je po dijelovima između točaka polinomna funkcija.

⁷³ Jednim dijelom to je posljedica diskontinuiranosti izlazne varijable.

⁷⁴ Sva analizirana poduzeća su inovativna te moraju posjedovati barem jednu inovacijsku aktivnost.

Ako se za svaki stupanj varijable „aktivnosti“ izračuna prosječna vrijednost varijable „inovacije_br“ te se to isto napravi za izlaze *Modela1* dobije se rezultat prikazan na Grafikonu 36.



Grafikon 36. - Odnos broja aktivnosti i prosječnog stupnja inovativnosti⁷⁵

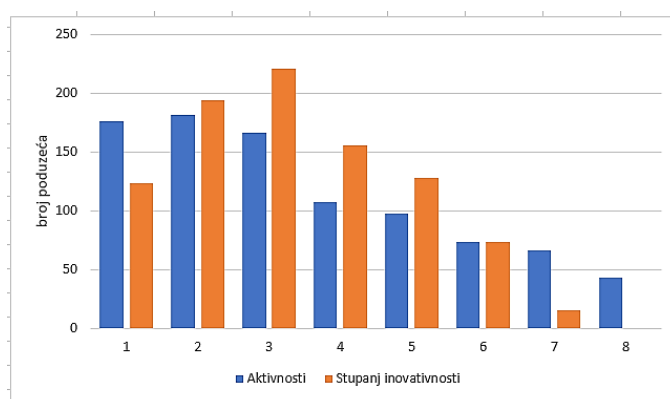
Svi grafikoni sadrže ukupno osam točaka (koliko iznosi najveći zbroj aktivnosti) te na zbirni način prikazuju odnos aktivnosti i stupnja inovativnosti. Evidentno je da postoji stroga linearna povezanost na ovaj način konstruiranih modela. Što je veći broj aktivnosti – bez obzira na tip – linearno se povećava intenzitet inovativnosti. Koeficijent determinacije jednostruke linearne regresije (R^2) je vrlo visok – kako za samo izlaznu varijablu tako i za sve ostale modele – te se kreće iznad 0,98. Isto tako vrijedi i za koeficijente pravca, tj. za nagib krivulje i za sjecište (nagib je od 0,064 do 0,071).

Gornji lijevi graf prikazuje odnos zbroja aktivnosti s pripadajućom prosječnom vrijednošću izlazne varijable „inovacije_br“. Svi ostali grafovi prikazuju istu stvar, samo umjesto izlazne varijable u odnos su stavljeni prosjeci izlaza iz *Modela1* (ANN, RF, MLR).

⁷⁵ Svi modela su konstruirani sa težinskim podacima, dok je iznimno varijabla „inovacije_br“ (na ovom grafikonu) prikazana u originalnoj formi - zbog ekstremne vrijednosti težine jednog zapisa („outlier“).

Drugim riječima, svi modeli su dobro naučili linearni odnos zbroja aktivnosti i stupnja inovativnosti - što je više aktivnosti, veći je stupanj inovativnosti. Iz navedenog se već mogu donijeti zaključci o povezanosti te prihvatiti hipoteza **H1**. No, u nastavku će biti kreirani modeli kako je prethodno opisano u poglavlju „*Izrada modela*“.

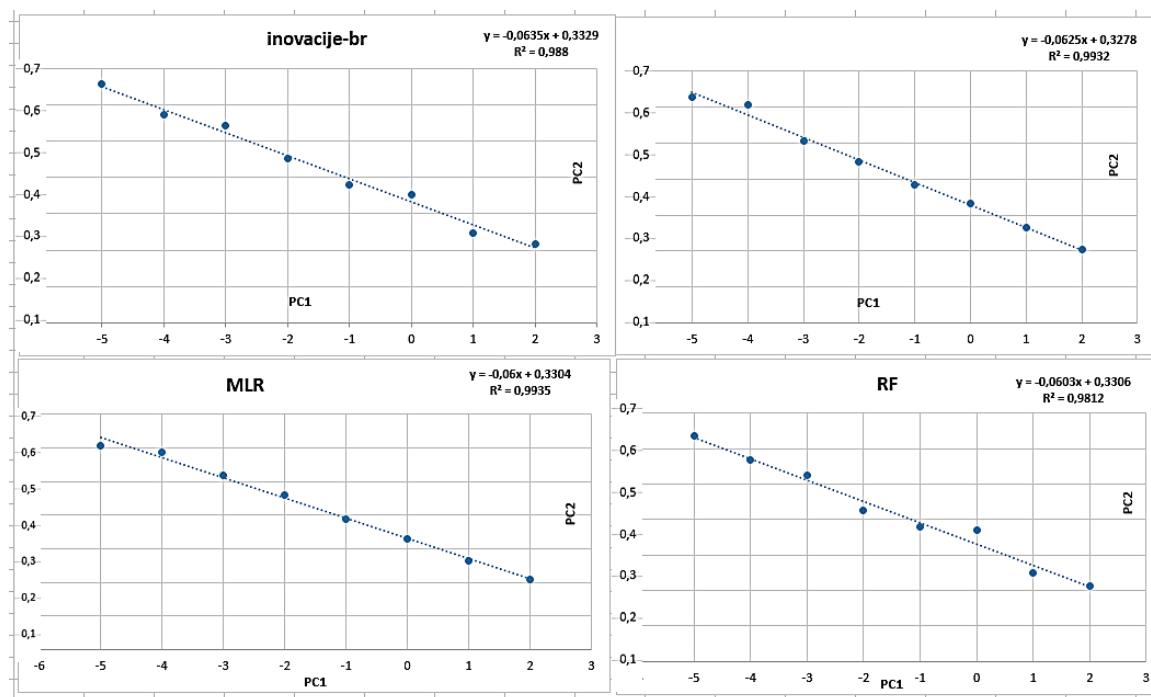
Nelinearnosti koje se pojavljuju jednim dijelom su posljedica različite zastupljenosti pojedinih ulaznih kategorija. Na primjer, broj poduzeća sa svih 8 aktivnosti znatno je manji nego onih s jednom, slično vrijedi i za stupanj inovativnosti. Odnos zastupljenosti broja poduzeća po pojedinim razinama aktivnosti i stupnjevima inovativnosti naveden je na *Grafikonu 37*. Primjerice, neponderirani broj poduzeća s razvijenih četiri oblika inovacija iznosi 155, dok je 107 poduzeća pokrenulo ukupno četiri aktivnosti.



Grafikon 37. - Neponderirani broj poduzeća ovisno o broju aktivnosti i stupnju inovativnosti

Zanimljivo je uočiti da povećanje zastupljenosti ukupnog broja aktivnosti u prva tri stupca ne prati pripadajući rast broja stupnja inovativnosti. Također, vidljivo je da zastupljenost aktivnosti ne prati normalnu razdiobu što je ispitano i dokazano statističkim testovima.

Osim broja aktivnosti, ukoliko se u odnos s prosjekom stupnja inovativnosti stavi samo prva glavna komponenta „PC1“ Modela1, dobiti će se slični linearni odnosi s nešto drugačijim karakteristikama pravca – što je očekivano jer „PC1“ komponenta preslikava ulazni prostor na nešto drugačiji način (Grafikon 38.) .



Grafikon 38. - Odnos glavne komponente „PC1“ te prosječnog stupnja inovativnosti

Koeficijent determinacije pravca linearne regresije kroz tako prikazane rezultate iznosi oko 99%, a nagib je sličnog iznosa kao prije – od oko 0,06 – samo suprotnog smjera. „PC1“ komponenta – za razliku od prethodno prikazanih razina aktivnosti – poprima vrijednosti od -5,011 do 2,878.

U oba navedena slučaja („PC1“ i „aktivnosti“), na grafovima se može uočiti da MLR model ima najmanju varijancu (najmanja odstupanja od prikazane linije). Međutim, varijanca u ovom slučaju može uključivati nelinearnosti koje MLR model nije uspio pravilno opisati, stoga nužno ne znači da daje bolje rezultate.

Varijabla „aktivnosti“ – iako je proizvoljno predložena i testirana – dobro opisuje ulazni prostor s gotovo istim regresijskim koeficijentima (ali suprotnog predznaka) kao i „PC1“ glavna komponenta. Sukladno tome, izbor ulaznih parametara modela mogao bi biti samo s jednom varijablom („PC1“ ili „aktivnosti“). Međutim, uz dodatnu komponentu „PC2“ model ipak daje nešto bolje rezultate i manju grešku, a također analiza glavnih komponenti (PCA) je prepoznala prve dvije osnovne komponente kao značajne.

Za računanje točnosti konačnih modela korišteno je nekoliko indikatora. Točnost se može prikazati na različite načine u ovisnosti o vrsti modela. Koeficijent determinacije (R^2) je prikladan za modele linearne regresije, dok kod nelinearnih oblika nije u potpunosti sukladna mjera⁷⁶ (Frost, 2014) – no i dalje se često navodi (u statističkim alatima) – stoga je prikazana i kod modela koji nisu linearni.

Neke od najpoznatijih metrika za računanje točnosti regresivnih modela, tj. razine greške modela jesu korijen srednje kvadratne greške (*RMSE – Root Mean Squared Error*), srednja kvadratna greška (*MSE – Mean Squared Error*), srednja apsolutna greška (*MAE – Mean Absolute Error*), srednja greška (*ME – Mean Error*), srednja postotna greška (*MPE – Mean Percentage Error*) (ubaciti izvor), te nešto složenije metode kao što su: *AIC (Akaike Information Criterion)* te *BIC (Bayesian information criteria)* (Botchkarev, 2018).

Većina standardnih tehnika je osjetljiva na dodatne parametre i na povećanje kompleksnosti modela. Dodavanjem novih elemenata – bez značajnijeg doprinosa izlazu – prikazuje se veća točnost modela prema nekim pokazateljima, iako to zapravo nije slučaj. Zato, validacija modela putem *AIC* i *BIC* metrike nastoji penalizirati složene modele – modele s više parametara – spram jednostavnijih modela. (Kassambara, 2017).

Referentni modeli imaju relativno malen broj ulaznih parametara (nakon redukcije ulaznog prostora) stoga nije nužno provoditi složenije metrike uspješnosti osim prethodno navedenih standardnih tehnika (Kassambara, 2017). Određivanje točnosti modela se zasniva se na raznim varijantama mjerenja udaljenosti između izlaznih vrijednosti modela te izvornih podataka. Najčešće su to kvadratne udaljenosti ili njihove izvedenice.

Metrike kvadratnih udaljenosti otklanjaju mogućnost međusobnog poništavanja razlika te se često pojavljuju u opisima, (npr., standardna devijacija, standardna greška regresije, itd.). Određivanje apsolutne greške – slično kao i kvadratne – traži prosjek svih odstupanja bez obzira na predznak razlike. Mjera korijena srednje kvadratne vrijednosti (*RMSE*) po svojoj naravi je slična kao i prosječna apsolutna greška, s time da se kod *RMSE*-a naglašavaju ekstremne devijacije do kojih dolazi zbog prethodnog kvadriranja greške – što nije slučaj kod prosjeka apsolutnih razlika. Indikator srednje greške (*ME*) ima primjenu ukoliko je potrebno vidjeti

⁷⁶ R^2 - mjera je dobra za sve metode gdje se računaju konstantni parametri, što nužno ne implicira čistu linearnu regresiju, nego i polinomne oblike sa stalnim koeficijentima.

usmjerenje, tj. nagib sustavne greške pristranosti (*engl. bias*). To je moguće jer se predznaci ne brišu, a rezultat mjere je čisti prosjek greške.

Prosječna kvadratna greška se može predočiti kao suma dvaju komponenti preko izraza:

$$MSE = VAR(E) + ME^2. \quad (5.1)$$

Gdje ME^2 označava kvadrat srednje greške (tj. pristranost), a $VAR(E)$ određuje pripadajuću varijancu greške. U tom smislu kod minimiziranja greške, moguće je optimizirati zasebno ili varijancu ili pristranost ili oboje, kako bi se povećala točnost modela (Nau, 2005).

U regresijskim tehnikama, prilikom procesa optimizacije parametara i koeficijenata, često se koristi indikator standardne procjene greške (*engl. standard error of the estimate - SEE*). Standardna greška procjene se može promatrati kao *RMSE* metrika prilagođena stupnjevima slobode modela, tj. ukupnim brojem parametara.

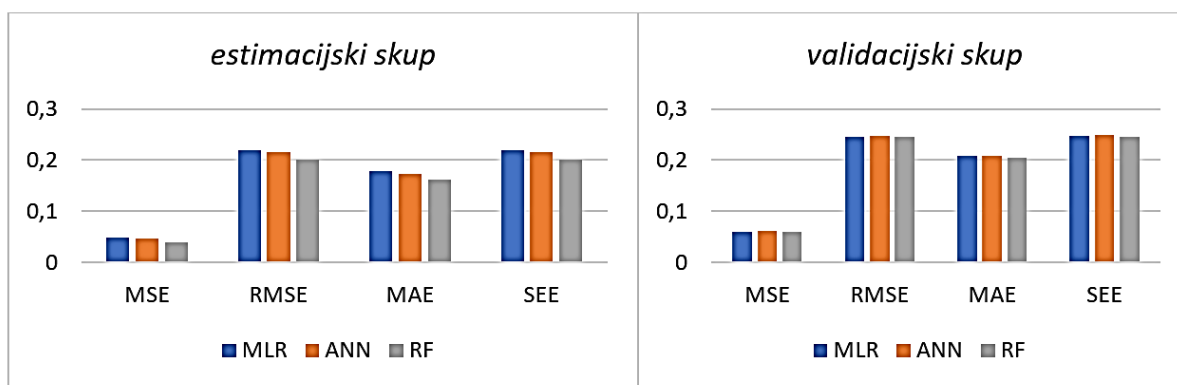
Među ostalim, važno je razlikovati parametre ovisno o tome radi li se o procjeni točnosti podataka pomoću kojih je treniran i optimiziran model (estimacijski/testni skup) ili se radi o rezultatima nad zadržanim skupom podataka (validacijski skup). Zadržani skup podataka služi za procjenu izvedbe predviđanja točnosti modela (*engl. validation period error*) nad podacima koje model do tada nije vidio.

Treniranje je provedeno nad istim podacima i njihovim redoslijedima za sva tri modela, tako da raspoređeni skupovi omogućavaju pregledniju usporedbu rezultata. Redoslijed pojedinih poduzeća unutar definiranih skupova određen je nasumičnim odabirom

U *Tablici 15.* te na *Grafikonu 39.* opisana je metrika izvedbe *Modela1 (MLR, ANN, RF)* s nekoliko pokazatelja (*MSE, RMSE, MAE, SSE*) i to posebno za estimacijski i posebno za validacijski skup podataka.

Tablica 15. - Metrika performansi modela

<i>estimacijski</i>	MLR	ANN	RF	<i>validacijski</i>	MLR	ANN	RF
MSE	0,05	0,05	0,04	MSE	0,06	0,06	0,06
RMSE	0,22	0,22	0,20	RMSE	0,25	0,25	0,25
MAE	0,18	0,17	0,16	MAE	0,21	0,21	0,20
SEE	0,22	0,22	0,20	SEE	0,25	0,25	0,25



Grafikon 39. - Greške MLR, ANN i RF modela

Iz prikazanog se može zamijetiti da su iznosi grešaka sličnih veličina; da postoje razlike performansi estimacijskog i validacijskog skupa te da metoda slučajnih šuma u ovom primjeru daje najmanju pogrešku.

Važno je napomenuti da se iz rezultata ne mogu donositi zaključci najboljeg modela, jer je za to potrebno provesti testnu statistiku razlika, tj. analize varijance (ANOVA) nad nezavisnim skupovima podataka. No, pošto su svi modeli kreirani iz istog uzorka, taj početni uvjet nije zadovoljen. Ovaj problem bi se mogao zaobići kada bi se uzorak podijelio na barem desetak različitih poduzoraka s potpuno različitim zapisima (niti jedan zapis unutar zadanog poduzorka se ne bi smio pojaviti u bilo kojem drugom skupu)⁷⁷. Nadalje, svaki od tih poduzoraka bi trebalo podijeliti na estimacijski, testni i validacijski skup, što bi dodatno umanjilo broj dostupnih poduzeća za analizu. Nakon toga, bilo bi potrebno kreirati trideset (10x3) modela s navedenim skupovima te provesti testnu statistiku razlika. Takva analiza zbog svog opsega izlazi izvan okvira rada, a testiranje razlika pojedinih modela moguće je odraditi u daljim istraživanjima.

No, svaka metrika zasebno za svaki model nosi statističku značajnost (linearna/logistička regresija) ili valjanost (strojno učenje) te odgovara na pitanja referentne hipoteze. A komparativni prikaz izvedbe modela može poslužiti kao svojevrsni pokazatelj međusobne relacije pojedinih metoda, čime je moguće dobiti jasniju sliku odnosa i višekratno potvrditi efekte postavljenih hipoteza – što je suštinski cilj.

Radi poredbe rezultata, izvorni podaci o inovacijama (varijabla „inovacije_br“) stavljeni su u odnos sa izlazima iz svih podmodela (MLR, ANN, RF) putem neparametrijske *Spearmanove*

⁷⁷ Takav pristup bi mogao umanjiti točnost, jer bi broj dostupnih podataka za učenje modela bio znatno manji.

korelacijske analize (Tablica 16.). Koeficijenti govore koliko su se modeli približili originalnom izlazu. Korelacija za sve modele je statistički značajna - kako za estimacijski, tako i za validacijski skup.

Tablica 16. - Spearmanovi korelacijski koeficijenti za „Model1“

		estimacijski skup		
inovacije_br &	N	Spearman	t(N-2)	p-value
MLR	1910	0,46	22,76	0,00
ANN	1910	0,51	25,77	0,00
RF	1910	0,60	32,75	0,00
		validacijski skup		
inovacije_br &	N	Spearman	t(N-2)	p-value
MLR	336	0,53	11,36	0,00
ANN	336	0,55	12,13	0,00
RF	336	0,54	11,64	0,00
		cjelokupni uzorak		
inovacije_br &	N	Spearman	t(N-2)	p-value
MLR	2246	0,48	25,56	0,00
ANN	2246	0,52	28,64	0,00
RF	2246	0,59	34,71	0,00

Slično kao i kod prethodno opisanih grešaka, postoji razlika između estimacijskog i validacijskog skupa. Te razlike su jednim dijelom rezultat nasumičnog odabira skupova (napose validacijskog), jer je zbog manjih dimenzija podložniji varijacijama rezultata. Povezanost estimacijskog skupa se kreće između 0,46 te 0,59 – što se može smatrati umjerenom pozitivnom povezanošću (Rumsey, 2016). Kod validacijskog skupa povezanost je vrlo slična kao u prethodnom slučaju (0,53 - 0,55).

Ukoliko se provede izravna korelacija ulaznih varijabli sa izlazom putem *Spearmanovog* korelacijskog testa, dobiju se rezultati: $PC1 = -0,48$, $p < 0,00$; $PC2 = 0,06$, $p < 0,01$. Ukupni koeficijent korelacije ulaza ($PC1$, $PC2$) spram izlaza iznosi 0,53. Koeficijent predstavlja zbroj apsolutnih vrijednosti pojedinih ulaznih komponenti, jer su komponente međusobno nezavisne.

Hipotezom **H1** se postavlja tvrdnja o povezanosti ulaznih aktivnosti sa stupnjem inovativnosti te glasi: „Veći broj **aktivnosti** vezanih uz poticanje inovativnosti proizvoda, usluga, procesa, organizacije i marketinga povezane su s većim stupnjem **inovativnosti** proizvoda, procesa, usluga, organizacije i marketinga poduzeća.“

Hipoteza **H1** je prihvaćena preko sva tri konstruirana pod-modela. Neparametrijski pod-modeli strojnog učenja (*Modeli1_ANN* te *Model_RF*) su valjani s prethodno prikazanim metrikama

performansi, dok su rezultati i koeficijenti parametrijskog pod-modela (*Model1_MLR*) statistički značajni. Modeli opisuju pozitivan odnos između broja aktivnosti i stupnja inovativnosti.

Prilikom konstrukcije, svaki model koristi zasebne indikatore za treniranje i optimiziranje. *Model1_MLR* je optimiziran putem standardne procjene greške (*SEE*) te su rezultati navedeni u *Tablici 17*.

Tablica 17. - Parametri i koeficijenti za „Model1_MLR“

R	0,49	N=2246	koeficijenti1	SEE	koeficijenti2	SEE	t(2243)	p-vrijed.
R2 (adjst.)*	0,24	sjecište			0,37	0,004	78,36	0,00
F(2,2243)	351,51	PC1	-0,49	0,02	-0,06	0,002	-26,44	0,00
SEE / p=0	0,22	PC2	-0,04	0,02	-0,01	0,003	-2,05	0,04

Prikazani rezultati *Modela1_MLR* se odnose na cjelokupni uzorak (estimacijski i validacijski skup zajedno). Korištenjem metode višestruke linearne regresije identificirana je statistička značajna povezanost ulaznih varijabli („*PC1*“ i „*PC2*“) sa izlaznom varijablom („*inovacije_br*“) i pripadajućim koeficijentima (-0,49, -0,04)⁷⁸. Iznos koeficijenta korelacije se kreće oko 0,5, a prilagođeni koeficijent determinacije iznosi 0,24. Nestandardizirani izvorni oblik parametra regresijskog pravca opisan je „*koeficijentima1*“, dok „*koeficijenti2*“ predstavljaju standardizirane β koeficijente prilagođene tako da srednja vrijednost podataka koje opisuju bude 0, a standardna devijacija 1. Iz pridruženih koeficijenata (za varijable „*PC1*“ i „*PC2*“) se može uočiti veličina učinka i doprinos pojedine komponente cijelom modelu, te u ovom slučaju komponenta „*PC1*“ dominira nad „*PC2*“ komponentom (-0,49/-0,04)

Nadalje, zbirni rezultati za model umjetnih neuronskih mreža (*Model1_ANN*) prikazani su *Tablici 18*.

Tablica 18. - Prvih pet ANN mreža s najboljom izvedbom i pripadajući indikatori

br	konfigur.	treniranje	greška-tren	testiranje	greška-test	validacija	greška-val	trening algoritam	aktivacijske funkcije	izlazna aktivna funkcija
1	MLP 2-9-1	0,54	0,02	0,50	0,02	0,52	0,03	BFGS 58	logistička	identitet
2	MLP 2-5-1	0,53	0,02	0,52	0,02	0,53	0,03	BFGS 66	eksponent	logistička
3	MLP 2-9-1	0,53	0,02	0,52	0,02	0,53	0,03	BFGS 19	logistička	tanh
4	MLP 2-9-1	0,53	0,02	0,53	0,02	0,53	0,03	BFGS 71	eksponent	eksponent
5	MLP 2-4-1	0,53	0,02	0,51	0,02	0,53	0,03	BFGS 55	logistička	eksponent

⁷⁸ Navedene koeficijente ne treba pomiješati sa prethodno navedenim Pearsonovim koeficijentom jednostruke korelacije iz razloga što se ovdje radi o višestrukoj linearnoj regresiji sa dva koeficijenta.

Algoritmom je konstruirano ukupno dvadeset i zadržano pet konfiguracija neuronskih mreža koristeći se automatikom metodom pretrage parametara. Za tip mreže je odabran jednoslojni perceptron⁷⁹, a za izbor aktivacijske funkcije – bilo za izlazni ili skriveni sloj – ostavljen je širok izbor (logistička, eksponencijalna, tangens hiperbolna, sinusna, funkcija identiteta). Algoritam učenja mreža jest *BFGS (Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno)* (Fletcher, 2013). Iz stupca tablice „konfiguracija“ može se prepoznati organizacija mreže u tri sloja. Prvi broj(sloj) je sukladan broju ulaznih varijabli i iznosi dva za sve mreže, drugi sloj označava broj skrivenih neurona (mogu varirati od 3 do 12) te treći broj/sloj predstavlja jednu izlaznu varijablu, u ovom slučaju „inovacije_br“. Za treniranje modela korištena je metoda optimizacije sume kvadrata grešaka *SOS* (engl. *sum of squares optimisation*) prilagođena za nelinearne modele (Tangella, 2018).

U tablici su posebno navedene izvedbe nad dijelovima uzorka za treniranje, testiranje i validaciju modela. Na osnovu performansi i veličine greške (bilo koja od tri navedena skupa) izabrani su najbolje konfiguracije mreža (njih pet od dvadeset). Performansa opisuje jačine efekta povezanosti konačnog modela sa izvornim podacima te je otprilike jednakog reda veličine za sva tri skupa – vrijednosti se kreću oko 0,53. Konačni rezultat *Modela1_ANN* izveden je kao prosjek rezultata pet odabranih mreža te kao takav je onda naknadno analiziran. Uzorak za validaciju (ne koristi se za učenje) je isti kao kod drugih metoda, a ostatak se upotrebljava za treniranje modela.

Vezano za model slučajnih šuma (*Model1_RF*) , *Bootstrap* metoda uzorkuje 50% zapisa iz skupa podataka za učenje po stablu. Što znači da kod kreiranja individualnih stabala, za svako stablo se naizmjeničnim putem konstruira poseban uzorak za učenje. Taj uzorak se dobije tako da se naizmjeničnim putem iz skupa podataka – umanjelog za validacijski skup – izvlače zapisi koji se mogu i višekratno ponoviti. Na osnovu rezultata svih kreiranih stabala donose se konačni rezultati. U slučaju regresije izračunava se prosječna vrijednost svih izlaza, dok se kod klasifikacije konačni rezultat donosi na osnovu „mod“ srednje vrijednosti.

Model1_RF se sastoji od 40 naizmjeničnim putem stvorenih stabala odlučivanja tipa CART s najviše 100 čvorova i maksimalne dubine od 10 nivoa. Pokazatelj kojim se mjeri izvedba, tj. putem kojih se optimizira model jest *MSE* – u ovom slučaju za validacijski skup iznosi 0,06.

⁷⁹ Radijalne neuronske mreže (engl *Radial Basis Function RBF*) su davale nešto lošije rezultate; radi se o jednoslojnom modelu, iako ga statistički program interpretira kao višeslojni.

Ukoliko se direktno stavi u odnos samo jedna varijabla „*aktivnosti*“ te izlazna varijabla „*inovacije_br*“ - bez računanja prosjeka inovativnosti za svaku aktivnost kao što je na početku poglavlja napravljeno – dobiva se model jednostruke linearne regresije.

Korištenjem jednostruke korelacijske analize identificirana je statistički značajna povezanost između varijable „*aktivnosti*“, te varijable „*inovacije_br*“ ($R = 0,49$, $R^2 = 24,1\%$, $p = 0,00$), sukladno linearnom pravcu jednadžbe „*inovacije_br*“ = $0,07 * \text{„aktivnosti“} + 0,15$. Koeficijent korelacije od 0,49 sličnog je reda veličine kao kod prethodnih analiza (*Model1*). Takav rezultat indicira da je čak odabirom jedne varijable model zadovoljavajući te je moguće prihvatiti i tu varijantu.

Na kraju opisa ovog poglavlja navedeni su faktori značajnosti, tj. važnosti pojedinih komponenata ulaznih varijabli. To je moguće napraviti na dva načina. Prvi je putem glavnih komponenti, tj. ulaznih varijabli modela „*PC1*“ i „*PC2*“, tako da se usporede njihove značajnosti i napravi omjer. Iz toga se nadalje – referirajući se na poglavlje „*Redukcija ulaznih dimenzija*“ te na *Sliku 29.* – mogu donijeti određeni zaključci. Drugi pristup jest kreirati sasvim novi model s originalnim varijablama (bez redukcije ulaznog prostora) te potom odraditi analizu osjetljivosti. Na taj način navedene značajnosti nisu direktno usporedive, ali njihovi omjeri govore o važnosti pojedinih ulaznih faktora.

U prvom slučaju, rezultati važnosti komponenti „*PC1*“ i „*PC2*“ su navedeni u *Tablici 19.*

Tablica 19. - Analiza osjetljivosti ulaznih varijabli PC1 i PC2

	PC1	PC2	PC1/PC2
MLR	0,49	0,04	12,29 ⁸⁰
ANN	1,37	1,02	1,35
RF	1	0,65	1,55

U sva tri navedena modela komponenta „*PC1*“ značajnije je povezana s varijablom „*inovacije_br*“ od komponente „*PC2*“ – što je već prethodno obrazloženo. Model daje nešto malo lošije rezultate ukoliko se za treniranje koristi samo jedna komponenta „*PC1*“.

Iz *Slike 29.* (poglavlje: „*Redukcija ulaznih dimenzija*“) se nadalje može razlučiti da ulazna komponenta „*PC2*“ uglavnom opisuje varijablu „*akvizicija opreme*“, dok ostale varijable gravitiraju prema komponenti „*PC1*“. Iz toga se može naslutiti da aktivnost „*akvizicija*

⁸⁰ Brojke opisuju originalne koeficijente regresijskog pravca u PC1-PC2 koordinatnom prostoru i njihove omjere.

opreme“ ima relativno skroman doprinos povezanosti sa izlaznom varijablom, tj. ukupnim stupnjem inovativnosti, što će biti potvrđeno u daljnjim analizama.

Ukoliko se primjeni alternativni način određivanja važnosti pojedinih komponenti – treniranje modela s nereduciranim ulaznim prostorom – slijede rezultati prikazani *Tablici 20*.

Tablica 20. - Analiza značajnosti ulaznih varijabli za modificirani „Model1“

	MLR	ANN	RF	prosjeak	
interni R&D	0,91	0,98	0,94	0,97	dizajn
eksterni R&D	0,20	0,85	0,44	0,95	interni R&D
akvizicija opreme	0,31	0,89	0,44	0,91	marketing aktivnosti
akvizicija znanja	0,52	0,91	0,67	0,84	osposobljavanje
osposobljavanje	0,73	0,93	0,87	0,70	akvizicija znanja
marketing aktivnosti	0,82	0,92	1,00	0,55	akvizicija opreme
dizajn	1,00	1,00	0,90	0,52	ostalo
ostalo	0,07	0,88	0,61	0,49	eksterni R&D

U prvom i zadnjem stupcu tablice se nalaze nazivi izvornih ulaznih varijabli (aktivnosti), dok su u ostalim stupcima normirani indikatori značajnosti pojedinih komponenti. U predzadnjem stupcu izračunat je prosjek svih modela te su aktivnosti poredane po važnosti. Veći iznos opisuje bolju povezanost aktivnosti sa stupnjem inovativnosti i obrnuto. Bojama su skalirane vrijednosti stupaca, crveno – najmanje važno, zeleno – najviše. Svi pod-modeli sugeriraju na slične ishode. Time se još jednom potvrđuje valjanost metoda i **H1** hipoteze. Rezultati su obrazloženi u raspravi.

Konstruiranim *Modelom1* te dodatno provedenom *Spearmanovom* korelacijom, identificirana je statistički značajna povezanost između inovacijskih aktivnosti i stupnja inovativnosti te je time potvrđena hipoteza **H1**.

U daljnjem opisu istraživanja koristiti će se slični parametri za treniranje novih modela, stoga će za svaki sljedeći model biti prikazani ključni pokazatelji izvedbe – slično kao u *Tablici 15*. iz prošlog poglavlja - s eventualnim specifičnostima. Bit će navedeni glavni parametri i faktori izvedbe zajedno s analizom osjetljivosti iz koje se mogu uvidjeti važnosti pojedinih komponenti. Neće se detaljno ulaziti u međukorake konstrukcije pojedinih modela.

Hipoteza **H1** te modeli *Model1* i *Model2* su od ključnog značenja, iz tog razloga su nešto detaljnije opisani, dok će kod ostalih hipoteza biti navedeni osnovni parametri i rezultati modela.

5.5.1.4 Rezultati metoda i modela hipoteze **H1 - Model1'**

Za razliku od prvotno opisanog *Modela1*, novi *Model1'* tretira izlaznu varijablu kao kategorijalnu s dva moguća izlazna stanja. Ovaj pristup zaobilazi prethodno navedene metodološke zahtjeve zbog aproksimacije kontinuirane varijable, dok s druge strane sužava izlazni prostor sa sedam na dva ishoda. Korištenje binarne kategorijalne varijable jest česta praksa, naročito kod metoda strojnog učenja (klasifikacije).

Od prethodno navedenih sedam stupnjeva inovativnosti, izlazna varijabla *Modela1'* je postavljena tako da prva tri stupnja 1,2,3 označavaju niži nivo inovativnosti (*niska inovativnost*), dok preostali stupnjevi 5,6,7 opisuju višu razinu inovativnosti (*visoka inovativnost*). Zbog pariteta stupanj 4 je izostavljen iz analize, jer se može interpretirati u isto vrijeme kao „*visoka*“ i „*niska*“, tako da ima neutralan efekt.

Proporcije skupova za učenje, testiranje i validaciju su iste kao u prethodnom modelu uz izuzete zapise koji se odnose na poduzeća s razinom inovativnosti jednakom četiri. Iz razloga što su takvi zapisi naizmjenično raspoređeni kroz skupove, omjeri veličine skupova su zadržani. Također, na taj način definiranim izlazom, paritet između kategorija je očuvan i kreće se oko 50% za svaki ishod.

Za na takav način formuliran model dostupno je ukupno 1722 ponderiranih poduzeća (688 ne-ponderiranih). Točni brojevi i omjeri ulaznih podataka nalaze se u *Tablici 21*.

Tablica 21. - Ponderirane veličine skupova i podataka za „Model1'“

	uk	<i>visoka</i>	<i>niska</i>	<i>uk</i>	<i>visoka</i>	<i>niska</i>
ukupno	1722	867	855	100%	100%	100%
estimacijski skup	1457	727	730	85%	84%	85%
validacijski skup	265	140	125	18%	19%	17%

Isto kao i kod prethodnog modela estimacijski skup za potrebe metode neuronskih mreža (*Model1'_ANN*) je nadalje podijeljen na skup za učenje i skup za testiranje. Podjednako je zastupljen broj poduzeća s visokom i niskom stopom inovativnosti unutar uzorka.

Rezultati u ovom slučaju se ne mogu prikazati preko grešaka udaljenosti kao što su *MSE*, *RMSE*, *MAE*, itd. Ocjenjivanje rezultata klasifikacijskih modela računa se stopama klasifikacije (*ACC*, *TPR*, *TNR*, *TF*, *TN*, *FP*, *FN*, itd.)

Indikatori performansi modela i pripadajućih parametara opisani su putem klasifikacijskih parametara.

Pregledan način prikaza rezultata binarnih klasifikatora jest matrica konfuzije (klasifikacijska matrica), gdje se jasno mogu uočiti klasifikacijske stope za pojedine ishode. Matricom se procjenjuje izvedba točnosti u determiniranju i predviđanju ishoda za pojedini događaj.

Izvedba i uspješnost pojedinog modela može se prikazati i na grafički način. Ovo se napose odnosi za modele s binomnom izlaznom varijablom. Često su korišteni „ROC“, „Gains“ te „Lift“ grafovi. Upravo je to jedan od dodatnih razloga odabira dihotomnih izlaznih varijabli spram više njih (npr. 3), jer je moguće na jasan način prezentirati i usporediti izvedbe pojedinih modela.

Model1' slično kao i u prethodnom slučaju je izveden u tri inačice: *Model1'_LR*, *Model1'_ANN* te *Model1'_RF* u ovisnosti o vrsti metodologije. Jedina je razlika što u ovom slučaju umjesto metode višestruke linearne regresije (MLR) se koristi metoda logističke regresije (LR). Parametri za treniranje modela ANN i RF su gotovo identični kao u prethodnim analizama, izuzev činjenice da se razlikuju u vrsti izlazne varijable. U modelu slučajnih šuma (RF) stvoreno je 100 stabala, dok je kod *Modela1_RF* broj stabala iznosio 40. U oba slučaja inicijalni broj parametara postavljen je na 100, no konačni broj ovisi o kriteriju zaustavljanja prilikom učenja modela (veličina greške ili sl.)

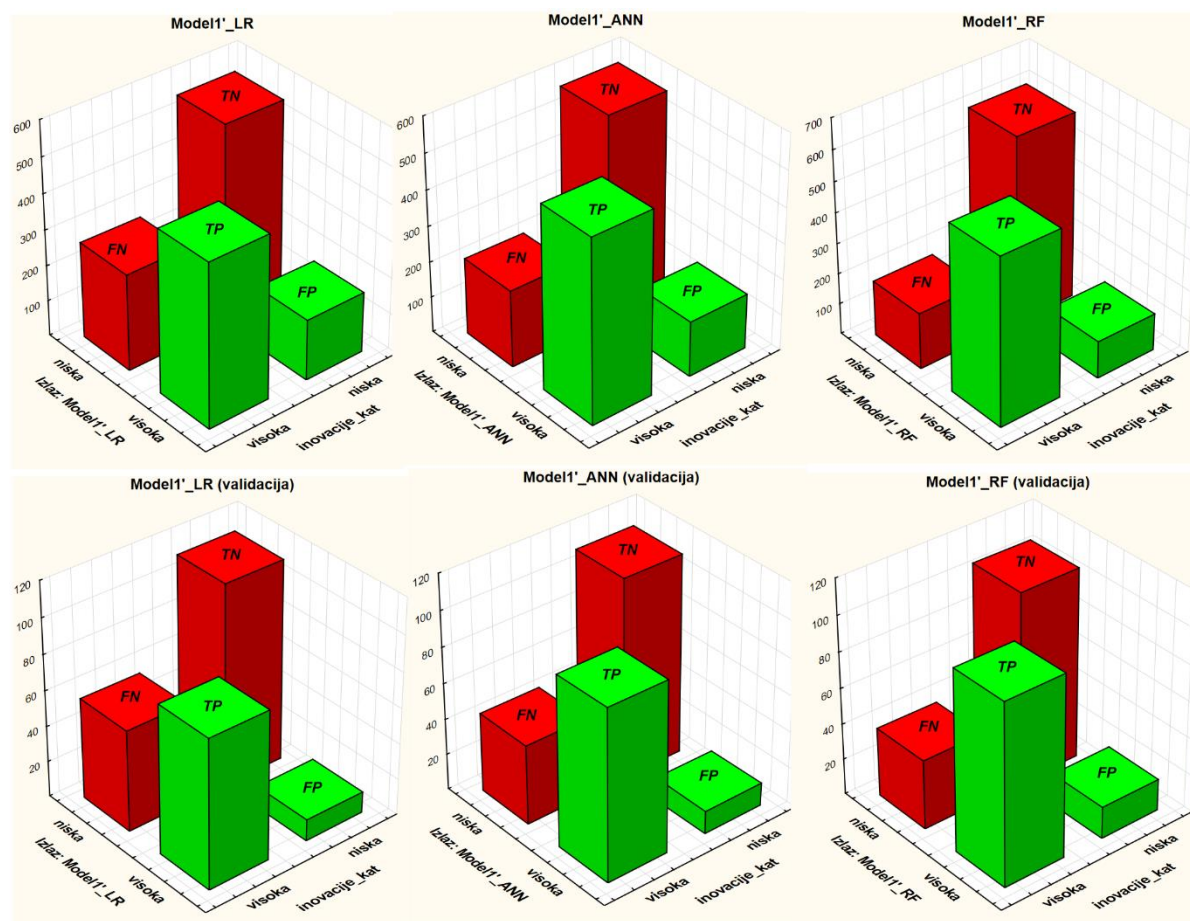
Logistička regresija se može opisati kao standardni parametrijski statistički alat pogodan pri rješavanju problema klasifikacije, napose s dva moguća ishoda. Svrstava se u širi skup općenitih linearnih modela (GLM - *Generalized Linear Model*).

Metoda logističke regresije koristi nelinearnu (log) transformacijsku funkciju koja izvorne podatke preslikava u logaritamsko područje. Unutar transformiranog područja (područje izgleda/šansi) optimiziraju se parametri pravca u n-dimenzionalnom polju na sličan način kao i kod MLR regresije. S time da u ovom slučaju rotacijom pravca procjena rezultata se prebacuje natrag iz logaritamskog područja putem eksponencijalne funkcije u područje vjerojatnosti (0-1).

U području vjerojatnosti nastoji se opisati krivulja (logit) koja na najbolji način dijeli izlaznu varijablu na dvije različite kategorije. Optimizacija se provodi određivanjem najveće vrijednosti ukupne vjerojatnosti svih procijenjenih ishoda modela.

Model1'_LR je parametarski što znači da se izračunati koeficijenti testiraju sa statističkom značajnošću, a prikladnost modela (eng. *goodness of fit*) je moguće prikazati preko velikog broja pokazatelja.

Izvedbe pojedinih pod-modela (*Modela1'*) za estimacijski i validacijski skup nalaze se na *Grafikonu 40*.



Grafikon 40. - Klasifikacijske matrice za estimacijski i validacijski skup Modela1'

Svaki od navedenih grafikona predstavlja jasan vizualni prikaz matrice konfuzije. Klasifikacijska matrica za binomne varijable se sastoji od četiri osnovna elementa (*TP* – „*True positive*“, *TN* – „*True negative*“, *FP*–„*False positive*“ te *FN*–„*False negative*“). „*TP*“ označava stopu uspješne klasifikacije promatranog pozitivnog ishoda (u ovom slučaju ishod „visokog stupnja inovativnosti“), „*TN*“ se odnosi na ukupan broj uspješnog određivanja alternativnog binomnog ishoda „niskog stupanj inovativnosti“. „*FN*“ kategorija označava broj elemenata visoko inovativnih poduzeća koja su zabunom modela svrstana u niže inovativna, te „*FN*“ suprotno – broj nisko inovativnih poduzeća koje je model greškom svrstao u prvu grupu.

U prvom redu *Grafikona 40.* su predloženi rezultati sva tri pod-modela *Modela1'* (*Model1'_LR*, *Model1'_ANN* te *Model1'_RF*) za estimacijski skup, dok se u drugom redu nalaze rezultati ishoda validacijskog skupa – skupa podataka nad kojima su modeli ispitivani, ali nisu korišteni prilikom konstrukcije.

Može se uočiti da svi grafikoni dominantno prikazuju ispravno odabrane ishode (*TP* i *TN*) te da je broj netočno razvrstanih poduzeća u manjini. Također, razvidno je da postoje izraženije varijacije između evaluacijskog i validacijskog skupa – što je i za očekivati. U prosjeku može se uočiti da je $FN > FP$, tj. da je veći broj neispravno razvrstanih poduzeća s visokim stupnjem inovativnosti, nego što je to slučaj s pogrešno klasificiranim poduzećima niske razine. Drugim riječima, modeli u prosjeku su nešto točniji u predviđanju klase poduzeća s nižim stupnjem inovativnosti.

Može se primijetiti da rezultati modela logističke regresije (*Model1'_LR*) najviše odstupaju od prosjeka te da je tom slučaju omjer kategorija *TP/TN* znatno manji – napose kod validacijskog skupa. Isto tako omjeri *FP/FN* su u prosjeku manjeg iznosa kod validacijskog nego kod evaluacijskog skupa. Neke od varijacija se mogu pripisati fluktuacijama nasumično odabranog validacijskog skupa. Napose, što je validacijski skup značajno manji od evaluacijskog te odabir pojedinih zapisa (napose ako se radi o težinski zastupljenijim poduzećima) mogu uzrokovati određene pomake od sredine. S druge strane, pristranost modela kao rezultat neobuhvaćenih nelinearnosti i sistemske greške može rezultirati prikazanim razlikama.

Točnost modela se može i numerički prikazati kroz ukupnu stopu ispravne klasifikacije (*ACC*), tj. omjerom ukupnog broja točno razvrstanih poduzeća s ukupnom veličinom uzorka (brojem svih poduzeća).

Nadalje, moguće je izraziti točnost razvrstavanja pojedine klase poduzeća. To je moguće prikazati s omjerom ukupnog broja ispravno razvrstanih poduzeća određene klase s njezinom veličinom (*TPR* – „true positive rate“, *TNR* – „true negative rate“). S time da je $TPR = TP/P$, a $TNR = TN/N$, gdje *P* i *N* označavaju ukupan broj prve klase (*P-positive*) i druge klase (*N-negative*).

Svi navedeni numerički pokazatelji mogu se izračunati iz konfuzijskih matrica (Tablica 22.).

Tablica 22. - Izvedba modela „Model1“

estimacijski		Model1'-LR			Model1'-ANN			Model1'-RF		
inovacije_kat		ukup	viši	niži	ukup	viši	niži	ukup	viši	niži
	N	1457	727	730	1457	727	730	1457	727	730
	viši	1018	457	561	1088	513	576	1154	544	610
	niži	439	270	169	369	214	155	303	183	121
	%t	69,9%	62,9%	76,8%	74,7%	70,5%	78,8%	79,2%	74,9%	83,5%
	%f	30,1%	37,1%	23,2%	25,3%	29,5%	21,2%	20,8%	25,1%	16,5%
validacijski		Model1'-LR			Model1'-ANN			Model1'-RF		
inovacije_kat		ukup	viši	niži	ukup	viši	niži	ukup	viši	niži
	N	265	140	125	265	140	125	265	140	125
	viši	196	83	113	207	95	112	208	101	107
	niži	68	57	12	57	44	13	56	39	18
	%t	74,1%	59,5%	90,6%	78,4%	68,2%	89,8%	78,7%	72,4%	85,8%
	%f	25,9%	40,5%	9,4%	21,6%	31,8%	10,2%	21,3%	27,6%	14,2%
		estimacijski skup			validacijski skup					
		Model1'-LR		69,9%	Model1'-LR		74,1%			
		Model1'-ANN		74,7%	Model1'-ANN		78,4%			
		Model1'-RF		79,2%	Model1'-RF		78,7%			

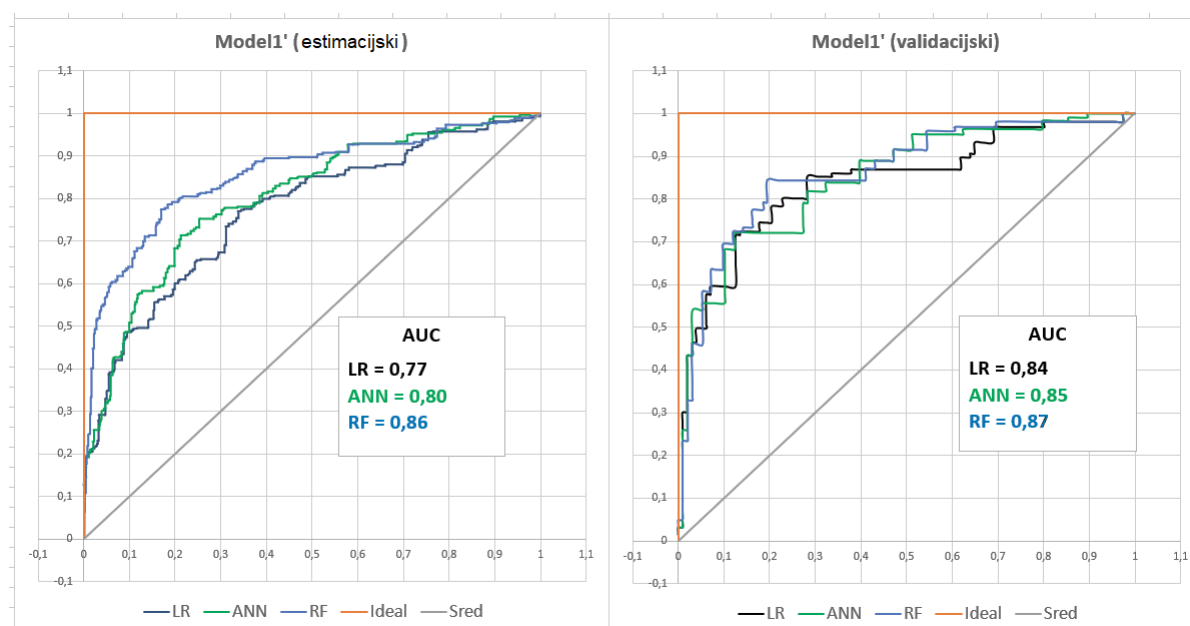
Gledano odozgora, prva grupa tablica se odnosi na estimacijski, druga na validacijski skup, dok se u trećoj skupini tablica (skroz dolje) nalazi sažet prikaz ukupne izvedbe svih pod-modela.

U tablicama za estimacijski i validacijski skup prikazano je ukupno 6 malih tablica. Svaka mala tablica sadrži tri stupca i pet redaka. Prvi redak „N“ definira ukupan broj slučajeva u pojedinoj klasi (stupac „viši“ i „niži“) te ukupna veličina skupa „ukup“. Drugi i treći redak predstavljaju broj točno i netočno razvrstanih poduzeća kako za svaku klasu posebno, tako i za ukupan broj poduzeća. Četvrti i peti redak (%t i %n) prikazuje uspješne i neuspješne stope (u postotcima) razvrstavanja za svaku klasu i za ukupni skup. Tako primjerice ćelija u stupcu „ukupno“ i retku „%t“ simbolizira metriku „ACC“ – ukupnu točnost modela. Ćelija u stupcu „viši“ i retku „%t“ se odnosi na simbol „TPR“, a ćelija do nje desno na „TNR“. Nadalje ćelija sa stupcem „niži“ i retkom „netočno“ predstavlja „FN“, a ćelija povrh nje je „TN“, itd.

Slično kao i kod *Grafikona 40.* može se primijetiti da su stope klasifikacije nešto bolje za odabir poduzeća s nižim stupnjem inovativnosti te da postoje određene varijacije ukupne stope klasifikacije između modela i između skupova. Od prikazanih pod-modela, najbolje rezultate daje *Model1'-RF* kako za validacijski tako i za estimacijski skup. Ukoliko se govori o točnosti predviđanja (validacijski skup), modeli strojnog učenja pokazuju podjednake performanse, dok rezultati modela logističke regresije (*Model1'-LR*) pokazuje nešto slabije stope klasifikacije.

Stope klasifikacije se kreću između 70% i 80% što se može smatrati solidnom točnošću. Definiranje zadovoljavajuće točnosti ovisi o vrsti problema i o funkciji troška, tj. važnosti pojedinog ishoda. U ovom slučaju veći je interes ispravno klasificirati poduzeća s visokim stupnjem inovativnosti. Rezultati ukazuju da je točnost modela strojnog učenja za odabir poduzeća s visokim stupnjem inovativnosti u prosjeku oko 70%, dok kod logističke regresije taj broj iznosi 60%

Još jedan vizualni alat za opisivanje izvedbe pojedinog modela je ROC (*Receiver operating characteristic*) krivulja prikazana Grafikonu 41.



Grafikon 41. - Performanse Modela1' prikazane ROC krivuljom

Krivulja na grafički jasan način predočava sposobnost binarnog klasifikatora određenog modela. Prikazuje odnos između „*TPR*“ (stopa ispravno odabranih vrijednosti iz prve klase y-os) s „*FPR*“ (stopa neispravno odabranih vrijednosti iz druge klase koji su greškom svrstani u prvu grupu x-os). Krivulja je tim bolja što je udaljenija od sredine (sivi pravac) i bliža idealnoj poziciji (narančasti pravci). Drugim riječima, ukoliko nema neispravno klasificiranih vrijednosti određene klase krivulja je idealna, a ukoliko postoji, onda poprima određeni oblik između dva navedenih ekstrema.

Još jedan pojam koji se koristi kada je u pitanju ROC krivulja jest *AUC* (*Area Under the Curve*) čija vrijednost opisuje adekvatnost modela. *AUC* se računa kao ukupna površina ispod pojedine krivulje (integral) te u idealnom slučaju iznosi $1 = 1 \cdot 1$, a u situaciji kad je izlazna varijabla nasumična, vrijednost se kreće oko $0,5 = (1 \cdot 1)/2$ (površina donjeg trokuta). Ukoliko model ima

određena svojstva diskriminacije, vrijednosti se kreću iznad $>0,5$. Diskriminacija predstavlja klasifikacijsku sposobnost modela da razlikuje dva moguća ishoda bolje nego nasumični broj.

Iako nema točne definicije oko određivanja dobrog ili lošeg klasifikatora (jer interpretacija ovisi o prirodi problema) određeni autori su predložili podjelu: 0,5 – 0,7 slaba stopa diskriminacije, 0,7 – 0,8 prihvatljiva diskriminacija, 0,8 – 0,9 odlična diskriminacija te 0,9 – 1 izrazito izvrsna (Hosmer Jr, Lemeshow i dr., 2013:177).

Prosječna vrijednost *AUC* indikatora za validacijski skup se kreće oko 0,85 što znači da je sposobnost klasifikatora cjelokupnog *Modela1'* odlična. *Grafikonom 41.* se mogu vidjeti razlike u izvedbama pojedinih pod-modela. Na validacijskom skupu se zorno razlučuje da je *Model1'_RF* (plava krivulja) najbliži, a *Model1'_LR* (crna krivulja) najudaljeniji od idealnih pravaca (narančasta linija). Model umjetnih neuronski mreža (zelena krivulja) se nalazi negdje u sredini.

I na kraju opisa *Modela1'*, kao i u prethodnom modelu navedeni su faktori važnosti ulaznih varijabli. Rezultati upućuju na dominantu ulogu „*PC1*“ komponente spram „*PC2*“, no njihove točne vrijednosti i omjeri se neće posebno navoditi kao što je to napravljeno u *Tablici 19.* (poglavlje: „*Rezultati metoda i modela hipoteze H1 - Model1*“). Ono što je puno važnije za interpretaciju modela jest razlučiti važnost izvornih ulaznih varijabli iz kojih se mogu napraviti određene interpretacije u raspravi. Stvorena su tri nova modela s nešto drugačijim parametrima. Umjesto „*PC1*“ i „*PC2*“ komponente korišten je nereducirani oblik varijabli.

Radi usporedivosti modela svi faktori su normirani na vrijednosti u intervalu od 0 do 1. Svaka metoda koristi drugačiji pristup određivanja osjetljivosti varijabli, stoga je normiranjem moguće prikazati zajednički prosjek važnosti pojedinih čimbenika - što je i prikazano na *Tablici 23.*

Tablica 23. - Analiza osjetljivosti ulaznih parametra modificiranog „Modela1“

	LR	ANN	RF	prosje	
interni R&D	0,77	0,91	0,93	0,95	dizajn
eksterni R&D	0,29	0,80	0,90	0,87	interni R&D
akvizicija opreme	0,43	0,80	0,93	0,78	akvizicija znanja
akvizicija znanja	0,58	0,86	0,89	0,75	marketing aktivnosti
osposobljavanje	0,43	0,82	0,94	0,73	osposobljavanje
marketing aktivnosti	0,46	0,85	0,93	0,72	akvizicija opreme
dizajn	1,00	1,00	0,86	0,69	ostalo
ostalo	0,26	0,80	1,00	0,66	eksterni R&D

Rezultati indiciraju, analogno kao i u prethodnom regresijskog *Modela1* (*Tablica 20.* - poglavlje: „*Rezultati metoda i modela hipoteze H1 - Model1* “), da varijable „*dizajn*“, „*vlastite aktivnosti istraživanja i razvoja*“ te „*marketing*“ određuju važan faktor doprinosa stupnju inovativnosti. S druge strane varijable „*izdvojene aktivnosti istraživanja i razvoja*“ te „*nabavka opreme*“ ne igraju važnu ulogu u izlaznoj varijabli.

Analiza važnosti ulaznih koeficijenata za neparametrijske metode se računa temeljem algoritama strojnog učenja te dobivene vrijednosti nisu rezultat testne statistike. Modeli strojnog učenja rješavaju problem drugačijim pristupom, ali s jednako tako važnim i valjanim zaključcima. Kod slučajnih šuma to je faktor važnosti (*engl. importance factor*), a kod neuronskih mreža se provodi analiza osjetljivosti (*engl sensitivity analysis*). Oba termina su sinonimi i mogu se ravnopravno koristiti.

Analiza važnosti ulaznih varijabli kod metoda strojnog učenja često je osjetljiva na male promjene. Što znači, ukoliko se trenira nekoliko puta isti model sa istim parametrima uz minimalne preinake, skala faktora važnosti može znatno varirati. Iz tog razloga je stvorena nekolicina modela te su uzeti prosjeci kao konačan ishod.

Sa druge strane model logističke regresije (*Model1'_LR*) jest statički parametrijski model (slično kao i *MLR*) s determinističkim konačnim rezultatima (nema fluktuacije ishoda). Svi koeficijenti se testiraju sa statističkom značajnošću – *Wald testom*.

Kod *Modela1'_LR* kao parametri važnosti mogu se interpretirati koeficijenti jednadžbe pravca (u logaritamskom području) ili parametri izgleda (*engl. odd ratio*). U oba slučaja redoslijed važnosti je jednak, a rezultati su navedeni u *Tablici 24.*

Tablica 24. - Analiza osjetljivosti „Modela1'_LR“

Model1'_LR	izgledi	koeficijenti	Wald	p
dizajn	3,79	0,67	98,63	0,00
interni R&D	2,92	0,54	74,66	0,00
akvizicija znanja	2,21	0,40	29,10	0,00
marketing aktivnosti	1,76	0,28	16,75	0,00
akvizicija opreme	1,65	0,25	11,10	0,00
osposobljavanje	1,62	0,24	16,00	0,00
eksterni R&D	1,11	0,05	0,41	0,52
ostalo	0,98	-0,01	0,02	0,89

Stoga, koristeći se *Waldovim* testom identificirani su statistički značajni faktori analize osjetljivosti *Modela1'_LR*. Za ulazne varijable „*eksterni R&D*“ te „*ostalo*“ nije potvrđena

statistička značajnost – što je i za očekivati zbog njihovog malog ili nikakvog doprinosa izlazu – ali su uvršteni u konačnu skalu radi komparacije sa ostalim modelima.

Ovim je dokazano da zajedno *Model1* i *Model1'* potvrđuju pozitivnu povezanost između broja poduzetih aktivnosti (sa ciljem stvaranja inovativnosti) i stupnja inovativnosti poduzeća (broja ukupno razvijenih inovacija) bez obzira na oblik i interpretaciju izlazne varijable (kontinuirana/kategorijalna) te se time prihvaća hipoteza **H1**. Također je potvrđeno da sve varijable ne doprinose jednako izlazu, što će biti kasnije diskutirano.

Sljedeći korak je ispitati na koji način su povezana ulaganja u inovacijske aktivnosti sa stupnjem inovativnosti.

5.5.1.5 Rezultati modela za prepoznavanje inovativnih poduzeća na temelju ulaganja u inovacijske aktivnosti

Za razliku od prethodno razvijenih modela čiji rezultati stavljaju u odnos poduzete aktivnosti i stupanj inovativnosti, ovo poglavlje testira povezanost između finansijskih izdataka za inovacijske aktivnosti s brojem razvijenih tipova inovacija poduzeća.

Novo konstruirani *Model2* i *Model2'* referiraju se na hipotezu **H2** koja glasi „*Veći finansijski izdaci inovacijskih aktivnosti povezani su s većom inovativnošću proizvoda, procesa, usluga, organizacije i marketinga poduzeća.*“

Model2 je opisan Slikom 24. (poglavlje: „*Izrada modela metodologijom strojnog učenja za prepoznavanje inovativnih poduzeća na temelju inovacijskih aktivnosti i ulaganja*“), gdje je crnim pravokutnikom obuhvaćen broj aktivnosti za koje su dostupni podaci o izdacima. Izdaci se interpretiraju kao kapitalna ulaganja povezana s inovacijama. Broj ulaznih varijabli je nešto manji nego kod *Modela1* („*interni R&D*“, „*eksterni R&D*“, „*akvizicija opreme*“ „*akvizicija znanja*“ te „*ostalo*“). Aktivnosti za koje nisu posebno izdvojeni podaci o ulaganjima opisane su varijablom „*ostalo*“. U varijablu „*ostalo*“ su svrstane sve ostale varijable *Modela1* („*osposobljavanje*“, „*marketing*“, „*dizajn*“ i „*ostalo*“). Aktivnosti marketinga i dizajna u *Modelu1* imaju visoki težinski faktor u determinaciji ukupne inovativnosti i zato njihov izostanak pravi određena ograničenja za analizu osjetljivosti.

Model2 nastoji odgovoriti na ključni pitanje: Jesu li i koliko uložena sredstva razmjerna s povećanjem stupnja inovativnosti?

Model2 se sastoji od tri regresijska pod-modela (*Model2_ANN* te *Model2_RF*, *Model2_MLR*) sa izlaznom varijablom „inovacije_br“ te alternativni klasifikacijski *Model2'* sadrži pod-modele (*Model2'_ANN* te *Model2'_RF*) sa izlaznom kategorijalnom varijablom „inovacije_kat“.

Prije nego se krene u konstruiranje modela potrebno je obraditi ulazne podatke. Ulazni podaci se sastoje od pet kontinuiranih varijabli. Vrijednosti su prikazane kao udio izdataka za inovacije od ukupnog prometa unutar referentne godine (u ovom slučaju 2014.). Dakle, podaci o inovacijskim ulaganjima dostupni su samo za jednogodišnje razdoblje (od tri dostupne godine) što donekle ograničava modele⁸¹. S druge strane, inovacija je proces čiji razvoj zahtjeva duže višegodišnje vremensko razdoblje, tako da mnoge efekte nije moguće pravilo obuhvatiti. O tome će biti više riječi u diskusiji.

Unutar uzorka varijable su poprilično neravnomjerno raspoređene te postoje određeni zapisi s ekstremnim odstupanjima (*engl. outlier*). Recimo, postoji zapis s težinskim faktorom varijable „akvizicija opreme“ u vrijednosti 40 puta većom od ukupnog godišnjeg prometa. Vjerojatno se radi o kapitalnoj jednokratnoj investiciji. Za ostala poduzeća gdje je prisutna aktivnost pribavljanja opreme, prosječna vrijednost ulaganja iznosi 0,17% prometa. Dakle, radi se od 235 puta većoj vrijednosti od prosjeka. Česta je praksa – ukoliko se pojave takve ekstremne vrijednosti – da ih se izuzme iz uzorka uz obrazloženja. (Aguinis, Gottfredson *i dr.*, 2013; Grace-Martin, 2021) jer dotični zapisi zbog svojih ekstremnih vrijednosti mogu utjecati na ishode pojedinih metoda⁸².

Da bi se odradila korekcija i uravnotežile vrijednosti napravljena je prilagodba ulaznih varijabli putem transformacijske funkcije kvadratnog korijena. Cilj transformacije jest smanjiti razlike i pripremiti podatke za ulaz u modele.

Transformacija ulaznog prostora obično povećava homogenost varijance u rasponu prediktora, korigira asimetričnost, može transformirati nelinearnosti, napraviti bolju preglednost podataka

⁸¹ Za većinu drugih parametara podaci su dostupni za sve tri godine referentnog razdoblja.

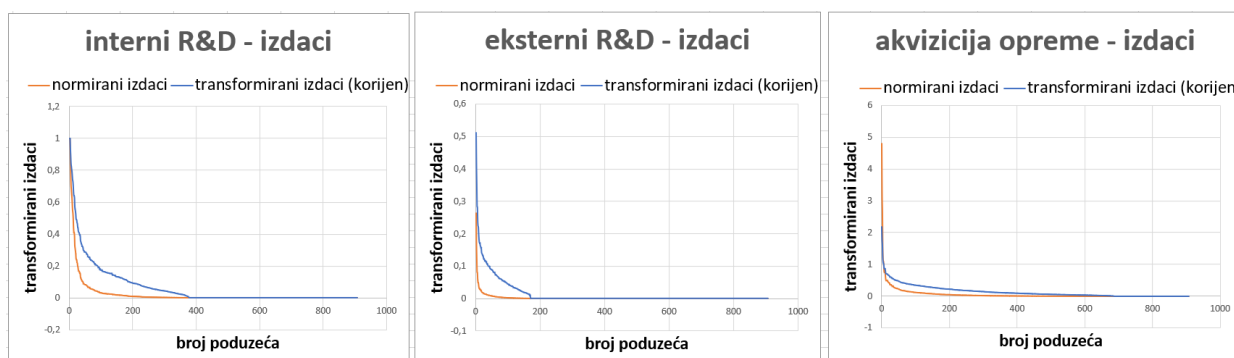
⁸² Stvoreni modeli po točnosti se nisu značajnije razlikovali bez obzira na ekstremu vrijednost, no izračun osnovnih komponenti i testiranje osjetljivosti parametara pokazivali su određene razlike.

(Bartlett, 1936; Choueiry, 2021). Druga česta metoda transformacije jest logaritamska funkcija, ali kako su dostupni podaci uglavnom manji od jedan⁸³, drugi korijen je prikladnije rješenje.

U *Tablici 25.* opisana je cjelokupna deskriptivna statistika ulaza. Uočljivo je da se u prosjeku najviše sredstava ulaže u nabavku opreme (gledano sa aspekta inovacija), a potom za istraživanje i razvoj. Medijan većine ulaznih varijabli jest 0, što znači da više od polovice inovativnih poduzeća nije uopće ulagalo u dotičnu vrstu.

Tablica 25. - Deskriptivna statistika transformiranih ulaznih varijabli

IZDACI	N	prosjek	median	min	max	varijanca	stw.dev	st.greška
interni R&D	2246	0,07	0,00	0,00	1,00	0,02	0,14	0,003
eksterni R&D	2246	0,01	0,00	0,00	0,51	0,00	0,04	0,001
akvizicija opreme	2246	0,16	0,09	0,00	6,73	0,08	0,29	0,006
akvizicija znanja	2246	0,01	0,00	0,00	2,87	0,01	0,09	0,002
ostalo	2246	0,04	0,00	0,00	2,03	0,01	0,10	0,002



Grafikon 42. - Vizualni prikaz transformiranih ulaznih varijabli putem kvadratnog korijena

Na *Grafikonu 42.* su nacrtane prve tri izvorne ulazne varijable (sa narančastom linijom) te njihove transformacije (plava linija). Nadalje, udjeli izdataka izvornih i transformiranih ulaza navedeni su u *Tablici 26.* Transformacijom ulaznih varijabli i uklanjanjem ekstrema smanjene su razlike, no i dalje postoje znatna odstupanja koja mogu predstavljati izazove za pojedine modele.

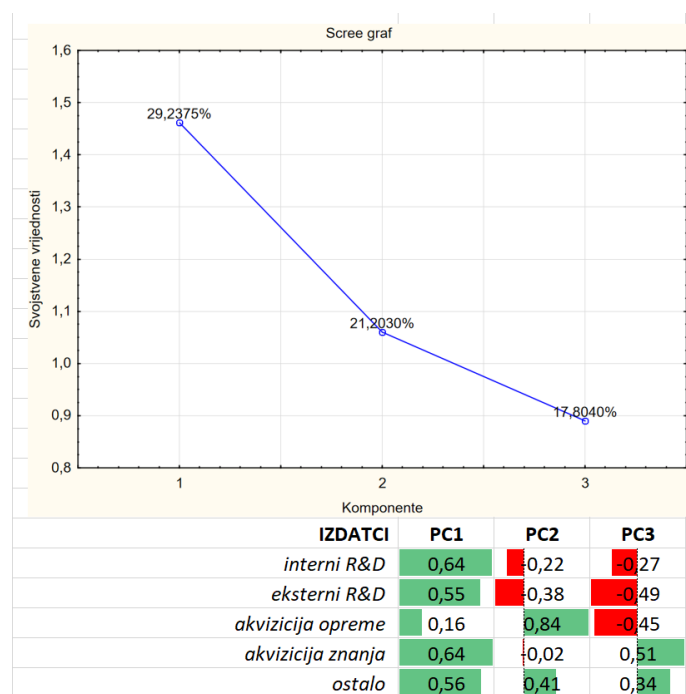
Tablica 26. - Ukupni troškovi prije i poslije transformacije

	uk.troškovi_izvorni		uk.troškovi_trans.	
interni R&D - troškovi	21	14%	59	24%
eksterni R&D - troškovi	2	1%	13	5%
akvizicija opreme - troškovi	99	70%	129	53%
akvizicija znanja - troškovi	9	7%	10	4%
ostalo - troškovi	11	8%	32	13%

⁸³ Logaritam za brojeve $<0,1>$ je negativan.

Za klasifikaciju, konstruirana su dva modela metodama strojnog učenja *Model2'_ANN* i *Model2'_RF*. Prethodno je napravljena analiza zavisnosti ulaznog prostora te redukcija ulaznih varijabli (uz prethodnu transformaciju). Na koncu, prilikom stvaranja modela ispitivane su različite varijante te su izabrani najadekvatniji modeli.

Rezultati analize glavnih komponenti (PCA) za ulazne varijable se nalaze na *Grafikonu 43*. Izabrane su tri glavne komponente (*PC1*, *PC2* i *PC3*) sa svojstvenim vrijednostima (1.46, 1.06, 0.89) koje zajedno opisuju oko 70% varijance podataka. U prvom vektoru dominiraju komponente vezane uz većinu ulaznih varijabli osim nabavka opreme. U drugom vektoru upravo potonja varijabla je dominantna, dok su u posljednjem vektoru komponente različito raspoređene.



Grafikon 43. - „Scree“ graf s pripadajućim glavnim komponentama

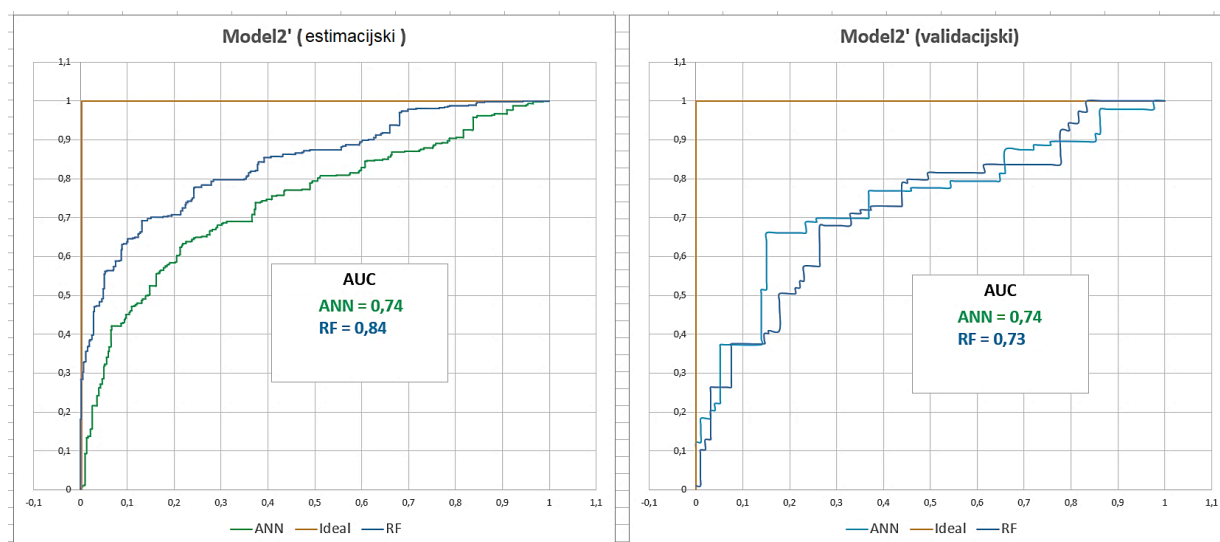
Raspodjela skupova za učenje i testiranje kao i svi ostali parametri jednaki su prethodnim modelima (poglavlje „*Rezultati metoda i modela hipoteze H1 - Model1'“*) te se neće ponavljati. U analizi će prvo biti opisan klasifikacijski model (*Model2'*), a potom regresijski (*Model2*).

Rezultati testiranja *Modela2'* prikazani su u *Tablici 27.* i sličnog su reda veličine kao i kod klasifikacijskog *Modela1'*, ali s nešto slabijom izvedbom. Također, može se uočiti da izvedba klasifikatora za prepoznavanje poduzeća s višom razinom inovativnosti je nešto lošija nego li za odabir poduzeća s nižim stupnjem.

Tablica 27. – Izvedba modela „Model2’“

estimacijski		Model2'-ANN			Model2'-RF		
inovacije_kat		ukup	viši	niži	ukup	viši	niži
	N	1458	727	730	1458	727	730
	viši	1028	455	573	1102	536	566
	niži	430	273	157	356	191	165
	%t	70,5%	62,5%	78,5%	75,6%	73,7%	77,5%
	%f	29,5%	37,5%	21,5%	24,4%	26,3%	22,5%
validacijski		Model2'-ANN			Model2'-RF		
inovacije_kat		ukup	viši	niži	ukup	viši	niži
	N	263	138	125	263	138	125
	viši	194	91	103	179	87	92
	niži	68	47	22	84	51	33
	%t	74,0%	66,1%	82,7%	68,1%	62,8%	73,9%
	%f	26,0%	33,9%	17,3%	31,9%	37,2%	26,1%
		estimacijski skup			validacijski skup		
		Model2'-ANN			Model2'-ANN		
		70,5%			74,0%		
		Model2'-RF			Model2'-RF		
		75,6%			68,1%		

U skupu za treniranje, model slučajnih šuma pokazuje bolje rezultate nego li model neuronskih mreža, ali rezultati nad validacijskim skupom daju prednost modelu neuronskih mreža. Ukupna točnost klasifikacije (ACC) za oba modela iznosi preko 70% te se klasifikator može smatrati prikladnim. Nadalje, performanse modela dodatno su opisane ROC krivuljama (Grafikon 44.).



Grafikon 44. - Izvedba Model2' prikazana ROC krivuljom

Graf potvrđuje prethodno navedene rezultate klasifikatora te jasno prikazuje razlike izvedbe modela. Može se uočiti da na testnom skupu točnost modela je približno ista (vrijednosti AUC indikatora su 0,73-0,74), dok je na skupu za učenje zabilježena znatno bolja izvedba modela slučajnih šuma (0,84 spram 0,74). Takav rezultat upućuje na postojanje fenomena

pretreniranosti modela. Model se iznadprosječno dobro ponaša nad dostupnim podacima ali pokazuje znatno lošije rezultate nad podacima koje prvi put vidi. S druge strane, model neuronskih mreža ravnomjerno pokazuje efikasnost kroz sve skupove.

Generalno, *AUC* vrijednost validacijskog skupa za oba modela je iznad 0,7 što se može smatrati prihvatljivim modelom. Time je dokazana povezanost između ulaganja u inovacijske aktivnosti i stupnja inovativnosti poduzeća. Navedeni klasifikacijski modeli su ujedno i prediktivni jer imaju sposobnost razvrstavanja poduzeća izvan originalnog uzorka.

Iako je dokazana veza, iz klasifikatora se ne vidi smjer povezanosti, tj. na koji način se mijenja inovativnost s povećavanjem ili smanjenjem ulaganja u pojedinu inovacijsku aktivnost. Zbog toga je konstruiran regresijski *Model2* sa izlaznom varijablom „inovacije_br“.

Model2 se sastoji od tri pod-modela *Model2_MLR*, *Model2_ANN* te *Model2_RF*, a rezultati izvedbe su navedeni u *Tablici 28*. Rezultati upućuju da postoji pozitivna umjerena povezanost između konstruiranih modela i stupnja inovativnosti.

Tablica 28. - Metrika izvedbe modela „Model2“

		<i>estimacijski skup</i>		
inovacije_br &	N	Spearman	t(N-2)	p-value
MLR	1910	0,31	14,34	0,000
ANN	1910	0,60	32,81	0,000
RF	1910	0,32	14,52	0,000
		<i>validacijski skup</i>		
inovacije_br &	N	Spearman	t(N-2)	p-value
MLR	336	0,29	5,51	0,000
ANN	336	0,43	8,71	0,000
RF	336	0,30	5,70	0,000
		<i>cjelokupni uzorak</i>		
inovacije_br &	N	Spearman	t(N-2)	p-value
MLR	2246	0,31	15,35	0,000
ANN	2246	0,57	33,18	0,000
RF	2246	0,31	15,59	0,000
<i>validacijski skup</i>				
	MLR	ANN	RF	
prosjeak	0,32	0,21	0,2	
MSE	0,28	0,07	0,06	
RMSE	0,24	0,27	0,25	
MAE	0,29	0,23	0,22	
SEE	0,47	0,27	0,26	

Podaci opisuju koeficijente neparametrijske korelacijske analize između izlaza *Modela2* te varijable „inovacije_br“. Povezanost *Modela2* u prosjeku je nešto slabija, ali sličnog reda veličine kao i kod klasifikacijskog *Modela2'* (iz referentne hipoteze) i regresijskog *Modela1* (iz prošle hipoteze). Modeli strojnog učenja upućuju na pozitivnu povezanost, s time da *Model2_ANN* pokazuje znatno bolju izvedbu spram ostalih modela.

Dodatno, po indikatorima grešaka se mogu uvidjeti izvedbe modela. Modeli strojnog učenja pokazuju manju grešku od MLR modela, ali treba naglasiti da pokazatelji uspješnosti mogu varirati ovisno izboru skupa za testiranje.

Zaključak je da *Model2* potvrđuje postojanje pozitivne povezanosti (slično kao i *Model2'*) između ulaganja u inovacijske aktivnosti i rezultirajućeg stupnja inovativnosti. Stupanj povezanosti je nešto umjereniji od *Modela1*, što govori da sama informacija o postojanju aktivnosti bolje opisuje izlaznu varijablu od novčanih izdataka.

Ukoliko se provede izravna korelacija ulaznih varijabli sa izlazom putem *Spearmanove* korelacijske analize, dobiju se rezultati: $PC1=0,23$, $p<0,00$; $PC2=-0,17$, $p<0,00$; $PC3=-0,05$, $p<0,015$. Ukupni koeficijent korelacije ulaza ($PC1$, $PC2$, $PC3$) spram izlaza iznosi 0,48. Koeficijent predstavlja zbroj apsolutnih vrijednosti pojedinih ulaznih komponenti, jer su komponente međusobno neovisne.

Nadalje, provedena je analiza osjetljivosti ulaznih varijable modela, da bi se odredile važnosti njihovih udjela u izlaznoj varijanci. Za razliku od prethodnih testiranja (vjerojatno zbog slabije povezanosti) modeli strojnog učenja ne daju stabilnu informaciju o redoslijedu važnosti varijabli, dok s druge strane rezultirajuće vrijednosti su vrlo sličnog iznosa te nije moguće kvalitetno razlučiti razlike. Iz tog razloga zasebno su kreirani novi modeli – za svaku ulaznu varijablu posebno – i to za obje metode strojnog učenja (ukupno 10 modela).

Tablica 29. - Analiza osjetljivosti ulaznih parametara za prilagođeni „Model2“

	IZDACI	ANN	RF	Spearman	prosjeak
	interni R&D	0,30	0,36	0,29	0,32
	eksterni R&D	0,11	0,21	0,19	0,17
	akvizicija opreme	0,09	0,40	0,05	0,18
	akvizicija znanja	0,16	0,22	0,18	0,19
	ostalo	0,21	0,35	0,20	0,25

Osim provođenja analize osjetljivosti s metodama strojnog učenja, dodatno je provedena *Spearmanova* korelacijska analiza, a rezultati su prikazani u *Tablici 29*. *Spearmanov* korelacijski koeficijent je neparametrijska mjera provjere povezanosti između dvije varijabli⁸⁴. *Spearmanovi* koeficijenti su izračunati za svaku ulaznu varijablu u odnosu na izlaznu „inovacije_br“.

U *Tablici 29*, u zadnjem stupcu naveden je prosjek koeficijenata, a rezultati su interpretirani u diskusiji. Svi navedeni korelacijski koeficijenti su potvrđeni sa statističkom značajnošću.

Za izračunavanje parametara osjetljivosti korišten je cjelokupni uzorak – validacijski i estimacijski skup zajedno. Time se dobivaju stabilniji rezultati i manje oscilacije, inače prisutne prilikom odabira manjeg skupa podataka (npr. validacijski). No, koristeći cjelokupni uzorak uključuje se određena pristranosti modela, što donekle može utjecati na prikaz konačnog rezultata. *Spearmanov* test korelacije nema problema s pristranosti, jer se uspoređuju direktno ulazne varijable sa izvornom izlaznom, a ne sa izlazima modela. Zbog svega toga, može se smatrati kao najrelevantniji u određivanju osjetljivosti varijabli.

Klasifikacijskim i regresijskim modelima (*Model2* i *Model2'*) te provođenjem *Spearmanove* korelacijske analize identificirana je statistički značajna pozitivna povezanost između ulaganja u inovacijske aktivnosti i stupnja izlazne inovativnosti te se time prihvaća hipoteza **H2**.

5.5.2 Rezultati modela za predviđanje inovativnih poduzeća temeljem **javne potpore** inovativnim aktivnostima

U ovom poglavlju se testiraju povezanosti javnih potpora sa izlaznim stupanjem inovativnosti. Drugim riječima, koliko i na koji način su javne potpore efikasne i poticajne za razvoj inovativnosti?

Hipotezom **H3** se nastoji odgovoriti na postavljeno pitanje kroz tvrdnju koja glasi: „*Javna potpora inovacijskim aktivnostima povezana je s većom inovativnošću proizvoda, procesa, usluga, organizacije i marketinga poduzeća*“

Slično kao i kod prethodnih istraživačkih pitanja, konstruirana je nekolicina modela prema *Slici 25*. (poglavlje: „*Izrada modela metodologijom strojnog učenja za prepoznavanje inovativnih*

⁸⁴ Izvorne varijable ne podliježu normalnoj razdiobi.

poduzeća **temeljem javne potpore** inovacijskim aktivnostima“). Na shemi modela se mogu razaznati tri osnovne ulazne varijable: „lokalna“, „nacionalna“, i „EU“. Ulazne varijable opisuju oblik javne financijske potpore poduzećima s obzirom na nivo s koje dolaze. Izlazna varijabla jest stupanj inovativnosti („inovacije_br“).

Sve ulazne varijable su binomnog oblika (kao i kod *Modela1*), što implicira na postojanje ili ne postojanje određene javne potpore (bez novčanih iznosa). Sama činjenica da je tvrtka aplicirala i dobila određena sredstva nosi važnu informaciju.

Analizom zavisnosti komponenti (korelacijska analiza⁸⁵) ustanovljena je statistički značajna povezanost između ulaznih varijabli (*Tablica 30.*). Zato je potrebno prethodno procesuirati podatke za ulaz modela. Kao i do sada korištena je analiza glavnih komponenti (PCA), a izvorne varijable su prikazane kod analize osjetljivosti.

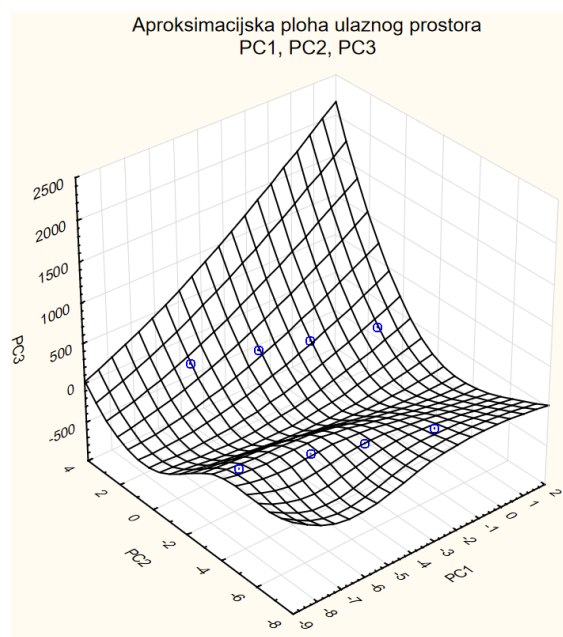
Određena korelacija je prisutna između svih ulaznih komponenti, a među njima se najviše ističe odnos javnih potpora s lokalne i nacionalne razine. S desne strane tablice navedena je sažeta deskriptivna statistika. Može se uočiti struktura ulaznih varijabli iz koje je vidljivo da je samo 22% poduzeća ostvarilo neki od oblika javne potpore. Situacija je još ekstremnija za lokalne i EU potpore gdje su potpore tek 6% i 4%. Rezultati deskriptivne analize će biti diskutirani u raspravi.

Tablica 30. - Korelacijska analiza te struktura ulaznih varijabli

Variable	Spearman koeficijent korelacije crvenom bojom su označene statistički značaje vrijednosti sa $p < ,05$			DA	NE	%	uk	prosjek	st.dev
	lokalna	nacionalna	EU						
lokalna	1,00	0,30	0,22	129	2117	6%	2246	0,06	0,23
nacionalna	0,30	1,00	0,15	400	1846	18%	2246	0,18	0,38
EU	0,22	0,15	1,00	98	2148	4%	2246	0,04	0,20
				bilo koja	505	1741	22%		

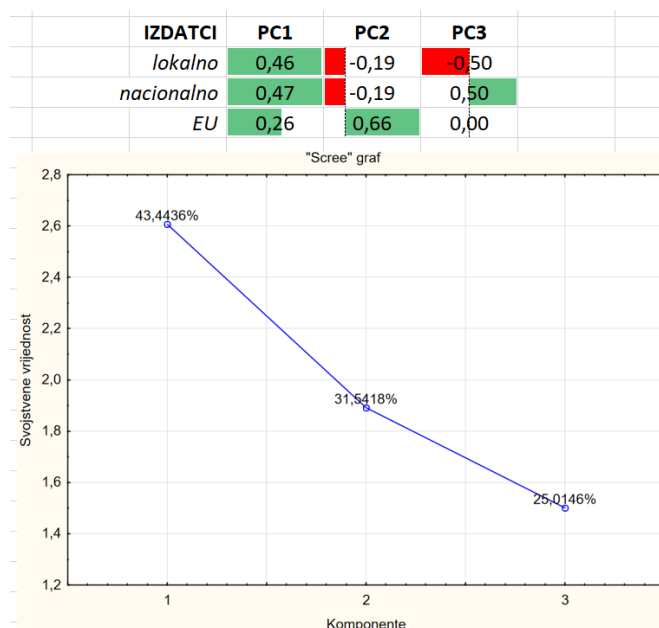
⁸⁵ Za cijeli model je korištena neparametrijska Spearmanova korelacijska analiza.

Na *Grafikonu 45.* se nalazi prikaz transformiranog ulaznog prostora te prilagođena 3D ploha konstruirana metodom udaljenosti ponderiranih najmanjih kvadrata. Naknadno, istraživanja su pokazala da konačni rezultati znatno ne odstupaju bez obzira o konačnom odabiru varijanti ulaznih varijabli, no radi sukladnosti pretpostavkama nezavisnosti ulaza za metodu višestruke linearne regresije (*Model3_MLR*) korištena je transformirana verzija.



Grafikon 45. - Ulazni prostor transformiranih varijabli

Udio elementa svojstvenih vektora prve glavne komponente ističe varijable „*lokalno*“ i „*nacionalno*“, dok drugom komponentom dominira „*EU*“ varijabla. Prva komponenta opisuje preko 43% varijance, druga preko 31%, dok treća 25%. Iz toga se može odmah uočiti da je glavnina varijance obuhvaćena s prvom komponentom s varijablama nacionalnih i lokalnih potpora – napose nacionalnih. Podatak upućuje na uključenost pojedine varijable u ulazu modela što se često reflektira i na analizu osjetljivosti (*Grafikon 46. - stranica ispod*).



Grafikon 46. - "Scree" graf i komponente PC vektora

Iz deskriptivne analize ulaza se mogu uočiti disbalansi ulaznih varijabli. S gledišta modeliranja u slučaju neuravnoteženih podataka poželjno je napraviti određene prilagodbe kako bi se poboljšale performanse modela. Postoji više tehnika za rješavanje tog problema, a u istraživanju je korištena metoda ponovnog uzorkovanja podataka (engl. *resampling*) (Knezić, 2020) i to s naizmjeničnim brisanjem podataka iz većeg skupa (engl. *under sampling*).

Uzorak je podijeljen na tri ravnomjerna djela i u svakom od njih se nalaze sva poduzeća (njih 505) s javnim poticajima. Ostala poduzeća (1741) naizmjenično su svrstana u tri različita skupa (bez mogućnosti ponavljanja). Svaki od tri novostvorena uzorka veličine je oko 1000 poduzeća.

Model3 je razvijen u tri varijante za tri različite metode: *Model3_MLR*, *Model3_ANN* i *Model3_RF*. Konfiguracije i parametri regresijskih modela prethodno su opisani, a rezultati su prikazani u *Tablici 31*.

Tablica 31. - Rezultati modela „Model3“

korelacijski koeficijenti				analiza osjetljivosti				Model3_MLR			
korelacija	MLR	ANN	RF	MLR	lokalna	nacionalna	EU	R	s1	s2	s3
s1	0,13	0,12	0,14	s1	0,06	0,10	0,03	R ²	0,13	0,11	0,12
s2	0,11	0,13	0,07	s2	0,06	0,08	0,02	SEE	0,25	0,26	0,27
s3	0,12	0,10	0,12	s3	0,06	0,09	0,02	Mean	0,38	0,29	0,38
pr	0,12	0,12	0,11	pr	0,06	0,09	0,02	p-value	0,000	0,004	0,001
analiza osjetljivosti				analiza osjetljivosti				F	6,10	4,49	5,24
ANN	lokalna	nacionalna	EU	RF	lokalna	nacionalna	EU				
s1	1,01	1,05	1,00	s1	0,90	0,87	1,00				
s2	1,00	1,01	1,00	s2	0,89	1,00	0,68				
s3	1,00	1,01	1,00	s3	1,00	0,96	0,83				
pr	1,00	1,02	1,00	pr	0,93	0,95	0,84				
analiza osjetljivosti				Spearman korelacija							
MLR	ANN	RF	prosjeak	p < 0,05	s1	s2	s3	prosjeak			
korelacija	0,1201	0,1167	0,1115	0,12	lokalna	0,09	0,07	0,08	0,08		
lokalna	0,66	0,98	0,98	0,88	nacionalna	0,11	0,09	0,10	0,10		
nacionalna	1,00	1,00	1,00	1,00	eu	0,04	0,04	0,04	0,04		
eu	0,27	0,98	0,89	0,71							

Gornja lijeva tablica prikazuje korelacijske koeficijente za sve modele. Koeficijenti se odnose na korelacije između izlaza pojedinog podmodela (*Model3_MLR*, *Model3_ANN* i *Model3_RF*) te varijable „inovacije_br“. Koeficijenti za *Model3_RF* i *Model3_ANN* računani su na validacijskom skupu, dok se korelacija *Model3_MLR* odnosi na cjelokupni uzorak. Za svaki podmodel kreirane su tri dodatne inačice – ovisno o poduzorku (s1, s2, s3) – tako da je ukupno stvoreno devet modela.

Rezultati upućuju (*Tablica 31.*) na postojanje zanemarive i vrlo niske povezanosti modela sa izlaznom varijablom „inovacije_br“. Za svaki poduzorak (s1, s2 i s3) rezultati su slični, a iznosi korelacijskih koeficijenata se kreću oko 0,11.

U pod-tablici na krajnjoj desnoj strani posebno su navedeni pokazatelji *Model3_MLR* iz razloga što se kao parametrijski model može interpretirati sa standardnim statističkim testovima. Svi modeli su pokazali statističku značajnost ali s vrlo niskim koeficijentima determinacije (0,012 – 0,017), što se može smatrati zanemarivom povezanošću.

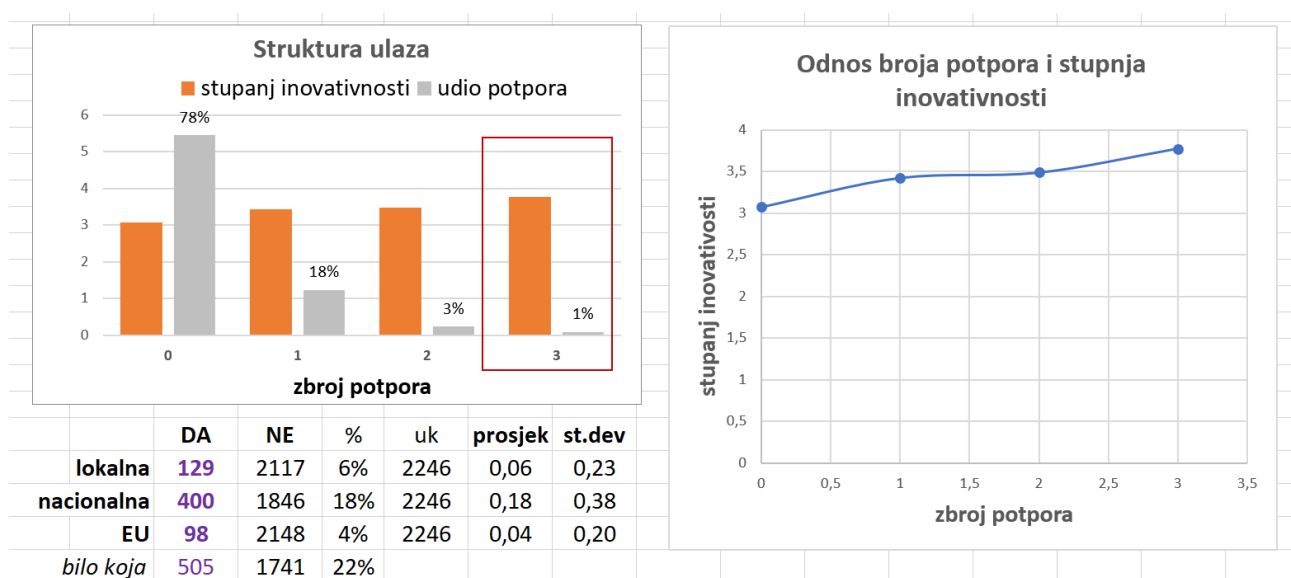
Također je provedena analiza osjetljivosti ulaza za sve modele (*Tablica 31.*) te izračunat prosjek i konačni redoslijed važnosti komponenti. Dodatno, provedena je *Spearmanova* korelacijska analiza izravno između ulaznih i izlaznih varijabli, a crvenom bojom su označene statistički

značajne vrijednosti. *Spearmanova* analiza također potvrđuje zanemarivu korelacijsku povezanost za sve tri ulazne varijable s tim da parametri varijable „EU“ nisu statistički značajni.

Analiza osjetljivosti u svim slučajevima daje blagu prednost nacionalnim potporama spram ostalih, što je interesantno za diskusiju, napose što „EU“ potpore inovacijama ne pokazuju niti najmanju povezanost.

Da bi se preispitao odnos javnih potpora s inovativnošću poduzeća, obrađena je alternativna analiza s nešto drugačijim pristupom. Analogno ispitivanju hipoteze **H1** (*Grafikon 36.*, poglavlje: „Rezultati metoda i modela hipoteze **H1** - **Model1**“) u odnos je stavljen ukupni broj različitih vrsta potpora te prosječni stupanj inovativnosti. Tri ulazne varijable mogu poprimiti vrijednost 0/1, a njihov najveći zbroj iznosi 3, a najmanji 0. Stoga ulaz u alternativni model su vrijednosti varijable (0,1,2,3). Za svaki nivo izračunat je prosjek pripadajuće izlazne (ne-normirane) varijable „inovacije_br“.

Za očekivati je da poduzeća s potporama iz više izvora ostvaruju veću vjerojatnost da razviju više oblika inovacija. Rezultati analize navedeni su na *Grafikonu 47.*



Grafikon 47. - Odnos broja javnih potpora i stupnja inovativnosti

Na stupčastom grafikonu sivom bojom su označeni postotci udjela pojedinih razina potpora, dok su narančastom prikazani pripadajući stupnjevi inovativnosti – isto kao i na desnom grafu plavom linijom. Čak 78% poduzeća nije dobilo niti jedan oblik javne potpore, dok sva tri oblika potpora je dobilo svega 26 poduzeća (ne-ponderirano 5). Zbog toga, zadnja točka (stupac) na grafu težinski nosi samo 1% poduzeća cjelokupnog uzorka.

Svaka izračunata vrijednost označava prosjek stupnja inovativnosti pripadajuće razine potpora (0,1,2,3). Naočigled se može zamijetiti blagi nagib krivulje, što se slaže s prethodnim analizama. Da bi se statistički utvrdila značajnost provedena je analiza razlika sredina (varijanci) za četiri nivoa potpora. Prvotno je analizi pristupljeno s parametrijskom metodom (ANOVA), no pokazalo se da nije zadovoljen kriterij normalnih distribucija i homogenosti varijanci (*Levene test*), stoga je korišten neparametrijski oblik – *Kruskal-Wallis*.

Tablica 32. - Usporedba sredina za sve razine potpora (*Kruskal-Wallis*)

Kruskal-Wallis test : $H(3, N=2246)=22,53$ $p < 0001$				
potpore	0	1	2	3
0		0,00	0,19	0,26
1	0,00		1,00	1,00
2	0,19	1,00		1,00
3	0,26	1,00	1,00	

Rezultati su prikazani na *Tablici 32.*, gdje je vidljivo da postoji statistički značajna razlika između 0 i 1 stupnja potpora, dok za sve ostale kombinacije razlika nije utvrđena.

Dakle, s *Kruskal-Wallis* testom identificirana je statistički značajna razlika između prosječnog stupnja inovativnosti poduzeća bez ijednog oblika javnih potpora i poduzeća samo s jednom (bilo kojom) vrstom potpore. To znači da za poduzeća gdje su prisutna sva tri oblika javnih potpora i poduzeća bez ijednog oblika potpora nije identificirana statistički značajna razlika – što je naočigled primjetno na *Grafikonu 47* (plava krivulja).

Nadalje, provedeno je ispitivanje razlika između poduzeća sa (bilo koja razina, 1-3) i bez javnih potpora(0). Upotrebnom neparametrijskog *Mann-Whitney U* testa za nezavisne uzorke ($Z=-4,57$; $p=0,00$) identificirana je statistički značajna razlika srednjih vrijednosti stupnja inovativnosti za grupe poduzeća s potporama (3,45) i poduzeća bez potpora (3,08). Razlika nije toliko izražena te iznosi 0,37 stupnja od maksimalno 7.

Razradom *Modela3* i provođenjem dodatne analize razlika – sukladno dobivenim rezultatima i slabim korelacijskim koeficijentima – može se zaključiti da postoji vrlo slaba (ali statistički značajna) povezanost između javnih potpora inovativnim aktivnostima i stupnja inovativnosti poduzeća. Iz tog razloga hipoteza **H3** se ne može u potpunosti prihvatiti, ali niti odbaciti. Drugim riječima, povezanost postoji, ali su korelacijski koeficijenti vrlo slabi i zanemarivi - višestruko manji nego što je to bio slučaj kod testiranja ostalih hipoteza.

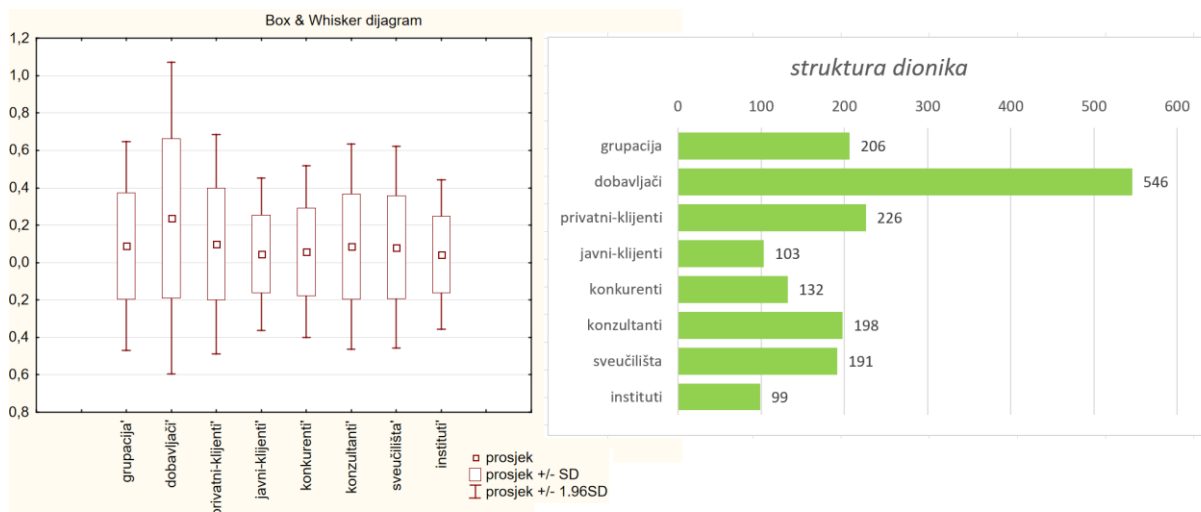
5.5.3 Rezultati modela za predviđanje inovativnih poduzeća na osnovu suradnje s drugim organizacijama i institucijama

Ovo poglavlje se fokusira na istraživanje odnosa i suradnje poduzeća na inovacijskim aktivnostima. Hipoteza **H4** glasi: „*Veći stupanj suradnje na inovacijskim aktivnostima s drugim institucijama ili poduzećima povezan je s većom inovativnosti proizvoda, procesa, usluga, organizacije i marketinga poduzeća*“. Postavlja se pitanje hoće li poduzeća u suradnji s više različitih dionika ostvarivati bolje inovacijske rezultate od onih s manje, te kakav oblik suradnje je najviše povezan sa stupnjem inovativnosti.

Da bi se odgovorilo na takvo pitanje dizajniran je *Model4* sukladno *Slici 26.* iz poglavlja „*Izrada modela metodologijom strojnog učenja za prepoznavanje inovativnih poduzeća na osnovu suradnje s drugim organizacijama i institucijama*“. Model se sastoji od 8 ulaznih varijabli: „dobavljači“, „privatni-klijenti“, „javni-klijenti“, „konkurenti“, „konzultanti“, „sveučilišta“, „instituti“, „grupacija“, a svaka od njih determinira tip dionika suradnje.

Ulazne varijable za razliku od prethodnih modela nisu isključivo binomne, nego mogu poprimiti više stanja u ovisnosti na koliko lokacija je ostvarena suradnja – najviše 5. Lokacije suradnje su: *unutar zemlje, EU, SAD, Indokina, ostale zemlje*. Pri modeliranju je stavljena prednost navedenom pristupu [0-5] spram izbora binomnih varijabli [0-1], jer višestruka suradnja (tj., suradnja na više mjesta s više institucija istog tipa, npr. sveučilištima) daje veću težinu obliku suradnje od same informacije da suradnja postoji (npr. da postoji suradnja sa sveučilištima). Testirane su varijante i s binomnim oblikom, ali istraživanja ukazuju na bolje rezultate ukoliko se pristupi drugačije.

Deskriptivna analiza ulaza zajedno s udjelima sudionika na inovacijskim aktivnostima prikazana je na *Grafikonu 48*.



Grafikon 48. - Deskriptivna analiza ulaznih varijabli i struktura dionika suradnje

Od navedenih, najveća varijanca je pripisana varijabli „*dobavljači*“ – što je i očekivano jer je najzastupljenija u uzorku. Indikativno je uočiti da su najslabije zastupljene komponente „*javni-klijenti*“ (suradnje s klijentima iz javnog sektora) te „*instituti*“ – suradnja s istraživačkim institutima.

Dobro je naglasiti da udio inovativnih poduzeća s bilo kakvim oblikom suradnje iznosi oko 30% uzorka – što znači da otprilike svako treće poduzeće aktivno surađuje. Preostale tvrtke svoje inovacijske aktivnosti provode isključivo unutar kuće bez dodatnog vanjskog angažmana, dakle, čak ne i od strane poduzeća unutar vlastite grupacije.

Sljedeći korak jest provjera međuovisnosti ulaza u obliku korelacijske analize. Testiranja su pokazala da niti jedna ulazna varijabla ne udovoljava normalnoj raspodjeli stoga je korištena *Spearmanova* neparametrijska korelacijska metoda, a rezultati su navedeni u *Tablici 33*. (stranica ispod).

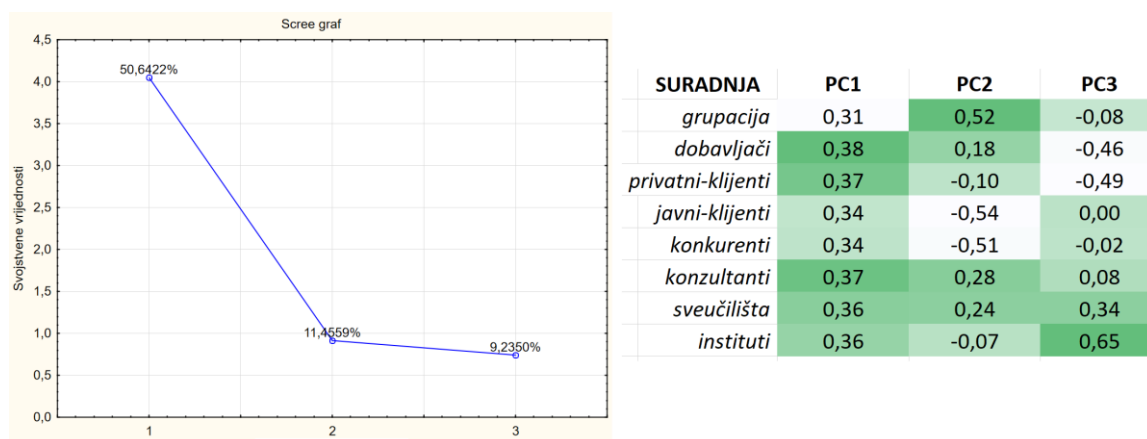
Svi brojevi su statistički značajni, a prosječna vrijednost koeficijenata se kreće oko 0,4, što indicira na relativno visoku međuovisnost ulaza. Najviše se ističe varijabla „*privatni-klijenti*“ (0,47), a pojedinačno najveći korelacijski koeficijent je između varijabli „*konkurenti*“ i „*javni-klijenti*“ (0,59).

Tablica 33. - Korelacijska matrica ulaznih varijabli

korelacijska matrica	0,30	0,42	0,47	0,40	0,40	0,43	0,37	0,36
grupacija	grupacija	dobavljači	privatni- klijenti	javni- klijenti	konkurenti	konzultanti	sveučilišta	instituti
grupacija	1,00	0,37	0,35	0,24	0,25	0,32	0,33	0,25
dobavljači	0,37	1,00	0,57	0,36	0,39	0,46	0,43	0,35
privatni-klijenti	0,35	0,57	1,00	0,56	0,53	0,50	0,41	0,35
javni-klijenti	0,24	0,36	0,56	1,00	0,59	0,42	0,33	0,30
konkurenti	0,25	0,39	0,53	0,59	1,00	0,42	0,34	0,29
konzultanti	0,32	0,46	0,50	0,42	0,42	1,00	0,36	0,53
sveučilišta	0,33	0,43	0,41	0,33	0,34	0,36	1,00	0,43
instituti	0,25	0,35	0,35	0,30	0,29	0,53	0,43	1,00

Visoka međuovisnost ulaza ukazuje na postojanje skrivene dominantne komponente prostora čija varijanca opisuje većinu ulaza. To se i pokazalo točnim nakon redukcije prostora putem PCA analize - pri čemu je broj ulaznih varijabli smanjen s 8 na 3 (Grafikon 49.).

Svojtvena vrijednost pripadajuće prve osnove komponente ($PC1=4,05$) obuhvaća preko 50% varijance svih ulaznih varijabli. Ostale prikazane svojstvene vrijednosti su oko 1, a ukupna opisana varijanca putem PCA analize jest 71,3%. U tablici desno od grafa su navedeni elementi jediničnih vektora glavnih komponenti. U prvom vektoru gotovo svi elementi doprinose izlazu, drugim vektorom dominiraju varijable „grupacija“, „konzultanti“ te „sveučilišta“ i zadnjom PC3 komponentom najviše su zastupljene varijable „instituti“ i „sveučilišta“



Grafikon 49. - Scree graf s komponentama glavnih vektora

Zbog velike razlike između udjela poduzeća sa i bez suradnje – slično kao u prethodnoj analizi u poglavlju „Rezultati modela za predviđanje inovativnih poduzeća temeljem javne potpore inovativnim aktivnostima“ – osnovni uzorak je podijeljen na tri približno jednaka dijela. U svakom pod-uzorku broj poduzeća sa i bez suradnje otprilike je isti. U sva tri skupa se nalaze

sva poduzeća s ostvarenom suradnjom(650), a ostatak (1596) je raspoređen na tri podskupa (oko 535).

Podskupovi su nadalje podijeljeni na dijelove za učenje i testiranje, tj. validaciju. Validacijski skupovi su veličine oko 180 poduzeća. Nad validacijskim skupovima provedene su daljnje analize i testiranja *Modela4* (*Model4_MLR*, *Model4_ANN*, *Model4_RF*).

Tablica 34. – Izvedba modela „Model4“ u odnosu na izlaz („inovacije_br“)

korelacijski koeficijenti (neponderirani)					korelacijski koeficijenti (ponderirani)				
Spearman	ANN	RF	MLR		Spearman	ANN	RF	MLR	
s1	0,37	0,32	0,36			0,21	0,14	0,20	
s2	0,47	0,38	0,47			0,34	0,21	0,33	
s3	0,47	0,44	0,47			0,47	0,41	0,45	
pr	0,43	0,38	0,43		pr	0,34	0,25	0,32	
ANN	s1	s2	s3	pr	RF	s1	s2	s3	pr
mse	0,05	0,05	0,06	0,06	mse	0,06	0,06	0,07	0,06
rmse	0,23	0,23	0,25	0,23	rmse	0,24	0,24	0,26	0,24
mae	0,19	0,20	0,21	0,20	mae	0,20	0,21	0,22	0,21
izvedba Modela-4					MLR	s1	s2	s3	pr
ukupno	ANN	RF	MLR		mse	0,05	0,06	0,07	0,06
MSE	0,06	0,06	0,06		rmse	0,23	0,23	0,26	0,24
RMSE	0,23	0,24	0,24		mae	0,19	0,20	0,22	0,20
MAE	0,201	0,211	0,202						

Tablica 34. se sastoji od 6 dijelova. Gornje dvije tablice opisuju *Spearmanove* korelacijske koeficijente za ponderirane i ne-ponderirane podatke. Razlog uvrštenja ne-ponderiranih koeficijenata jest zbog osjetljivosti relativno malog⁸⁶ validacijskog skupa na nasumičnu raspodjelu zapisa s velikim težinskim faktorima. Ukupno je stvoreno 9 modela – za svaki podmodel i svaki podskup po jedan.

Korelacijski koeficijenti mjere povezanost između izlazne varijable „inovacije_br“ te izlaza iz *Modela4* (ovisno o vrsti podmodela). Korelacijski koeficijenti su umjerenog intenziteta te su nešto manji kod ponderiranih izlaza (prosjeak: 0,31), nego kod ne-ponderiranih (0,41). U ovom slučaju model slučajnih šuma (*Model4_RF*) daje slabije rezultate od preostala dva (kod prethodnih analiza često je bilo suprotno). Svi rezultati su statistički značajni, osim težinskog

⁸⁶ Nakon prvotne podjele osnovnog uzorka na 3 djela i nakon dodatne raspodjele skupova, broj zapisa unutar validacijskog skupa jest oko 65, a ponderiranog 180.

koeficijenta *Modela4_RF* za *s1* validacijski skup (u tablici označeno zelenom bojom: $R=0,14$, $t=1,9$, $p=0,06$).

U preostalim tablicama su prikazane standardne greške (*MSE*, *RMSE*, *MAE*) za sve podmodele kao i za zajednički *Model4*. Po rezultatima se može razaznati da *Model4_ANN* ostvaruje najmanje greške za sve tri metrike.

I na koncu, napravljena je analiza važnosti izvornih ulaznih varijabli (prije redukcije prostora), kako bi se razaznali doprinosi pojedinih komponenata u izlazu. Analiza je provedena za sve pod-uzorke (*s1*, *s2* i *s3*) te je u konačnici prikazan prosjek za svaku metodu (*Tablica 35.*). Osim analize osjetljivosti *Modela4*, odrađena je direktna korelacijska analiza ulaznih varijabli sa izlaznom (bez modela), a rezultati se nalaze s desne strane *Tablice 35*. Na osnovu svega toga su izvedeni konačni rezultati.

Tablica 35.- Analiza osjetljivosti „Modela4“

	<i>ANN'</i>	<i>RF'</i>	<i>MLR'</i>	<i>KOR'</i>	<i>prosjeak</i>	<i>Spearman</i>	<i>t(N-2)</i>	<i>p-value</i>
grupacija	0,47	0,37	0,98	0,65	0,62	0,213	10,34	0,000
dobavljači	1,00	1,00	0,79	0,99	0,94	0,252	12,32	0,000
privatni-klijenti	0,76	0,75	0,63	1,00	0,79	0,253	12,40	0,000
javni-klijenti	0,16	0,19	0,15	0,22	0,18	0,164	7,88	0,000
konkurenti	0,65	0,63	1,00	0,78	0,76	0,228	11,11	0,000
konzultanti	0,16	0,41	0,52	0,62	0,43	0,209	10,14	0,000
sveučilišta	0,63	0,21	0,47	0,39	0,42	0,184	8,85	0,000
instituti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,139	6,63	0,000

U stupcima tablice s lijeve strane navedeni su rezultati analize osjetljivosti za sve podmodele, a stupac *KOR'* označava normirane korelacijske koeficijente (iz stupca „*Spearman*“). Svi brojevi s lijeve strane tablice su normirani na interval 0-1 radi lakše usporedbe, uočavanja međusobnih omjera te zbog računanja prosjeka. S desne strane se nalazi rezultat korelacijske analize (sa pripadajućim parametrima) izlazne varijable „*inovacije_br*“ sa svim ulaznim varijablama. Svi koeficijenti su statistički značajni, a redoslijed i omjeri koeficijenata slični su rezultatima analize osjetljivosti modela, što indicira na valjanost modela.

Analiza važnosti ulaza ističe varijable „*dobavljači*“, „*privatni-klijenti*“ i „*konkurenti*“, dok s druge strane najmanja zastupljenost u izlazu jest u varijablama „*javni-klijenti*“ te „*instituti*“. Interpretacija rezultata je obrazložena u raspravi.

Dodatno je provedena analiza razlika stupnja inovativnosti poduzeća sa i bez suradnje. Korištenjem neparametrijskog *Mann-Whitney U testa* identificirana je statistički značajna razlika sredina između poduzeća sa suradnjom (3,84) te poduzeća bez suradnje (2,89), $Z = -12,87$, $p < 0,01$. Dakle, radi se o 33% boljoj izvedbi poduzeća sa suradnjom u odnosu na ona bez ostvarene suradnje.

Iz svega do sada navedenog mogu se donijeti određeni zaključci. Korištenjem metoda strojnog učenja (umjetne neuronske mreže, stabla odlučivanja), metode višestruke linearne regresije, *Spearmanove* korelacijske analize te *Mann-Whitney U testa* identificirana je pozitivna statistički značajna povezanost između intenziteta suradnje i stupnja inovativnosti te je time prihvaćena hipoteza **H4**.

5.5.4 Rezultati modela inovativnih poduzeća koja potiču **ekološke** inovacije

U ovom poglavlju navedeni su rezultati istraživanja inovativnosti poduzeća s ekološkim inicijativama. Radi se o podskupu poduzeća čije inovacijske aktivnosti i/ili rezultati doprinose okolišu bilo kroz proces proizvodnje ili kao posljedica korištenja i potrošnje nastalih proizvoda i usluga.

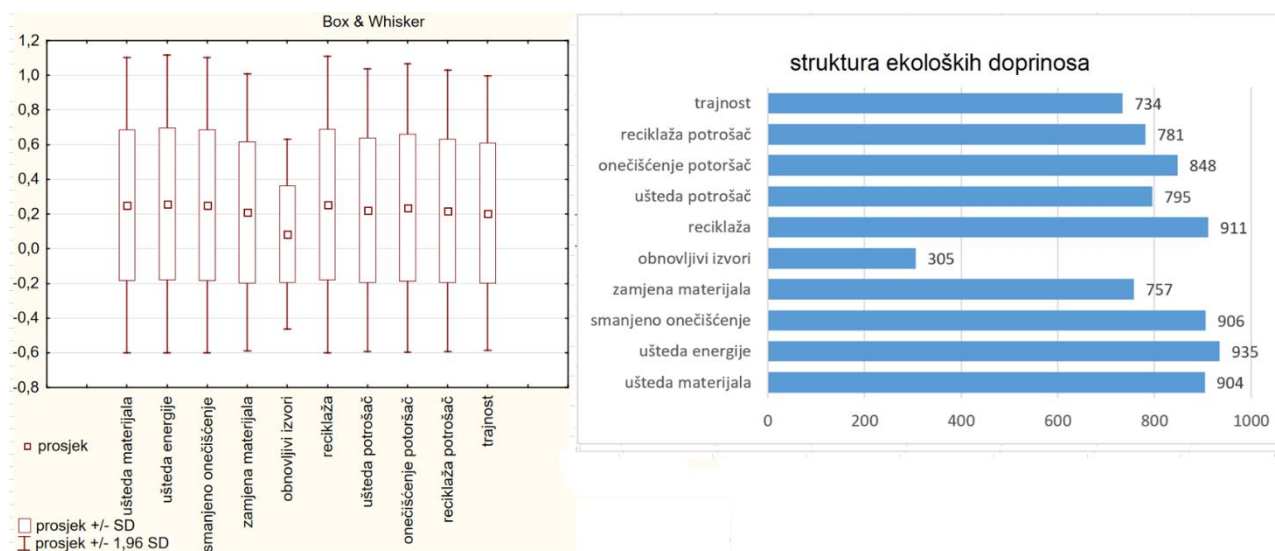
Hipoteza **H5** glasi: *Poduzeća čije inovacijske aktivnosti doprinose očuvanju okoliša, ostvaruju veći stupanj ukupne inovativnosti od ostalih inovativnih poduzeća.*

Schema modela prethodno je opisana na Slici 27. (u poglavlju „*Prikaz i analiza odnosa inovativnih poduzeća koji potiču očuvanje okoliša*“), gdje su navedene sve ulazne varijable i njihovi točni nazivi. Napravljena je i kontekstualna podjela na dvije podgrupe u ovisnosti o tipu konačnog doprinosa okolišu.

Ukupan broj ulaza je deset, od čega se šest odnosi na doprinos okolišu unutar poduzeća, dok se preostalih četiri odnosi na doprinos okolišu proizašao tijekom konzumacije proizvoda/usluga. Pri modeliranju, svih deset varijabli će se uvažiti kao ravnopravni ulazi u modele, a putem agregiranja i reduciranja ulaznog prostora biti će prikazane komponente vektora. Time je napravljen pregled strukture relevantnih pokazatelja ulaznih komponenti.

Iznimno, kod istraživanja ekoloških inovacija za analizu je dostupno nešto više poduzeća nego za prethodne slučajeve. Umjesto 2246 poduzeća na raspolaganju je uzorak od 3530 zapisa, a razlog tome je struktura upitnika (hodogram popunjavanja). Veći broj poduzeća je općenito prednost pri modeliranju, međutim to implicira da je potrebno napraviti potpuno novu preraspodjelu poduzoraka – učenje (2464), testiranje (533) i validaciju (533).

Deskriptivna statistika ulaznih varijabli prikazana je na *Grafikonu 50*. Sve ulazne varijable su binomne i varijanca je sličnog iznosa, osim u slučaju varijable „obnovljivi izvori“. Na desnom dijelu grafa se nalazi struktura raspodjele ulaznog prostora, gdje je evidentno da prethodno navedeni ekološki doprinos („obnovljivi izbori“, engl. „ECO inter renewable“) ima najmanju zastupljenost. Dotična varijabla se interpretira kao aktivnost uvođenja bilo kojeg tipa inovacija s ekološkim učinkom zamjene fosilnih goriva s obnovljivim izvorima energije.



Grafikon 50. - Deskriptivna analiza ulaza

Nadalje, u *Tablici 36*. je navedena cjelokupna korelacijska matrica ulaznog prostora i sve vrijednosti su statistički značajne. Može se vidjeti da je korelacija između većine varijabli relativno visoka – puno veća nego kod prethodnih slučajeva. Prosječna vrijednost svih korelacijskih koeficijenata je oko 0,5, a u gornjem retku su navedene prosječne vrijednosti korelacija za svaku varijablu. Ulazna jedinica s najvećom korelacijom jest varijabla „onečišćenje potrošač“ (ekološki doprinos smanjenja onečišćenja uslijed upotrebe inovativnog proizvoda/usluge od strane potrošača). Zbog tako velikih i približno jednakih korelacijskih koeficijenata ulazni prostor će se promatrati kao zajednička cjelina te se neće dijeliti zasebno na ekološke aspekte unutar poduzeća ili od strane potrošača.

Tablica 36. - Korelacijska matrica ulaznih varijabli

			0,50	0,51	0,52	0,47	0,34	0,41	0,52	0,53	0,46	0,48
korelacijska matrica	prosjeak	st.dev	ušteta materijala	ušteta energije	smanjeno onečišćenje	zamjena materijala	obnovljivi izvori	reciklaža	ušteta potrošač	onečišćenje potrošač	reciklaža potrošač	trajnost
ušteta materijala	0,25	0,43	1,00	0,70	0,59	0,50	0,33	0,46	0,54	0,47	0,42	0,46
ušteta energije	0,26	0,44	0,70	1,00	0,66	0,50	0,37	0,40	0,63	0,50	0,38	0,45
smanjeno onečišćenje	0,25	0,43	0,59	0,66	1,00	0,53	0,37	0,40	0,52	0,67	0,43	0,48
zamjena materijala	0,21	0,41	0,50	0,50	0,53	1,00	0,37	0,43	0,44	0,50	0,42	0,50
obnovljivi izvori	0,09	0,28	0,33	0,37	0,37	0,37	1,00	0,24	0,41	0,40	0,25	0,31
reciklaža	0,25	0,44	0,46	0,40	0,40	0,43	0,24	1,00	0,40	0,41	0,59	0,39
ušteta potrošač	0,22	0,42	0,54	0,63	0,52	0,44	0,41	0,40	1,00	0,70	0,50	0,58
onečišćenje potrošač	0,24	0,42	0,47	0,50	0,67	0,50	0,40	0,41	0,70	1,00	0,54	0,56
reciklaža potrošač	0,22	0,41	0,42	0,38	0,43	0,42	0,25	0,59	0,50	0,54	1,00	0,57
trajnost	0,20	0,40	0,46	0,45	0,48	0,50	0,31	0,39	0,58	0,56	0,57	1,00

Analogno prethodnim analizama prije treniranja modela strojnog učenja napravljena je analiza odnosa ekoloških doprinosa (akumulirani zbroj) i prosječnog stupnja inovativnosti (pridružen tom zbroju).



Grafikon 51. - Prikaz odnosa ekoloških doprinosa i stupnja inovativnosti

Krivuljom na *Grafikonu 51.* (gore lijevo) opisan je odnos akumuliranog stupnja ekoloških doprinosa i pripadajuće prosječne vrijednosti stupnja inovativnosti. Ukupno je 10 ekoloških doprinosa, te njihov zbroj može varirati u intervalu 0 -10. Naizgled se može uočiti trend krivulje s određenim varijacijama, no treba voditi računa o zastupljenosti pojedinih stupnjeva, što se može vidjeti u stupčastom pod-grafikonu. Broj poduzeća bez ijedne ekološke inovacije je otprilike jednak broju svih ostalih stupnjeva ekoloških poduzeća.

Da bi se utvrdilo postojanje statistički značajnih razlika među točkama krivulje (stupnjevima inovativnosti za svaku razinu zbroja doprinosa) provedena je neparametrijska analiza varijance (*Kruskal-Wallis ANOVA*). Prethodno je identificirano odstupanje distribucije varijabli od normalne razdiobe te je u tom slučaju prikladnije korištenje neparametrijske metode. Rezultati ($H = 308,89$, $p < 0,01$) potvrđuju postojanje razlika, a točna matrica iz koje mogu uvidjeti međusobno povezani stupnjevi (0-10) nalazi na *Grafikonu 51* (dolje lijevo). Zelenom bojom (0) su obilježeni povezani stupnjevi. Može se zamijetiti postojanje najviše razlika između nultog stupnja i svih ostalih, tj. između poduzeća bez ekoloških doprinosa i ostalih ekoloških poduzeća (sa bilo kojim stupnjem doprinosa).

Također je provedeno ispitivanje razlika sredina stupnjeva inovativnosti između pripadajućih tipova ekoloških doprinosa (*Grafikon 51.* sredina lijevo). Korištenjem *Kruskal-Wallis*-ovog testa identificirana je statistički značajna razlika ($H = 37,84$, $p < 0,01$) među komponentama, a u matrici (pod-tablica dolje desno) obilježene su aktivnosti sa statističkim značajnim razlikama. Tako primjerice, doprinos stavke (9) (predstavlja varijablu „*trajnost*“) se statistički značajno razlikuje od stavki (0, 1, 5) „*ušteda materijala*“, „*ušteda energije*“ te „*reciklaža*“.

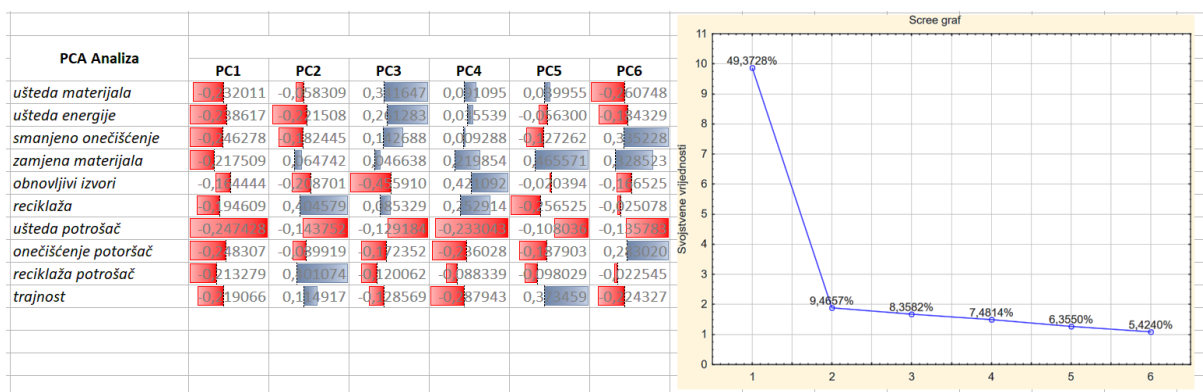
U gornjem desnom dijelu *Grafikona 51.* analizirana je razlika srednjih vrijednosti stupnja inovativnosti između poduzeća s i bez ekoloških doprinosa. Ova analiza je bitna jer odgovara na pitanje postavljene hipoteze, jesu li poduzeća s ekološkim doprinosima inovativnija od ostalih inovativnih poduzeća. Očigledno se iz grafa vidi razlika. Pripadajući stupanj inovativnosti za poduzeća bez ekoloških doprinosa iznosi 2,09, dok za ostala (ona s ekološkim doprinosima) iznosi 2,9 – dakle, radi se o 39% većem stupnju. Da bi se prihvatila tvrdnja, potrebno je statistički dokazati postojanje razlike. Zbog prirode podataka (podaci ne podliježu normalnoj raspodjeli) upotrijebljena je neparametrijska inačica t-testa za usporedbu sredina. Korištenjem *Mann-Whitney U* testa ($Z = -14,9$, $p < 0,01$) utvrđena je statistički značajna razlika navedenih veličina te je time dokazana tvrdnja.

Iz svega navedenog može se zaključiti da postoje statistički značajne razlike u inovativnosti između poduzeća s različitim brojem ekoloških doprinosa. Nadalje, može se utvrditi da postoje razlike stupnjeva inovativnosti između samih ekološko-inovacijskih aktivnosti. Time se može utvrditi povezanost ulaza (broja aktivnosti) te izlaza (stupnja inovativnosti).

Da bi se potvrdio smjer povezanosti (što se može uočiti iz krivulje na *Grafikonu 51.*) napravljena je dodatna regresijska analiza putem metoda strojnog učenja i regresijske analize - *Model5*.

Prvi korak je procesuirati ulazni prostora te varijable učiniti međusobno neovisnim. Od 10 ulaznih varijabli odabrano je prvih 6 komponenti s ukupno pokrivenih >85% varijance ulaza (*Tablica 37.*). U stupcima su navedene glavne komponente s pripadajućim elementima svojstvenih vektora. Ako se promatra kompozicija varijabli (redci) može se na primjer vidjeti da varijablama „*ušteta materijala*“ i „*ušteta energije*“ najviše doprinosi komponenta „*PC3*“, varijabli „*trajnost*“, komponenta „*PC5*“, itd. Kriterij za odabir broja vektora jest njihova svojstvena vrijednost > 1 te pripadajuća statistička značajnost.

Tablica 37. - Analiza glavnih komponenti (PCA) - „Model5“



Slično prethodnim analizama, temeljni *Model5* je konstruiran u tri inačice: *Model5_MLR*, *Model5_ANN* i *Model5_RF*, ovisno o primijenjenoj metodi. Konfiguracije modela i njihove pretpostavke su prethodno opisane i obrazložene.

Rezultati modela izvedeni su na validacijskim skupom podataka te se nalaze u *Tablici 38*.

Tablica 38. - Izvedba „Modela5“ i koeficijenti povezanosti ulaznih varijabli sa izlazom

N	izvedbe modela			N	korelacija ulaznih varijabli		
533	ANN	RF	MLR	3530	Spearman	t(N-2)	p-value
Spearman	0,31	0,27	0,28	ušteta materijala	0,19	11,41	0,00
t	7,63	6,50	6,64	ušteta energije	0,23	13,86	0,00
mse	0,07	0,07	0,07	smanjeno onečišćenje	0,16	9,76	0,00
rmse	0,26	0,27	0,26	zamjena materijala	0,20	12,42	0,00
mae	0,21	0,21	0,21	obnovljivi izvori	0,13	7,63	0,00
	0,18	0,18	0,18	reciklaža	0,17	10,06	0,00
				ušteta potrošač	0,24	14,77	0,00
				onečišćenje potrošač	0,20	12,31	0,00
				reciklaža potrošač	0,14	8,49	0,00
				trajnost	0,21	12,85	0,00

Sa lijeve strane se nalaze parametri izvedbe *Modela5* za sve tri inačice. Ukupan broj poduzeća validacijskog skupa je 533, a metrika uspješnosti predstavljena je *Spearmanovim* korelacijskim koeficijentima te indikatorima grešaka (srednja kvadratna greška, korijen srednje kvadratne greške, i srednja apsolutna greška). Korelacijski koeficijenti se odnose na povezanost rezultata pojedinog modela s originalnom izlaznom varijablom „inovacije_br“. Na desnoj strani tablice izvedena je direktna analiza povezanosti (nad cijelim uzorkom : 3530) pojedinih ulaznih varijabli sa izlazom.

Prvo se može primijetiti da rezultati modela ukazuju na umjereno nisku korelacijsku povezanost, no ipak veću nego kod *Modela3*.

Izvedbe između podmodela (*Model5*) po iznosu su relativno slične, a u ovom primjeru najveći koeficijent pripisan je *Modelu5_ANN*, no ne može se sa statističkom značajnošću izabrati najbolji model. Što se tiče izravnog odnosa ulaza sa izlazom, prisutna je statistički značajna povezanost i to kod svih varijabli.

Sa stupnjem inovativnosti najviše su povezane varijable „ušteta potrošač“ i „ušteta energije“, dok je najslabija povezanost kod stavke „obnovljivi izvori“. Svi navedeni koeficijenti i njihovi iznosi su statistički značajni.

Uz korelacijsku analizu ulaza provedena je i analiza osjetljivosti *Modela5*. (Tablica 39.)

Tablica 39. - Analiza osjetljivosti ulaznih varijabli

modeli-5	analiza osjetljivosti modela				korelacija ulaznih varijabli sa izlazom: "inovacije_br"		
	MLP	ANN	RF	prosjeak	Spearman	t(N-2)	p-value
<i>ušteta materijala</i>	0,44	0,03	0,44	0,30	0,19	11,41	0,00
<i>ušteta energije</i>	0,84	0,11	0,76	0,57	0,23	13,86	0,00
<i>smanjeno onečišćenje</i>	0,00	0,03	0,23	0,09	0,16	9,76	0,00
<i>zamjena materijala</i>	0,76	0,41	0,55	0,57	0,20	12,42	0,00
<i>obnovljivi izvori</i>	0,42	0,73	0,36	0,50	0,13	7,63	0,00
<i>reciklaža</i>	0,63	0,10	0,11	0,28	0,17	10,06	0,00
<i>ušteta potrošač</i>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,24	14,77	0,00
<i>onečišćenje potrošač</i>	0,57	0,04	0,43	0,35	0,20	12,31	0,00
<i>reciklaža potrošač</i>	0,11	0,08	0,00	0,06	0,14	8,49	0,00
<i>trajnost</i>	0,78	0,42	0,72	0,64	0,21	12,85	0,00

Važnost pojedinih ulaznih varijabli u izlazu *Modela5* bliska je *Spearmanovim* korelacijskih koeficijentima iz *Tablice 38.*, što implicira da su modeli uspješno preslikali međudnose ulaznog prostora. Može se recimo uvidjeti da komponente „*ušteta potrošač*“, „*trajnost*“ i „*ušteta energije*“ su najvažniji čimbenici ulaza, što je sukladno korelacijskim koeficijentima iz *Tablice 38.*

U prvom dijelu ovog poglavlja koristeći *Kruskal-Wallis ANOVA* statističku metodu, dokazana je povezanost broja ekoloških doprinosa i stupnja inovativnosti. Pomoću *Mann-Whitney U* testa pokazano je postojanje razlika u stupnju inovativnosti između poduzeća s i bez ekoloških doprinosa.

Konstruiranim *Modelom5* i svim njegovim pod-modelima, ta veza je potvrđena te je identificiran pozitivan predznak odnosa – što se moglo naslutiti sukladno krivulji na *Grafikonu 51.*

Stvorenim modelima (*Model5_MLR*, *Model5_ANN* i *Model5_RF*), upotrebom *Kruskal-Wallis ANOVA* statističke metode te *Mann-Whitney U* testa, identificirana je statistički značajna povezanost ekoloških doprinosa i stupnja inovativnosti poduzeća te je dokazana razlika u inovacijskoj izvedbi poduzeća sa i bez ekoloških doprinosa. Sukladno tome se prihvaća hipoteza **H5**.

6 Rasprava

Nakon provedenog istraživanja u nastavku je napravljena analiza rezultata. Rasprava je koncipirana i raspoređena po poglavljima na način da svaka cjelina pokriva jedan model. Za svaku cjelinu interpretirani su rezultati, napravljena je usporedba s prethodnim istraživanjima, obrazložena su ograničenja modela, izneseni su prijedlozi za daljnja istraživanja te su navedene mogućnosti primjene rezultata u praksi.

6.1 Analiza rezultata modela za prepoznavanje inovativnih poduzeća na temelju inovacijskih aktivnosti i ulaganja

Hipotezom **H1** je višestruko dokazana pozitivna povezanost između poduzetih inovacijskih aktivnosti te ukupnog stupnja inovativnosti poduzeća. Takva povezanost je donekle intuitivna i očekivana, ali suštinski puno važnija informacija krije se u identificiranju ključnih čimbenika i faktora inovativnosti te intenzitetu i stupnju povezanosti.

Očekivani znanstveni doprinos hipoteze može se promatrati kroz identificiranje ključnih aktivnosti povezanih s inovativnošću poduzeća. Između ostalih, kroz usporedbu važnosti vlastitih (*engl. in-house*) te izdvojenih (*engl. outsource*) aktivnosti istraživanja i razvoja. Također, kroz određivanje važnosti nabavke opreme i tehnologije, kroz prikupljanje znanja, ispitivanja uloge marketinga, dizajna i sl. Upravo ti čimbenici su raspravljani u ovom poglavlju.

U prethodnim istraživanjima kroz nekolicinu radova ustanovljena je izrazita povezanost intenziteta istraživanja i razvoja s inovativnošću (Freeman, 1960; Levitt, 1960; Rosenberg i Nathan, 1982). Komponente istraživanja i razvoja osnovne su sastavnice modela, iz čega se može uočiti fundamentalna podudarnost dobivenih rezultata sa prošlim istraživanjima.

Iako je u istraživačkom dijelu dokazana povezanost, rezultat se može gledati kroz potencijalni utjecaj aktivnosti na željeni ishod. Veći broj tipova aktivnosti rezultira razvojem većeg broja oblika inovativnosti.

Važno je obrazložiti razlike i sličnosti između stupnja inovativnosti – definirane modelima – te inovativnosti. Po definiciji inovativnost predstavlja uvođenje novog ili značajno poboljšanog proizvoda, procesa, organizacijske metode ili marketinške metode u poduzeće.

Modeli stavljaju u odnos ukupan broj različitih tipova inovativnosti, što se razlikuje od ukupnog broja inovativnosti. Recimo, poduzeće može uvesti pet inovativnih proizvoda i šest usluga, tj. ukupno jedanaest inovacija, a modeli će s druge strane interpretirati da je poduzeće uvelo dva različita tipa inovativnosti. Ovaj princip vrijedi isto i za tumačenje aktivnosti, tj. njihovog zbroja. Oba pristupa su validna. Ova diskrepancija predstavlja razliku te je treba uvažiti u analizi rezultata.

Također, još jedan način preko kojeg se može mjeriti inovativnost poduzeća su ostvareni prihodi od prodaje inovativnih proizvoda i usluga. Takav pristup možda daje najširi raspon izlaza, no s njime nije moguće obuhvatiti netehnološke inovacije (marketing, proces, organizacija) i također je pristran, jer daje naglasak na uspješne inovacije. Još jedan problem kod interpretacije prihoda/prodaje inovativnih dobara jest vremenski raspon unutar kojeg su nastali prihodi - jer može proći i nekoliko godina prije nego što prihodi se počnu ostvarivati.

Donekle je intuitivno za očekivati da će pokrenute aktivnosti rezultirati s određenim ishodom, ali nije razvidno s kolikom intenzitetom i kojim čimbenicima. Intenzitet odnosa se može tumačiti kroz koeficijente korelacije s uračunatim ograničenjima modela. Međutim ne postoji apsolutni broj (posebice kad se uzmu u obzir ograničenja modela) s kojim se definira uspješnost.

No, moguće je međusobno usporediti rezultate te donijeti određene zaključke. Primjerice, među svim testiranim modelima, modeli hipoteze **H1** pokazuju najveći koeficijent korelacije ulaza (u ovom slučaju su tu inovacijske aktivnosti) s ukupnim stupnjem inovativnosti (izlaz). Koeficijent korelacije je čak veći nego kod slučaja kada se direktno stave u odnos ulaganja u inovacijske aktivnosti i stupanj inovativnosti.

Ukoliko se promatra struktura zastupljenosti inovacijskih aktivnosti (*Grafikon 30. – poglavlje: „Rezultati modela za prepoznavanje inovativnih poduzeća na temelju aktivnosti i ulaganja u inovacije“*) najviše se ističe aktivnost „akvizicija opreme“ (83,4%) te „osposobljavanje“ (58,3%). Udio ostalih aktivnosti uglavnom je manji od 35% sa izuzetkom aktivnosti „interni R&D“ (41,3%). Sličan raspored udjela aktivnosti vidljiv je i kod drugih zemalja – na primjeru CIS istraživanja za Veliku Britaniju nabavka opreme zauzima visoko dominantu poziciju uz

umjerenu zastupljenost istraživanja i razvoja te osposobljavanja (Robson i Haigh, 2008; Robson i Kenchatt, 2010).

Drugim riječima, nabavka opreme je daleko najrasprostranjenija aktivnost – 83% poduzeća je investiralo u opremu za potrebe inovacija – što bi moglo biti diskutabilno s obzirom na efektivnost. Definicija aktivnosti „*akvizicija opreme*“ jest nabava naprednih strojeva, opreme, softvera i zgrada za potrebe razvoja novih ili značajno unaprijeđenih postojećih proizvoda, usluga ili procesa. Recimo poduzetnik može generičku računalnu opremu prijaviti kao nabavku opreme za inovacijske aktivnosti premda u potpunosti neće služiti toj svrsi⁸⁷.

Rezultati analize dominantnih čimbenika povezanih s inovativnošću (*Tablica 20. : poglavlje: „Rezultati metoda i modela hipoteze H1 - Model1“*) su indikativni. Obje varijante modela (i *Tablica 23. isto poglavlje*) prilikom ispitivanja **H1** hipoteze najveći prioritet daju faktorima inovativnosti kroz aktivnosti „*dizajn*“ (0,97), „*interni R&D*“ (0,95) te „*marketing aktivnosti*“ (0,91), a kao najmanje važne aktivnosti ističu se „*akvizicija opreme*“ (0,55), „*eksterni R&D*“ (0,49) te „*ostalo*“ (0,52).

Slične zaključke oko važnosti nabavke opreme navode Frank, Cortimiglia i dr. (2016) na primjeru brazilske industrije (preko 30.000 poduzeća), gdje autori zaključuju da nabavka opreme i softwera pokazuje čak negativan utjecaj na inovativnost, dok su aktivnosti istraživanja i razvoja te komercijalizacija i marketing pozitivno povezani s inovacijskim outputom.

Međutim, mnoga istraživanja (napose EU zemalja) govore u prilog da nabavka opreme čini jednu od važnih komponenti inovacijske izvedbe. Primjer su studije provedene na portugalskim (Jose Madeira Silva, Simoes i dr., 2014; Silva, Sousa i dr., 2011) i talijanskim poduzećima (Conte i Vivarelli, 2014; Silva, Sousa i dr., 2011). Bitno je napomenuti da su navedena istraživanja modelirana na nešto drugačiji način koristeći financijske parametre prije nego same inovacijske aktivnosti.

Ukoliko se promatra u apsolutnim razmjerima - na primjeru hrvatskih poduzeća - zastupljenost aktivnosti nabavke opreme čini gotovo 85% svih aktivnosti. Zbog tako visokog udjela

⁸⁷ *Moguće je dublje napraviti istraživanje o strukturi opreme (računalni software i hardware, napredni strojevi, itd., zgrade).*

kumulativni (apsolutni) doprinos aktivnosti nabavke opreme izlaznom stupnju inovativnosti je značajan.

No pitanje je učinkovitosti, tj., postoje li inovacijske aktivnosti s kojima je moguće bolje potaknuti razvoj inovativnosti (tj. povećati stupanj inovativnosti). Ukoliko postoje, onda bi njihovom supstitucijom s efektivnijim aktivnostima bili ostvareni bolji rezultati od trenutnih. Istraživanje referente hipoteze govori u prilog tome da ukoliko su zastupljenije aktivnosti dizajna (*poduzete radnje s ciljem izmjene izgleda, oblika ili upotrebljivosti proizvoda ili usluga*) ili istraživanja i razvoja (*unutar poduzeća*), poduzeće ima veću vjerojatnost da će razviti inovaciju (*nego da je umjesto toga isključivo poduzelo aktivnosti nabavke opreme*)

Ukoliko poduzeće nabavi opremu ili „izdvaja“ (*engl. outsourcing*) I&R, tj. ugovori i prepusti aktivnosti istraživanja i razvoja drugim organizacijama ili institutima, šanse da će poduzeće povećati stupanj inovativnost jest gotovo jednaka kao da te aktivnosti nisu uopće niti poduzete. S gledišta intenziteta inovativnosti, ne isplati se prekomjerno ulagati u opremu niti prepuštati istraživanje i razvoj drugim subjektima. Puno efikasnije su se pokazale kombinacije aktivnosti nabavke opreme i akvizicije postojećeg znanja, patenata i slično, te bi u tom smjeru trebalo razmišljati. Recept nije jednokratno kupiti opremu da bi se podigao stupanj inovativnosti, nego inovativnost gledati iz šire perspektive.

Gotovo sva istraživanja su jednoznačna oko važnosti komponente istraživanja i razvoja (Carvalho, Costa *i dr.*, 2013; Conte i Vivarelli, 2014; Frank, Cortimiglia *i dr.*, 2016; Jose Madeira Silva, Simoes *i dr.*, 2014; Silva, Sousa *i dr.*, 2011), marketinga i dizajna. Međutim, pokazalo se da izdvojene (*engl. outsoruce – external R&D*) aktivnosti istraživanja i razvoja ne igraju značajnu ulogu, a u određenim slučajevima njihov doprinos nije niti dokazan (Silva, Sousa *i dr.*, 2011). Ovaj podatak je interesantan jer govori o potrebi da poduzeća formiraju svoje odjele za istraživanje i razvoj, a ne da ga prepuste istraživačkim institutima, sveučilištima ili drugim organizacijama ukoliko žele poboljšati inovacijsku izvedbu. To nadalje upućuje na način oblikovanja inovacijskog ekosustava, gdje bi donositelji inovacijskih politika trebali stavljati naglasak na migraciju aktivnosti istraživanja i razvoja s instituta i sveučilišta na samo poduzeće. Ovo bi se primjerice moglo realizirati angažiranjem znanstvenika u realnom sektoru i podupiranjem transfera istraživačkog kadra.

Aktivnosti marketinga (*uvodenje novog ili značajno unaprijeđenog proizvoda ili usluge na tržište, uključujući istraživanje tržišta, promocije i oglašavanja*) također značajno pridonose

inovativnosti. To nije iznenađujuće jer uvođenje proizvoda na tržište je logički slijed prethodnim aktivnostima istraživanja i razvoja. Ako aktivnost istraživanja i razvoja značajno doprinosi stupnju inovativnosti, također će tome doprinijeti i tržišno predstavljanje. Marketing aktivnosti mogu biti interesantne s pozicije oblika promocije, oglašavanja te istraživanja tržišta. Primjerice, pronalaženje optimalnog marketinškog miksa s najvećim doprinosom inovativnosti poduzeća.

Navedena prethodna istraživanja potvrđuju značaj marketinga, tako na primjer Grimpe, Sofka i dr. (2017:32) aktivnostima marketinga (zajedno s aktivnostima dizajna) daje jednak značaj kao i za komponentu istraživanja i razvoja - što je se pokazalo točnim u ovom istraživanju.

Obuka za zaposlenike poduzeća s ciljem uvođenja inovacija (aktivnost „*osposobljavanje*“) na umjeren način je povezana s razinom inovativnosti, slično kao i akvizicija znanja (*prikupljanje postojećeg znanja*, „*know-how*“, *autorskih djela*, *patentiranih i ne-patentiranih izuma od strane drugih poduzeća ili organizacija*). Redoslijed važnosti obuke zaposlenika sukladan je drugim analizama (Carvalho, Costa i dr., 2013; Silva, Sousa i dr., 2011)

Istraživanjem je obuhvaćeno ispitivanje zajedničkog stupnja inovativnosti predstavljenog zbrojem partikularnih tipova. Ostavljen je prostor za testiranje povezanosti aktivnosti sa specifičnim oblikom inovacije. Iz takvog odnosa je moguće detektirati specifične čimbenike pripisane isključivo tom tipu. Za realizaciju, potrebno je konstruirati sedam novih modela s različitim izlaznim varijablama pripisanim svakom od oblika inovacija. Iz takvog odnosa bi se mogle uočiti ključne aktivnosti povezane s procesnim inovacijama ili s organizacijskom inovacijom i sl. U tom slučaju izlazna varijabla je binomnog oblika te je pogodna za klasifikacijske modele.

Kao jedan od zaključaka **H1** hipoteze može se napomenuti da cilj nije nabavljati opremu samu po sebi - kako bi se poduzeće učinilo inovativnim. Ishodi ukazuju da je puno bolji pristup pokrenuti aktivnosti istraživanja i razvoja te potaknuti aktivnosti dizajna i inovativnog marketinga. Aktivnosti nabavke opreme bi svakako trebale biti praćene adekvatnim prikupljanjem znanja i vještina kao i osposobljavanjem potrebitim za upravljanje opremom.

Paradoks je da tek svako treće hrvatsko poduzeće poduzima aktivnosti dizajna i marketinga, svako peto poduzeće ulaže u potrebna znanja i vještine, a četiri od pet poduzeća su nabavili opremu ili ju opisali kao inovacijsku aktivnost. Također, više od polovice svih poduzeća nisu uopće pokrenula aktivnosti istraživanja i razvoja (Eurostat CIS, 2014).

Iz tog se nadalje može ustvrditi da se najveći novčani izdaci (što je dio sljedeće hipoteze) odnose na aktivnost s najmanjim potencijalnim učinkom. Drugačijim pristupom i odabirom ključnih aktivnosti moguće je postići efikasniji učinak povećanja stupnja inovativnosti poduzeća, što je i preporuka ishoda istraživanja referentne hipoteze.

Na kraju, dobro je još jednom navesti potencijalna ograničenja modela. Kao što je već diskutirano, svi modeli – uključujući i modele referentne hipoteze – odnose se na broj tipova inovativnosti, a ne na broj realiziranih inovacija. Podaci o apsolutnom broju inovacija nisu dostupni za istraživanje, ali ukupni broj inovacija visoko je korelativan s ukupnim stupnjem inovativnosti, stoga se može povući analogija između navedenih metrika. Također, dobro je navesti da svi ulazi nisu ravnomjerno zastupljeni unutar uzorka, zato određene aktivnosti dominiraju („*akvizicija opreme*“) dok su neke u manjini („*eksterni R&D*“). Iako je raznolika zastupljenost ulaza uobičajena u praksi te ju modeli dobro savladavaju⁸⁸ u određenim slučajevima se mogu ugraditi određene pristranosti modela.

6.2 Analiza rezultata modela za prepoznavanje inovativnih poduzeća na temelju ulaganja u inovacijske aktivnosti

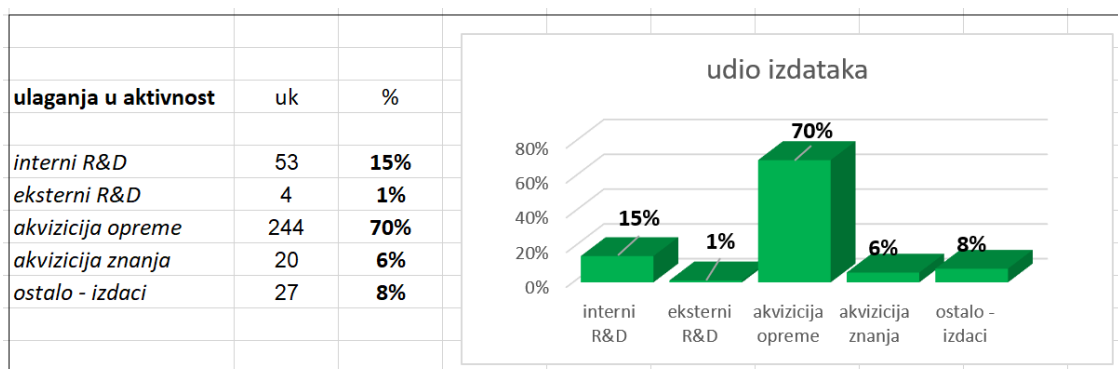
Hipoteza **H2** testira povezanost između visine troškova pojedinih inovacijskih aktivnosti spram stupnja inovativnosti poduzeća (ukupnom inovativnošću). Očekuje se da će veći iznosi financijskih ulaganja u inovacijske aktivnosti rezultirati s razvojem većeg broja inovacija. Slično kao i kod prethodne hipoteze, pretpostavka je da će vlastita ulaganja u istraživanje i razvoj igrati važnu ulogu. S time bi se potvrdila prethodna istraživanja povezanosti između ulaganja u I&R i inovativnosti poduzeća (Aralica, Račić *i dr.*, 2008). Testirane su povezanosti ulaganja u sve dostupne aktivnosti te njihov međusobni odnos i značaj.

Prethodna istraživanja su uglavnom pokrivena u prošlom poglavlju, a nekolicina radova posebno naglašava metodologiju fokusiranu na financijska ulaganja u inovacijske aktivnosti (Carvalho, Costa *i dr.*, 2013; Conte i Vivarelli, 2014; Jose Madeira Silva, Simoes *i dr.*, 2014; Silva, Sousa *i dr.*, 2011)

⁸⁸ U slučaju većih nesrazmjera izlazne varijable, korištene su tehnike uravnoteživanja uzorka kao što su metoda ponovnog uzorkovanja, podjela uzorka na grupe, itd.

Rezultati hipoteze **H2** logički su nastavak prethodne analize s time da umjesto informacije o samom postojanju aktivnosti fokus je stavljen na financijska ulaganja, tj. izdaci u te iste aktivnosti uz nešto uži skup ulaznih podataka definiran upitnikom. Tako su primjerice ulaganja u aktivnosti „osposobljavanje“, „marketing“ i „dizajn“ svrstani u jednu kategoriju i nije moguće razlučiti doprinose pojedinih aktivnosti modelu, nego se sve tri navedene komponente promatraju kao jedna aktivnosti.

Rezultati ukazuju na povezanost ulaganja i stupnja inovativnosti, ali je stupanj korelacije nešto manji nego li u slučaju prethodne hipoteze (koeficijent je u prosjeku slabiji za oko 30%). To ukazuje da aktivnosti same po sebi mogu bolje opisati model nego da se u njega uvrste dodatne informacije o ulaganjima.



Grafikon 52. - Ulaganja u inovacijske aktivnosti

Na *Grafikonu 52.* je navedena struktura ulaganja u aktivnosti⁸⁹ iz koje se jasno može vidjeti udio izdataka za inovacije. Daleko su najveća ulaganja u nabavku opreme (što je diskutirano u prošlom poglavlju), a za sve ostale aktivnosti ulaganja se kreću u prosjeku oko 10%. Ovaj podatak je znakovit jer je u prethodnoj hipotezi diskutirano da aktivnosti akvizicije opreme čine jednu od najmanje efikasnih čimbenika povezanih sa stupnjem inovativnosti poduzeća. Ulaganja u istraživanje i razvoj su preko 4 puta manja nego izdaci za opremu. Aktivnosti dizajna i marketinga su se pokazala kao ključni čimbenici, no ulaganja u njih su manja od 8% (*Grafikonu 52.* - rubrika „ostalo izdaci“).

Glavni čimbenici modela slični su rezultatima analize prošle hipoteze, ali s nešto umjerenijim razlikama (*Tablica 29.* - poglavlje: „Rezultati modela za prepoznavanje inovativnih poduzeća na temelju ulaganja u inovacijske aktivnosti“). Ulaganja poduzeća u vlastito istraživanje i razvoj (0,32) te aktivnost „ostalo“ (0,25) su najznačajnije komponente modela. Unutar

⁸⁹ U istraživačkom dijelu navedene su transformirane vrijednosti, iz tog razloga je naveden izvorni oblik.

aktivnosti „ostalo“ se nalaze aktivnosti „marketing“ i „dizajn“ - kao ključni faktori stupnja inovativnosti **H1** hipoteze. Najmanje važnom su se ponovo pokazale aktivnosti ulaganja u „nabavku opreme“(0,18).

Drugim riječima, model daje najveće šanse za razvoj stupnja inovativnosti ulaganjima u istraživanje i razvoj te aktivnostima marketinga i dizajna. Međutim, navedene aktivnosti zajedno čine udio od tek 23% cjelokupnih izdataka na sve inovacijske aktivnosti.

Prema tome, možda je bolje rješenje da se jedan dio novčanih sredstava premjesti s aktivnosti ulaganja u opremu prema aktivnostima istraživanja i razvoja - ukoliko se želi povećati inovacijski učinak.

U prethodnim istraživanjima redoslijed važnosti ključnih faktora približno je sličan dobivenim rezultatima. Premda postoje određena različita tumačenja važnosti komponente „ulaganja u opremu“ – što je prethodno diskutirano. U određenim radovima takvi izdaci igraju dominantu ulogu u izlaznoj inovativnosti poduzeća (Conte i Vivarelli, 2014; Silva, Sousa *i dr.*, 2011), dok kod nekih drugih istraživanja imaju čak i negativan utjecaj (Frank, Cortimiglia *i dr.*, 2016). Određene razlike mogu biti posljedica različitosti stupnja razvoja pojedinih ekonomija i njihovih struktura ili posljedica usmjerenosti ulaganja opreme – nadogradnja postojeće umjesto nabavka nove opreme (Frank, Cortimiglia *i dr.*, 2016). Jednim dijelom razlike se mogu pripisati drugačijem pristupu modeliranju i ograničenjima modela.

Jedno od ograničenja referentnog istraživačkog modela jest oblik i struktura dostupnih podataka. Kada se stavljaju u odnos ulaganja u inovativnost potrebno je sagledati vremensku perspektivu. Inovacija nije jednostavan niti pravocrtan proces te je za razvoj različitih oblika inovacija potreban drugačiji vremenski okvir. Razvojni ciklus inovacije može sezati u višegodišnje razdoblje. Stoga, pratiti povrat ulaganja – tj. prihode od prodaje – unutar jedne godine nije do kraja adekvatan pristup.

Svi dostupni podaci o ulaganjima odnose se samo za jednogodišnje razdoblje i to zadnju godinu referentnog okvira (2014.), dok se sve aktivnosti referiraju na trogodišnje razdoblje. Drugim riječima, ukoliko je poduzeće u prvoj godini pokrenulo određenu aktivnost, ta aktivnost ne mora biti povezana s ulaganjima u zadnjoj godini. Ili, ako je poduzeće u referentnoj godini rezerviralo potrebna financijska ulaganja u pojedinu vrstu inovativnosti, vrlo je vjerojatno da će prihodi od novih proizvoda / usluga uslijediti u godinama iza. Zbog toga nije moguće napraviti usporedbu za svaku godinu posebno.

Nadalje, svi dostupni podaci o izdacima i prihodima prikazani su u omjerima spram ukupnog prihoda te model nije treniran s apsolutnim iznosima nego relativnim omjerima. Iako to ne bi trebalo predstavljati veći problem za modele, dobro je napomenuti.

Mogući alternativni oblik izlaza modela jest prihod ostvaren od prodaje inovativnih proizvoda i usluga. Ovaj pristup nije prikazan ali je testiran te rezultati pokazuju slične koeficijente, a cjelokupnu analizu moguće je provesti u daljnjim istraživanjima. Može se provesti dodatna analiza osjetljivosti te postoji mogućnost da bi takvim pristupom redoslijed utjecajnih čimbenika bio nešto drugačiji. Također, postoji istraživački prostor u smjeru da se svaki pojedini oblik inovacije zasebno razmatra.

6.3 Analiza rezultata modela metodologijom strojnog učenja za prepoznavanje inovativnih poduzeća temeljem javne potpore inovacijskim aktivnostima

U prethodno predstavljenoj hipotezi (**H2**) ustanovljeno je da su izdaci u inovacijske aktivnosti (kao što su istraživanje i razvoj) pozitivno povezani za izlaznom inovativnošću poduzeća. No osim toga, važno je naglasiti motiv ulaganja i odakle ona dolaze. Česta praksa današnjih ekonomskih politika jesu ciljane subvencije inovacijama. Tako npr. od ukupnog budžeta za inovacije, od javnih subvencija dolazi 29% za Britaniju, 22% za Nizozemsku, 25% za Francusku, itd. (Georghiou, Amanatidou *i dr.*, 2003)

Javna potpora važan je alat inovacijskim politikama pri stremljenju k povećanju inovacijskog kapaciteta gospodarstva. Stoga je bitno identificirati značajnost subvencioniranja inovacija u podizanju učinkovitosti i krajnjem efektu, napose ukoliko se radi o javnom novcu.

Mnoga istraživanja ukazuju da su javne potpore inovacijskim aktivnostima jedna od ključnih odrednica inovacijskih procesa (Klomp i Van Leeuwen, 2001). Jedan od razloga je taj što pristup javnim potporama smanjuje nesigurnost i ohrabruje poduzeća da pokrenu ili nastave s razvojem inovacija koje bi inače odbacili ukoliko bi ta pomoć izostala (Hashi i Stojčić, 2013).

Brojne studije su dokazale učinkovitost i pozitivni utjecaj ciljano-javno uložених sredstava na inovacijske aktivnosti. (Acosta, Coronado *i dr.*, 2015; Benavente, Crespi *i dr.*, 2007; Hewitt-Dundas i Roper, 2010; Xiang, Zhao *i dr.*, 2021). No rezultati nisu uvijek jednoznačni te postoje varijacije i razlike, napose između različitih ekonomija.

Tako primjerice u istraživanju u koje je uključeno 90.000 poduzeća iz Centralne i Istočne Europe, javne potpore su potakle potrošnju na inovacije ali nisu ostvarili dodatni inovacijski output. (Hashi i Stojčić, 2013). Nadalje, u istraživanju kojeg su proveli (Damijan, Kostevc *i dr.*, 2010) dokazano je da su inovacijske aktivnosti relativno neovisne o vanjskim potporama (bez obzira na izvor prihoda), no da se rezultati razlikuju u ovisnosti o aktivnosti koja se podupire te imaju li poduzeća pristup I&R centrima davatelja potpora.

Model krojen za hipotezu **H3** odgovara na pitanje postoji li veza između javnih subvencija inovacijama i stupnja inovativnosti hrvatskih poduzeća, te ako da, kolikog je intenziteta. Nadalje, bilo bi dobro znati kakav oblik javne potpore daje najbolje rezultate.

Broj hrvatskih poduzeća koja su primila neku vrstu javne potpore je u manjini te je otprilike svako četvrto poduzeće ostvari. Što se tiče strukture potpora, 18% poduzeća je primilo pomoć s nacionalne razine, 6% s lokalne i svega 4% od EU (Eurostat CIS, 2014). Treba naglasiti da poduzeće može dobiti potporu s više razina istovremeno. Primjerice, udio poduzeća s potporom jedne razine iznosi 18%, s dvije 3% te s tri iznosi 1%.

Iz navedenih brojeva znakovito je da je samo 4% poduzeća (svako 25. poduzeće) u trogodišnjem razdoblju subvencionirano od strane EU (za razvoj inovacija), čak manje nego s lokalne razine, dok je s nacionalne razine broj potpora skoro pet puta veći. To govori da postoji znatan prostor za napredak, naročito u novom programskog razdoblju Europske unije fokusiranoga na inovacije i digitalizaciju.

Jednim dijelom možda su takvi omjeri posljedica pogrešne interpretacije i raščlambe posrednih nacionalnih potpora s EU razine. (tj. da se pojedine EU potpore interpretiraju kao nacionalne). Prema tome, model je dobar koliko su ulazni podaci adekvatni.

Regresijski modeli strojnog učenja nisu uspjeli dokazati čvršću povezanost javnih potpora hrvatskim poduzećima s pripadajućom razinom inovativnosti te je diskutabilna njihova opravdanost.

Ali ipak, ukoliko se poduzeća podjele u grupe sukladno pripadajućim razinama javnih potpora (ukupan broj razina subvencija) te stave u odnos sa stupnjem inovativnosti postoji statistički značajna razlika stupnja inovativnosti između grupe bez ijedne potpore (3,08) te poduzeća s bilo kojim oblikom potpora (3,45), no i dalje je razlika skromna jer iznosi 0,37 od 7.

U prethodnim istraživanjima rezultati efikasnosti javnih potpora hrvatskim poduzećima su različiti. Radas, Anić *i dr.* (2015) su na uzorku od 225 hrvatskih malih i srednjih poduzeća u razdoblju 2005.-2010. identificirali učinak direktnih potpora koje su potakle stvaranje I&R odjela te osnažile određene tipove inovacija. Aralica i Botrić (2013) koristeći CIS bazu 2006-2008. su ustanovili povezanost između državnih potpora i povećane potrošnje na I&R te na inovacije proizvoda, ali nije identificiran efekt na inovacije procesa. I konačno, u studiji koja je obuhvatila preko osam tisuća MSP poduzeća za Hrvatsku i Cipar nije ustanovljena nikakva povezanost javnih potpora niti s jednom od tipova inovacija (Anderson, Gyamfi *i dr.*, 2020). Analiza je provedena nad CIS2014 bazom podataka, tj. podaci su identični kao oni korišteni u ispitivanju ove teze.

Jedno od ograničenja referentnog modela jest nedostupnost podataka o apsolutnim iznosima potpora. Postojeći model testira broj razina, ali ne postoje apsolutni iznosi subvencija što je velika razlika (razlog je nedostupnost podataka). Moguće da bi takav pristup pokazao osjetnije razlike – premda to nije bio slučaj kod prošlih hipoteza (inovacijske aktivnosti su točnije opisale model nego ulaganja u iste).

Nadalje, izvorni podaci nisu uravnoteženi, te je prilikom modeliranja primijenjena tehnika ponovnog uzorkovanja (*engl. resample*). Možda bi bilo dobro testirati modele i s drugim tehnikama - što otvara mogućnosti za daljnja razmatranja.

Ono što ide u prilog postojećem modelu je čista usporedba poduzeća sa i bez potpora, gdje je identificirana vrlo skromna razlika u izvedbi, stoga nije za očekivati znatno drugačije rezultate ukoliko bi se uključili apsolutni iznosi. Svakako, ovdje postoji prostor za daljnja istraživanja.

Potrebno je naglasiti da je model ipak rezultirao s određenim statistički značajnim ali vrlo skromnim koeficijentima povezanosti te bi se u naknadnim analizama s drugačijim pristupom (i/ili metodama) mogla proširiti analiza.

Iako nije dokazana izraženija povezanost između razina potpora i stupnja inovativnosti, provedena je analiza osjetljivosti ulaznih parametara s ciljem identificiranja važnosti pojedinih ulaznih parametara. Rezultati upućuju da bi nacionalna razina mogla igrati najveću ulogu (1), lokalna razina srednju (0,88) te EU razina najmanju (0,71). Međutim treba se ograditi od relevantnosti rezultata s obzirom da je važnost čimbenika u uskoj svezi sa zanemarivim korelacijskim koeficijentima modela.

Zaključci koji se mogu izvući iz potvrde hipoteze postavljaju pitanje učinkovitosti potpora hrvatskih poduzeća. Ovo je krucijalno pitanje, jer jedan dobar dio inovacijskih politika stremi alatima putem raznih financijskih poticaja i olakšica. Neki od razloga slabe učinkovitosti potpora mogu biti u tome da poticaji nisu dovoljno dobro fokusirani, tj. da su potpore primila ne-inovativna poduzeća i poduzeća bez većeg inovacijskog kapaciteta (Anderson, Gyamfi *i dr.*, 2020). Također, jedan od razloga jest da sredstva nisu direktno namjenski korištena za inovacije.

Možda je bolji pristup poticanju inovacije osposobiti kvalitetno poduzetničko okruženje sa svim relevantnim elementima zdravog inovacijskog ekosustava, osigurati učinkovitu interakciju ključnih dionika, povećati transparentnost te oformiti efikasnije pravosuđe.

6.4 Analiza rezultata modela metodologijom strojnog učenja za prepoznavanje inovativnih poduzeća na osnovu suradnje s drugim organizacijama i institucijama

Suradnja čini jednu od ključnih komponenti inovacijske izvedbe (Carvalho, Madeira *i dr.*, 2018; Cohen i Levinthal, 1990), te se upravo inovacijski model trostruke zavojnice (engl. *Triple helix*) u svojoj suštini sastoji od međusobne suradnje akademske zajednice, industrije te javnog sektora.

Hipotezom **H4** odgovara se na pitanje učinkovitosti umrežavanja različitih oblika suradnje na inovacijskim aktivnostima. Prethodna istraživanja ukazuju na pozitivnu vezu i utjecaj suradnje na inovacijama s inovacijskom izvedbom poduzeća. (Kim, Choi *i dr.*, 2015; Radas, Anić *i dr.*, 2015; Zeng, Xie *i dr.*, 2010).

Neki od razloga zašto suradnja potiče inovativnost jest raspodjela rizika te smanjivanje ulaznih troškova razvoja inovacije (Pekovic, Lojpur *i dr.*, 2015). Nadalje, suradnja na inovacijama usko je povezana s upravljanjem i razmjenom znanja, što također doprinosi povećanju razine inovacijske izvedbe (Obrenovic i Jalilov, 2014)

U referentom istraživanju, osim informacije o obliku suradnje, dostupni su i geografski podaci na području gdje je ona ostvarena (*unutar zemlje, EU, SAD, Indokina, ostale zemlje*) - što je prikazano kao intenzitet odnosa. Na primjer, ukoliko poduzeće surađuje s nacionalnim istraživačkim institutima te s institutima u EU i SAD-u, intenzitet oblika suradnje poduzeća za tu vrstu suradnje (suradnja s institutima) jednak je tri.

Svi testirani modeli **H4** hipoteze (*ANN, RF, MLR*) ukazuju na postojanje povezanosti između intenziteta suradnje te stupnja inovativnosti. Drugim riječima, ukoliko poduzeće surađuje s više različitih subjekata, veći su izgledi da će razviti više oblika inovacija - proporcionalno s korelacijskim koeficijentima od 0,3 do 0,4. *Spearmanova* korelacijska analiza daje slične koeficijente. Kada se direktno usporede poduzeća sa i bez suradnje *Mann-Whitney U testom* identificirana je statistički značajna razlika sredina između poduzeća sa suradnjom (3,84) te poduzeća bez suradnje (2,89), $Z=-12,87$, $p<0,01$. Radi se o 33% boljoj izvedbi poduzeća sa suradnjom u odnosu na ona bez ostvarene suradnje.

Oko 30% poduzeća uspostavilo je barem jedan vid suradnje (dva od tri poduzeća ne surađuju). Definirani oblici suradnje su: „dobavljači“, „privatni-klijenti“, „javni-klijenti“, „konkurenti“,

„konzultanti“, „sveučilišta“, „instituti“ te „grupacija“. (Eurostat CIS, 2014). Detaljni opis i interpretacija pojedinih oblika razrađen je u istraživačkom dijelu rada.

Poduzeća mogu surađivati s više subjekata na različitim ili istim aktivnostima, a struktura je prezentirana na *Grafikonu 48.* (poglavlje: „Rezultati modela za predviđanje inovativnih poduzeća na osnovu suradnje s drugim organizacijama i institucijama“). Najveći udio suradnje⁹⁰ na inovacijskim aktivnostima čine dobavljači (32%), potom privatni klijenti (13%), konzultanti (12%), poduzeća unutar grupacije (12%), sveučilišta (11%), konkurenti (8%), te javni suradnici i instituti (6%).

Podaci jasno ocrtavaju podzastupljene oblike suradnje, a to su suradnja sa istraživačkim institutima (*privatni ili javni*) te ostalim dionicima iz javnog sektora (*korisnici i klijenti iz javnog sektora, kao što su vladine agencije, lokalna/regionalna/nacionalna administracija, javne institucije, bolnice, škole te javne organizacije koje nude usluge opskrbom energije, prometa itd.*). Suradnja sa sveučilištima i visoko obrazovnim institucijama također je ispodprosječna (11%). Javni sektor, istraživački instituti i sveučilišta čine okosnicu inovacijskog ekosustava te iz toga se mogu uvidjeti određene neravnoteže i nedostaci nacionalnog inovacijskog sustava.

Nadalje, uočena je međuovisnost ulaznih parametara. Primjerice, ukoliko poduzeće surađuje s potrošačima i klijentima značajno veća je vjerojatnost da će surađivati i sa svim drugim oblicima. Takav rezultat upućuje na usmjerenost i namjeru poduzeća prema suradnji bez obzira na oblik suradnje.

U prethodnim istraživanjima ocrtavaju se slični oblici strukture dionika suradnje. Na primjeru 15 EU zemalja Carvalho, Madeira i dr. (2018:8) identificira analognu strukturu dionika s dominacijom suradnje s dobavljačima te s drugim poduzećima unutar grupacije. S druge strane, upotrebom PCA metodologije faktor institucionalne i profesionalne suradnje (fakulteti, javni instituti, itd.) najbolje opisuje model.

Provedenom analizom osjetljivosti identificirani su glavni čimbenici suradnje (*Tablica 35.* poglavlje: „Rezultati modela za predviđanje inovativnih poduzeća na osnovu suradnje s drugim organizacijama i institucijama“). Modeli su donekle preslikali strukturu zastupljenosti varijabli

⁹⁰ Udio se odnosi na distribuciju suradnje između svih tipova. U slučaju da su svi oblici suradnje jednako zastupljeni svakoj inačici bi se pripisao postotak od 12,5%, sve iznad tog broja je iznadprosječna zastupljenost, a ispod - ispodprosječna zastupljenost suradnje. Dakle, postoci se ne odnose na udjele broja poduzeća (koji su inače puno manjeg iznosa), nego o relativnoj raspodjeli oblika suradnje.

i analiza učinkovitosti ukazuje da glavni čimbenici suradnje jesu „dobavljači“ (0,94) , „privatni klijenti“ (0,79), „konkurenti“ (0,76) te „poduzeća iz grupacije“ (0,62). Čimbenici s najslabijim učinkom su „instituti“ (0), „javni korisnici“ (0,18), „sveučilišta“ (0,42) i „konzultanti“ (0,42).

Prethodna istraživanja na primjeru kineskih poduzeća (Zeng, Xie i dr., 2010) došla su do sličnih rezultata. Autori su zaključili da postoji pozitivna povezanost suradnje poduzeća s inovacijskom izvedbom MSP poduzeća. Ali također su ustvrdili da suradnja s vladinim agencijama ne pridonosi inovacijama, što implicira da suradnja s dobavljačima, klijentima i drugim poduzećima u sektoru igra puno važniju ulogu u inovacijskom procesu poduzeća, nego suradnja s javnim istraživačkim institutima i vladinim agencijama.

Iz omjera zastupljenosti pojedinog oblika suradnje i pripadajućih čimbenika učinkovitosti, mogu se identificirati iznadprosječno i ispodprosječno efikasne komponente. Najveće odstupanje u pozitivnom smjeru čine varijable „konkurenti“ (247%), „privatni klijenti“ (148%) te „grupacija“ (127%).

Navedeni brojevi mogu se interpretirati na način, koliko značajno pojedina komponenta doprinosi stupnju inovativnosti naspram veličine udjela zastupljenosti u uzorku. To znači da „konkurenti“ pridonose inovativnosti 2,5 puta više nego što ih ima u uzorku (8%). Drugim riječima, model sugerira na mogućnost da povećanjem suradnje s konkurentima može porasti stupanj inovativnosti više od prosjeka i to vrijedi za sve navedene omjere iznad 100%. S druge strane se događa kontrakcija u slučajevima „dobavljači“ (74%), „javni klijenti“ (74%) – što sugerira da su navedeni oblici više zastupljeni, nego što pridonose stupnju inovativnosti. Međutim, komponente „javni klijenti“ te „instituti“ su podzastupljeni u uzorku, stoga su podložni diskriminaciji modela pri određivanju čimbenika važnosti i pripadajući omjeri nisu do kraja pouzdani.

Ograničenja modela slična su prethodnima po pitanju izlazne varijable, tj. modeliranja stupnja inovativnosti kao aproksimacije ukupnog broja. Nadalje, dostupnost podataka ukazuje na postojanost suradnje, ali ne sadrži detaljne informacije u intenzitetu (osim onih izvedenih u modelima) te trajnosti odnosa.

Također, ulazni skup podataka nije ravnomjerno raspoređen - što je uvaženo u modelu - no postoji još nekoliko alternativnih tehnika koje je moguće naknadno upotrijebiti. Uravnoteživanje podataka bazirano je na izlaznim varijablama (tako da budu jednakopravno raspoređene u podskupove). Ali nije posebno razmatrana ulazna strana modela, tako da ovdje

ostaje prostora za daljnje analize. Također je moguće razlučiti oblike suradnje po geografskim područjima – što nije pokriveno istraživanjima, a moguće je napraviti.

Dodatno ograničenje modela leži u samoj definiciji inovativnosti, gdje se poduzeća s odbačenim inovacijama i dalje smatraju inovativnima. To znači, inovacije nastale u suradnji s drugim organizacijama ne moraju biti jednako „kvalitetne“ i trajne kao one iz vlastitih I&R jedinica. O tome govore autori Lhuillery i Pfister (2009) u studiji francuskih poduzeća (CIS uzorak) i zaključuju da 14% poduzeća odbaci inovacije nastale kao rezultat suradnje. Taj efekt je posebno naglašen ukoliko je suradnja uspostavljena sa stranim konkurentima i istraživačkim centrima.

Zaključno, hipotezom **H4** identificirana je statistički značajna povezanost suradnje te inovativnosti poduzeća. Poticanje suradnje na inovacijskim aktivnostima rezultira povećanjem stupnja inovativnosti poduzeća. Na primjeru hrvatskih poduzeća može se uočiti nedostatak suradnje s ključnim dionicima inovacijskog ekosustava kao što su istraživački instituti, javni sektor te sveučilišta, a bez njih nije moguće ostvariti funkcioniranje zdravog inovacijskog sustava.

Nadalje, analizom osjetljivosti je pokazano da je moguće dodatno osnažiti inovativnost intenziviranjem suradnje s konkurencijom, kupcima i klijentima te drugim poduzećima unutar svoje grupacije. Sve navedene komponente mogu snažnije pridonijeti rastu inovativnosti. Prema prikazanim rezultatima, nacionalni inovacijski sustav trebao bi biti izraženije orijentiran snažnijem povezivanju i umrežavanju različitih dionika - napose poduzeća unutar istog gospodarskog sektora te time stvarati dodatne sinergijske učinke.

6.5 Analiza rezultata modela inovativnih poduzeća koja potiču ekološke inovacije

U ovom dijelu istraživanja analizirana su poduzeća kroz prizmu ekoloških aspekata i njihove povezanosti s inovativnošću. Klimatske promjene i ekološka osviještenost zauzimaju sve važnije mjesto u gospodarskim politikama diljem svijeta. Za očekivati je da ekološki orijentirana poduzeća imaju veću usmjerenost prema inovativnosti od ostalih inovativnih poduzeća. Već sama činjenica da je tvrtka u tom segmentu uvela neki oblik inovacije govori o strateškoj usmjerenosti poduzeća.

Prethodna istraživanja ukazuju da postoji povezanost između ekoloških inovacija te izvedbe i rasta poduzeća (D'Attoma i Pacei, 2019), što je u skladu s rezultatima istraživanja hipoteze **H5**, gdje je ustanovljena pozitivna povezanost ekoloških aktivnosti s inovativnošću poduzeća, a to se nadalje reflektira na rast tvrtke.

U literaturi se najčešće spominju zelena ekonomija, digitalizacija i digitalna tranzicija, obnovljivi izvori energije, čista energija, smanjenje zagađenja, reciklaža itd. Značajan broj prethodnih analiza fokusiran je na motive pokretanja ekoloških inovacija, a zajednički nazivnik jesu regulacije, uštede i subvencije (Biscione, Caruso *i dr.*, 2021; D'Attoma i Pacei, 2019; Horbach, Oltra *i dr.*, 2013; Horbach i Rennings, 2013).

Osim povezanosti ekoloških inovacija sa izvedbom poduzeća na mikrorazini, autori Andabaka, Basarac Sertić *i dr.* (2019) stavili su u odnos širi makroekonomski okvir 28 EU država i utjecaj okruženja na razvoj ekoloških inovacija. Utvrdili su da bruto domaći proizvod, kvaliteta institucija i stopa reciklaže gradskog otpada ima snažan pozitivan efekt na ekološke inovacije.

Ekološke inovacije uključuju nove ili značajno poboljšane proizvode, usluge i procese te organizacijske ili marketinške metode koje ostvaruju određene doprinose okolišu (u odnosu na ostale alternative). Ekološke inovacije mogu biti prioritet ili nusprodukt drugih aktivnosti. Inovacija se može interpretirati kroz proces proizvodnje proizvoda (i/ili razvijanja usluge) ili kroz njihovo korištenje i konzumiranje od strane krajnjih potrošača.

Hipotezom **H5** stavlja se u odnos inovativnost između ekološko orijentiranih poduzeća te svih ostalih inovativnih poduzeća. Drugim riječima, postavlja se pitanje jesu li poduzeća inovativnija ukoliko su ekološki osviještenija.

Ukupno je definirano deset različitih oblika ekoloških doprinosa ("*ušteda energije*", "*smanjeno onečišćenje*", "*zamjena materijala*", "*obnovljivi izvori*", "*reciklaža*", "*ušteda potrošač*", "*onečišćenje potrošač*", "*reciklaža potrošač*", "*trajnost*"), a njihova detaljna objašnjenja navedena su poglavlju: „*Opis ulazno-izlaznih atributa modela*“ (Eurostat CIS, 2014).

Poduzeća su podijeljena na ekološka (ukoliko je prisutan bilo koji od navedenih oblika ekoloških doprinosa) ili neekološka (ukoliko nije prisutan niti jedan tip.). Bitno je nadodati da inovativna poduzeća iako posjeduju određene ekološke aspekte mogu i dalje biti svrstana u kategoriju neekoloških, jer model uzima u obzir samo poduzeća čije su aktivnosti rezultirale s ekološkim učincima, bilo kroz proces proizvodnje ili kroz korištenje proizvoda od strane kupaca. To isto vrijedi i za sva neinovativna poduzeća (recimo, poduzeće može imati instalirane solarne panele, ali ih ne koristiti u lancu proizvodnje novog proizvoda ili usluge).

U uzorku je otprilike polovica inovativnih poduzeća koja su ostvarila jedan od oblika ekoloških inovacija (48%). Ukoliko se analizira struktura udjela pojedinog tipa, najmanje je zastupljena kategorija „*obnovljivi izvori*“ (3,9%) – oblik inovacije čiji rezultat ili međurezultat vodi zamjeni fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije – što je 2,5 puta manje od prosjeka ostalih tipova. Zastupljenost ostalih oblika ekoloških doprinosa je podjednak i kreće se oko vrijednosti prosjeka (10%) - za 10 navedenih tipova doprinosa

Zanimljivo bi bilo istražiti iz kojeg razloga su ekološke aktivnosti zamjene fosilnih goriva podzastupljene, napose što su u današnje vrijeme obnovljivi izvori energije iznimno aktualni i često ih se zamjenjuje s pojmom zelene ekonomije.

Jedan od razloga bi mogao biti financijske prirode, jer su cijene obnovljivih izvora energije još uvijek više od cijena standardnih fosilnih goriva. Stoga, ukoliko nisu dodatno motivirana (subvencije, pravilnici i zakoni ili sl.), mnoga poduzeća neće provoditi tu ekološku aktivnost (Horbach, Oltra i dr., 2013)

Velik broj ostalih oblika ekoloških doprinosa se odnosi na uštede i zamjene materijala, reciklaže, uštede energije itd. Sve navedene kategorije su u konačnici ekonomski isplativije, bilo kao vid uštede kroz proces proizvodnje ili kroz povećanje prodaje, tj. nižu cijenu konačnog proizvoda. Uštede čine jednu od ključnih determinanti ekoloških inovacija (Horbach, 2016).

Istraživanje ovog rada je pokazalo da ekološka poduzeća obično razvijaju više različitih i međusobno zavisnih oblika ekoloških doprinosa. Primjerice, ukoliko poduzeće ostvari ekološki

učinak s efektom uštede energije, povećana je vjerojatnost da će uvesti ekološki doprinos s efektom uštede materijala. Tako visoka međuovisnost govori da ekološka inovacija nije samo rezultat nasumičnog odabira, nego je dio šire strategije i usmjerenosti poduzeća. Komponenta „*onečišćenje potrošač*“, ima najveći korelacijski koeficijent spram ostalih stavki. Interpretira se kao ekološki doprinos s efektom smanjenja onečišćenja nastalog konzumiranjem proizvoda/usluge od strane krajnjih potrošača.

Testiranjem modela utvrđena je povezanost između intenziteta ekoloških doprinosa te stupnja inovativnosti. Što je veći broj ekoloških doprinosa, veći je stupanj inovativnosti poduzeća.

Bitniji podatak (cilj **H5** hipoteze) jest utvrđivanje postoji li statistički značajna razlika stupnjeva inovativnosti (u grupi inovativnih poduzeća) između poduzeća sa i bez ekoloških doprinosa, tj. jesu li ekološka poduzeća razvila širi spektar inovacija od ostalih inovativnih poduzeća. Korištenjem *Mann-Whitney U* testa ($Z = -14,9, p < 0,01$) utvrđena je statistički značajna razlika (*ekološka 2,9; neekološka 2,1*) pripadajućih stupnjeva inovativnosti. Ekološka poduzeća su oko 40% inovativnija od ostalih inovativnih poduzeća.

Rezultat je indikativan, jer ukazuje da se isplati ulagati u ekološke inovacije. Doprinos ekoloških inovacija značajno je veći od doprinosa ostalih tipova inovacija. To znači da, ukoliko poduzeće između dva tipa inovacija odabere inovaciju s ekološkim doprinosima, ima veću vjerojatnost da bude inovativnije (po stupnju inovativnosti).

Takvi rezultati se slažu sa istraživanjima (Liao i Tsai, 2019; Russo i Fouts, 1997) koja stavljaju u pozitivan odnos ekološke inovacije s performansama i rastom poduzeća.

Da bi se razlučili ekološki doprinosi s najvećim efektom stupnja inovativnosti provedena je korelacijska analiza ulaza te analiza osjetljivosti modela (*Tablica 38. poglavlje „Rezultati modela inovativnih poduzeća koja potiču ekološke inovacije“*). Analizom je utvrđeno da najvažniju ulogu igraju komponente „*ušteda potrošač*“, „*ušteda energije*“, „*trajnost*“, „*zamjena materijala*“ i „*obnovljivi izvori*“, dok najmanji doprinos daju varijable „*reciklaža potrošač*“, „*smanjeno onečišćenje*“.

Komponenta „*ušteda potrošač*“ opisuje proizvod ili uslugu čiji inovativni koncept rezultira smanjenjem potrošnje energije i emisije CO₂ tijekom konzumacije proizvoda ili usluge (npr. LED sijalice), dok „*ušteda energije*“ govori to isto, ali se ušteda realizira unutar procesa proizvodnje. Varijabla „*trajnost*“ se referira na inovaciju koja produžava vijek trajanja

proizvoda. Ekološki doprinos „*zamjena materijala*“ opisuje aktivnosti zamjene opasnih i za okoliš neprihvatljivih materijala s prihvatljivim oblicima. Komponenta „ *smanjeno onečišćenje*“ opisuje doprinos s efektom redukcije zagađenja (zraka, vode, buka, tla) nastalog tijekom proizvodnje. Reciklaža se odnosi na otpad, vodu i materijal za vlastitu upotrebu ili za prodaju.

To bi značilo da ukoliko poduzeće ostvari doprinos s efektom ušteda potrošnje, bilo kroz krajnji produkt ili kroz proces proizvodnje, stupanj inovativnosti će se povećati znatno više nego prosjek ostalih ekoloških inovacija. To isto vrijedi i za doprinos koji sa sobom povlači veću kvalitetu i duži vijek proizvoda.

Međutim, ekološki doprinosi smanjenja onečišćenja (zraka, vode buke ili tla) i reciklaže (vode, materijala, otpada) – bilo u procesu proizvodnje ili u tokom korištenja – najmanje doprinose povećanju stupnja inovativnosti u odnosu na prosjek ostalih. Rezultati prethodnih istraživanja ukazuju da su ekološke aktivnosti redukcije zagađenja napose ovisne o regulatornim okvirima i subvencijskim poticajima (Horbach, 2016), stoga je motiv za stvaranje inovacija ekstrinzičan prije nego intrinzičan. To nadalje implicira da takva poduzeća reaktivno djeluju te ne ostvaruju dodatnu inovacijsku prednost spram ostalih inovativnih poduzeća.

Autori Horbach i Rennings (2013) su ustanovili da ekološke inovacije procesa podižu konkurentnost i zaposlenost, naročito ako su inovacije poduzete s ciljem uštede energije i materijala. Također, ekološka inovacija s efektom redukcije zagađenja povezana je s porastom zaposlenosti – što je sličan rezultat ovom istraživanju, ali sa aspekta ukupne inovativnosti.

Zaključno, istraživanjem i stvorenim istraživačkim modelima utvrđeno je da su poduzeća s ekološkim inovacijama prosječno inovativnija od ostalih poduzeća. Nadalje, utvrđena je povezanost između broja ekoloških doprinosa te stupnja inovativnosti. Analizom je uočeno da najveći doprinos izlaznoj inovativnosti daju komponente smanjenja potrošnje materijala i energije, dok najmanji doprinos dolazi od smanjenja zagađenja.

Određena ograničenja modela za metode strojnog učenja mogu predstavljati neravnomjerno zastupljeni zapisi uzorka u izlaznoj varijabli. Prilikom modeliranja su uvažena takva ograničenja te su napravljene dodatne prilagodbe. No, možda bi bilo dobro primijeniti određene tehnike uravnoteženja zastupljenosti i ulaznih parametara.

U strukturi zastupljenosti ulaznih kategorija, komponenta „*obnovljivi izvori*“ zauzima najmanji udio te je moguće da su modeli jednim dijelom preslikali takav odnos u analizu osjetljivosti čimbenika, što bi se moglo naknadno testirati. Slično kao i kod prošlih modela, izlazna varijabla jest aproksimacija ukupnog broja inovacija preko stupnja inovativnosti.

Jedan od mogućih alternativnih pristupa modeliranju jest grupiranje ekoloških doprinosa u dvije kategorije: „*ekološki doprinosi poduzeće*“ i „*ekološki doprinosi potrošač*“ - ovisno o mjestu gdje se ostvaruje doprinos; u proizvodnom procesu ili od strane potrošača – a potom analizirati glavne čimbenike. Ovaj pristup je ostavljen za naknadna istraživanja.

Definicija ekoloških i neekoloških poduzeća unutar istraživanja promatrana je prvenstveno sa aspekta inovacija. Ekološke inovacije mogu biti dio cilja, ali mogu biti i nusprodukt prilikom procesa uvođenja drugih inovacija. To znači da postoji mogućnost postojanja inovativnih poduzeća koja nisu ostvarila ekološke doprinose prilikom uvođenja inovacija, ali su možda postigli ekološke učinke prilikom poduzimanja drugih aktivnosti koje nisu povezane s uvođenjem inovacija. Takva poduzeća bi se i dalje mogla atribuirati kao ekološka, no u referentnom istraživanju to nije uzeto u razmatranje zbog nedostataka podataka o istima.

7 Zaključak

Inovativnost i inovacije čine centralnu temu disertacije, kako na razini poduzeća tako i na razini gospodarstva. Glavna istraživačka tema analizira inovativnost hrvatskih poduzeća s ciljem identificiranja ključnih čimbenika inovativnosti. Da bi se došlo do traženih odgovora ispitana je povezanost između različitih inovacijskih faktora. Također, određene su značajnosti i težine navedenih čimbenika te njihov doprinos inovacijskom outputu.

Istraživanje je provedeno nad „*Community Innovation Survey*“ (CIS2014) bazom podataka i to na uzorku inovativnih poduzeća za Republiku Hrvatsku. Upotrebom statističkih metoda – primarno metoda strojnog učenja - napravljeni su i testirani statistički modeli.

Ispitivanjem različitih faktora, odgovara se na pet hipoteza raspoređenih u pet područja. Područja se odnose na inovacijske aktivnosti, ulaganja u inovacije, suradnju na inovacijama, javne potpore inovacijama te na ekološke inovacije. Za svaku od navedenih kategorija konstruirano je nekoliko statističkih modela putem metodologije strojnog učenja i standardnih statističkih metoda.

Prva hipoteza **H1** opisuje odnos ulaznih inovacijskih aktivnosti i izlaznog stupnja inovativnosti poduzeća te je utvrđena značajna pozitivna povezanost. Veći broj aktivnosti rezultira razvojem većeg stupnja inovativnosti. Identificirani faktori s najvećim doprinosom inovativnosti su aktivnosti dizajna, aktivnosti istraživanja i razvoja unutar poduzeća te aktivnosti inovativnog marketinga. Nasuprot tome, čimbenici s najmanjim doprinosom inovativnosti su aktivnosti nabavke opreme te aktivnosti izdvajanja istraživanja i razvoja (egzogeni I&R – aktivnosti istraživanja i razvoja prepušteni vanjskim dionicima).

Istraživanje je pokazalo da 83% hrvatskih poduzeća ulaže u opremu, premda dobivenim statističkim modelima nabavka opreme se ispostavila najmanje učinkovitom. S druge strane, ključne inovacijske aktivnosti povezane s I&R, dizajnom te marketingom poduzelo je manje od polovice poduzeća. Tako na primjer, aktivnosti istraživanja i razvoja provodi oko 40% poduzeća, a na aktivnostima dizajna i marketinga aktivno radi tek oko 30% poduzeća.

Rezultati upućuju na inverziju prioriteta, ali i jasno ukazuju na korektivni smjer u kojem inovacijske politike trebaju gledati. Poticanje inovacijskih aktivnosti možda je najjednostavnije putem nabavke opreme, ali efikasnije rješenje moglo bi biti u poticanju aktivnosti istraživanja

i razvoja, davanjem potpora tvrtkama da osnuju svoje vlastite I&R urede te u stimuliranju i promoviranju važnosti marketinških aktivnosti povezanih s inovacijama,

Druga hipoteza **H2** osim samog broja aktivnosti utvrđuje povezanost između iznosa izdataka u inovacije s inovacijskim outputom. Potvrđeno je da generalno veći izdaci na inovacijske aktivnosti korespondiraju s povećanjem stupnja inovativnosti, no korelacija je umjerena.

Od ukupnog iznosa izdataka svih poduzeća, čak 70% se odnosi na opremu, 15% na istraživanje i razvoj, a izdaci na dizajn i marketing aktivnosti su ispod 8%. Ključni čimbenici modela jednaki su kao u prošloj hipotezi. Što znači da ulaganja u istraživanje i razvoj hrvatskih poduzeća značajno više doprinose izlaznom stupnju inovativnosti, nego što to čini ulaganje u opremu, dok je u isto vrijeme iznos ulaganja u opremu 4,5 puta veći nego u I&R.

Analiziranjem javnih potpora (hipoteza **H3**) i subvencija inovacijama istraživačkim modelima identificirana je vrlo slaba povezanost sa stupnjem inovativnosti poduzeća. Statističkim analizama utvrđena je mala razlika u stupnju inovativnosti između poduzeća sa i bez javnih potpora. Svako peto poduzeće je dobilo neku vrstu potpore inovacijama, a među njima tek svako dvadeseto s EU razine. U analizi osjetljivosti prednost se daje nacionalnim potporama spram ostalih oblika.

Rezultati sugeriraju na dvije važne stvari: prvo se ukazuje na značajnu podzastupljenost EU subvencija – što je moguće korigirati - a drugo, da potpore same po sebi ne prave veliku razliku inovativnoj izvedbi poduzeća – što indicira da bi bilo dobro preispitati inovacijske politike. Možda je bolji pristup poticanju inovacije osposobiti kvalitetno poduzetničko okruženje sa svim relevantnim elementima zdravog inovacijskog ekosustava, potaknuti suradnju dionika i nesmetani protok informacija, osigurati učinkovito funkcioniranje istraživačkih centara i instituta, povećati transparentnost te napraviti efikasnije pravosuđe. Pored toga, poduzeća na drugačiji način percipiraju financijske potpore i javne subvencije od vlastitih ulaganja što može također biti faktor različitog učinka na inovativnost.

Suradnja između ključnih dionika predstavlja temelj inovacijskog ekosustava, a poseban naglasak se stavlja na kooperaciju poslovnog i javnog sektora te s institucijama visokog obrazovanja. Suradnja dionika testirana je hipotezom **H4** koja provjerava odnos između intenziteta suradnje na inovacijskim aktivnostima te stupnja inovativnosti poduzeća. Dakle, pitanje je hoće li inovativna poduzeća u suradnji na inovacijama s drugim organizacijama i tvrtkama pokazati bolju inovacijsku izvedbu od ostalih inovativnih poduzeća.

Rezultati upućuju na pozitivnu povezanost između razine suradnje i stupnja inovativnosti. To znači, ukoliko poduzeća surađuju s više različitih tipova subjekata i ukoliko ta suradnja se događa na više geografskih lokacija, veća je vjerojatnost da će poduzeće biti inovativnije (po stupnju inovativnosti). Utvrđena je značajna razlika inovacijske izvedbe između poduzeća s barem jednim oblikom suradnje i poduzeća bez suradnje. Rezultati daju prednost od 33% poduzećima sa suradnjom spram ostalih, naime tolika je razlika između prosječnog stupnja inovativnosti navedenih grupa.

Međutim, na primjeru hrvatskih poduzeća pokazalo se da su upravo ključni elementi *Triple Helix* modela ujedno i najslabije zastupljene komponente suradnje. Naime, hrvatska poduzeća najmanje surađuju s javnim sektorom, istraživačkim institutima i sveučilištima. Najveći udio suradnje na inovacijskim aktivnostima se svodi na dobavljače i potrošače.

Analizom ključnih čimbenika ustanovljeno je da stupnju inovativnosti najviše pridonosi suradnja s dobavljačima, suradnja s konkurencijom unutar poslovnog sektora te potom suradnja s kupcima i potrošačima. Nadalje, važan faktor doprinosa stupnju inovativnosti jest suradnja s drugim poduzećima unutar iste grupacije.

Na primjeru hrvatskih poduzeća, za funkcioniranje zdravog inovacijskog sustava potrebno je osnažiti kanale suradnje između ključnih dionika, a to su istraživački instituti, javni sektor te sveučilišta. Inovacijske politike napose bi trebale poticati suradnju i razmjenu između konkurentnih poduzeća unutar istog sektora kao i suradnju s kupcima te drugim poduzećima unutar matične grupacije. Istraživanjem, navedene komponente pokazale su se iznimno važnima u pridonnošenju konačne inovacijske izvedbe poduzeća.

Zadnji model opisuje ekološke inovacije (**H5**) te utvrđuje vezu između ekološki orijentiranih kompanija sa stupnjem inovativnosti. Hipotezom se uspoređuje inovacijska izvedba poduzeća sa i bez ekoloških inovacija. Drugim riječima, postavlja se pitanje jesu li poduzeća inovativnija ukoliko su ekološki osvještenija?.

Istraživanjem je utvrđena povezanost između razina ekoloških aktivnosti te stupnja izlazne inovativnosti. Što je veći broj ekoloških elemenata, veći je stupanj inovativnosti poduzeća. Ukupno je definirano deset oblika ekoloških inovacija, a mogu se svrstati u dvije grupe. Jedna se odnosi na ekološke inovacije orijentirane prema proizvodnom procesu, a druga grupa se fokusira na potrošače.

Provedenom analizom razlika srednjih vrijednosti stupnja inovativnosti između grupa poduzeća s ekološkim inovacijama te ostalih inovativnih poduzeća, identificirana je statistički značajna razlika, s time da ekološki osvještenija poduzeća ostvaruju 40% bolje rezultate. Ukoliko se poduzeće odluči razvijati ekološku inovaciju umjesto inovacije bez ekoloških učinaka, ima znatno veću šansu da ostvari bolju ukupnu inovacijsku izvedbu.

Otprilike polovica poduzeća posjeduju barem jedan oblik ekološke inovacije, premda tipovi jednako ne pridonose inovacijskom outputu. Od svih oblika, najmanja je zastupljenost ekoloških inovacija zamjene fosilnih goriva s obnovljivim izvorima energije (oko 2,5 puta manje od prosjeka). Mogući razlozi manje zastupljenosti su dodatni financijski izdaci i ekonomska neisplativost – što nije slučaj kod drugih oblika (npr. ušteda energije, ušteda materijala reciklaža, itd.)

Analizom glavnih čimbenika je utvrđeno ukoliko poduzeće razvije inovaciju s efektom ušted potrošnje energije, smanjenja emisije CO₂ ili uštede materijala bilo kroz krajnji produkt ili kroz proces proizvodnje, stupanj inovativnosti će se povećati znatno više nego kod uvođenja drugih ekoloških inovacija. To isto vrijedi i za inovacije koje rezultiraju s produženim vijekom trajanja proizvoda. S druge strane smanjenje onečišćenja (zraka, vode buke ili tla) te reciklaža (vode, materijala, otpada – bilo u procesu proizvodnje ili krajnjeg proizvoda) najmanje doprinose povećanju stupnja inovativnosti od prosjeka ostalih oblika. Iz svega navedenog, prilikom procesa inoviranja dobro je voditi računa i o ekološkim aspektima, jer se pokazalo da osim razvoja same inovacije ostvaruju multiplikativni ukupni učinak na konačnu inovacijsku izvedbu poduzeća.

Analizom su ostvareni glavni istraživački ciljevi te su dani odgovori na istraživačka pitanja. Prvi istraživački cilj se referira na identificiranje osnovnih čimbenika povezanih s inovacijama, a drugi cilj se odnosi na konstruiranje prediktivnog modela koristeći se metodama strojnog učenja, a putem kojeg je moguće razaznati stupanj inovativnosti poduzeća.

Iako CIS2014 baza podataka je velika, najviše dostupnih podataka pridijeljeno je inovativnim poduzećima. To nadalje predstavlja određene metodološke prepreke ukoliko se žele komparirati isključivo inovativna i neinovativna poduzeća. Iz tog razloga konstruirani klasifikacijski modeli dijele poduzeća na visoko i nisko inovativna, ali i ne na inovativna i neinovativna poduzeća. Dodatno ograničenje istraživanja jest aproksimacija stupnja inovativnosti poduzeća temeljem zbroja različitih vidova inovativnog ponašanja, što u potpunosti ne korelira s ukupnim brojem

inovacija. Takvo ograničenje proizlazi iz nedostatka podataka o apsolutnom broju inovacija, jer su samo dostupni podaci o prisutnosti pojedinog tipa inovacija.

U vrijeme istraživanja i pisanja rada objavljene su još dvije inačice referentne baze podataka CIS2016 i CIS2018. U daljnjim istraživanjima navedene baze bi se mogle uvažiti i provesti dodatna testiranja korištenjem postojećih modela te vidjeti hoće li rezultati biti sukladni. Također, postoji prostor da se konstruiraju klasifikacijski i prediktivni modeli upotrebom dodatnih informacija dostupnih u bazama koji nisu do sada korišteni. Takvi podaci odnose se na osnovne ekonomske pokazatelje (broj zaposlenih, prihod od prodaje,..., itd.), prijave patenata, dizajna, zaštitnih znakova ili sl. Nadalje, novo područje za dodatna istraživanja jesu komparativne analize sa sličnim zemljama okruženja i unutar Europske unije. Podaci su dostupni u CIS bazama te bi se provođenjem takve analize mogle identificirati određene specifičnosti pojedinih ekonomija.

Sa svim do sada navedenim analizama i rezultatima prikazana je struktura odnosa raznih inovacijskih čimbenika hrvatskih poduzeća te su navedene prednosti i nedostaci inovacijske izvedbe. Napravljena je usporedba sa sličnim istraživanjima te su predloženi određeni zaključci i smjernice temeljene na rezultatima hipoteza.

8 Literatura

1. Abdi, H. i Williams, L.J. 2010. Principal component analysis. 2(4):433-459.
2. Acosta, M., Coronado, D. i Romero, C. 2015. Linking public support, R&D, innovation and productivity: New evidence from the Spanish food industry. *Food Policy*, 57:50-61.
3. Acs, Z.J. i Audretsch, D.B. 2005. Entrepreneurship and innovation. *Papers on Entrepreneurship, Growth and Public Policy*.
4. Acs, Z.J., Audretsch, D.B. i Lehmann, E.E. 2013. The knowledge spillover theory of entrepreneurship. *Small business economics*, 41(4):757-774.
5. Aguinis, H., Gottfredson, R.K. i Joo, H. 2013. Best-practice recommendations for defining, identifying, and handling outliers. *Organizational Research Methods*, 16(2):270-301.
6. AllTopStartups. 2012. *Startup Financing Cycle*. <https://alltopstartups.com/2012/06/02/infographic-startup-financing-cycle> [pristupljeno: 08.12.2020.].
7. Andabaka, A., Basarac Sertić, M. i Harc, M. 2019. Eco-innovation and economic growth in the European Union. *Zagreb International Review of Economics & Business*, 22(2):43-54.
8. Anderson, H.J., Gyamfi, S. i Stejskal, J. 2020. Public Funding as a Catalyst for Firms' Technological Innovation: Case of Cyprus, Croatia and Portugal. 2020:28.
9. Andrew, J., DeRocco, E.S. i Taylor, A. 2009. *Innovation Imperative in Manufacturing: How the US Can Restore Its Edge*. <https://www.bcg.com/documents/file15445.pdf>.
10. Aralica, Z. i Botrić, V. 2013. Ievaluation of Research and Development Tax Incentives Scheme in Croatia. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 26(3):63-80.
11. Aralica, Z., Račić, D. i Radić, D. 2008. Innovation propensity in Croatian enterprises: Results of a community innovation survey. *South East European Journal of Economics Business*, 3(1):77-88.
12. Archibugi, D., Cohendet, P., Kristensen, A. i Schäffer, K. 1995. *Evaluation of the Community Innovation Survey*. Luxembourg: Sprint/Eims.
13. Arhivanalitika. 2020. *Bloombergov inovacijski indeks*. <https://arhivanalitika.hr/blog/bloombergov-inovacijski-indeks-njemacka-na-svjetskom-vrhu/> [pristupljeno: 04.01.2020.].
14. Artige, L. 2016. Measurement of Innovation: Where Do We Stand? , 2016:70-76.
15. Atkinson, R.D. i Ezell, S.J. 2014. *Ekonomika inovacija: Utrka za globalnu prednost*. Mate.
16. Bartlett, M. 1936. The square root transformation in analysis of variance. *Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society*, 3(1):68-78.
17. Benavente, J.M., Crespi, G. i Maffioli, A. 2007. Public support to firm-level innovation: an evaluation of the FONTEC program. *Documento de trabajo*, 5(07).
18. Biscione, A., Caruso, R. i de Felice, A. 2021. Environmental innovation in European transition countries. *Applied Economics*, 53(5):521-535.

19. Bloomberg. 2020. *Germany Breaks Korea's Six-Year Streak as Most Innovative Nation*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-01-18/germany-breaks-korea-s-six-year-streak-as-most-innovative-nation> [pristupljeno: 04.01.2021.].
20. Bloombergquint. 2020. *California, Massachusetts Rank as Most Innovative States*. <https://www.bloombergquint.com/global-economics/california-massachusetts-rank-as-most-innovative-u-s-states> [pristupljeno: 31.01.2021.].
21. Bosma, N., Hill, S., Ionescu-Somers, A., Kelley, D., Levie, J. i Tarnawa, A. 2020. *GEM Global Report 2019/2020*.
22. Botchkarev, A. 2018. Performance metrics (error measures) in machine learning regression, forecasting and prognostics: Properties and typology. *arXiv preprint arXiv:1809.03006*
23. Bower, J.L. i Christensen, C.M. 1995. Disruptive technologies: catching the wave.
24. Božić, L. i Mohnen, P. 2016. Odrednice inovacija u malim i srednjim poduzećima u Hrvatskoj–usporedba poduzeća u uslužnom sektoru i prerađivačkoj industriji. *Market-Tržište*, 28(1):7-27.
25. Brei, M., Borio, C. i Gambacorta, L. 2019. Bank intermediation activity in a low interest rate environment.
26. Carolina_Demography. 2014. *NC in Focus: Agricultural Employment, 1860-2010*. <https://www.ncdemography.org/2014/07/31/nc-in-focus-agricultural-employment-1860-2010/> [pristupljeno: 10.02.2021.].
27. Caruana, R. i Niculescu-Mizil, A. 2006. *An empirical comparison of supervised learning algorithms*. Paper presented at Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning, Pittsburgh, Pennsylvania, USA:161–168. [online] dostupno na: <https://doi.org/10.1145/1143844.1143865>.
28. Carvalho, L., Costa, T. i Caiado, J. 2013. Determinants of innovation in a small open economy: a multidimensional perspective. *Journal of Business Economics Management*, 14(3):583-600.
29. Carvalho, L., Madeira, M.J., Carvalho, J., Moura, D.C. i Duarte, F.P. 2018. Cooperation for innovation in the European Union: outlook and evidences using CIS for 15 European countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 9(2):506-525.
30. Cassiman, B. i Golovko, E. 2011. Innovation and internationalization through exports. *Journal of International Business Studies*, 42(1):56-75.
31. Cattell, R.B. 1966. The Scree Test For The Number Of Factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1(2):245-276.
32. CERIC-ERIC. 2020. *Central European Research Infrastructure Consortium*. <https://www.ceric-eric.eu/about-us/who-we-are/#undefined> [pristupljeno: 20.12.2020.].
33. Chien, S.-C., Wang, T.-Y. i Lin, S.-L. 2010. Application of neuro-fuzzy networks to forecast innovation performance–The example of Taiwanese manufacturing industry. *Expert Systems with Applications*, 37(2):1086-1095.
34. Choueiry, G. 2021. *Square Root Transformation: A Beginner's Guide*. 1.6.2021 dostupno na.
35. Cohen, W.M. i Levinthal, D.A. 1990. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*:128-152.

36. Conte, A. i Vivarelli, M. 2014. Succeeding in innovation: key insights on the role of R&D and technological acquisition drawn from company data. *Empirical economics*, 47(4):1317-1340.
37. Cornell University, INSEAD i WIPO. 2019. *Global Innovation Index 2019 : Creating Healthy Lives—The Future of Medical Innovation*. Ithaca, Fontainebleau, Geneva: <https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/gii-full-report-2019.pdf>.
38. CreativeCommons. 2021. *Single layer Perceptron*. <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>. dostupno na: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>.
39. D'Attoma, I. i Pacei, S. 2019. What drives green innovation in Europe? A cross-country comparison based on CIS data.
40. Damanpour, F. i Schneider, M. 2009. Characteristics of innovation and innovation adoption in public organizations: Assessing the role of managers. *Journal of public administration research theory*, 19(3):495-522.
41. Damijan, J.P., Kostevc, C. i Rojec, M. 2010. *Does a foreign subsidiary's network status affect its innovation activity? Evidence from post-socialist economies*. Instituto Complutense de Estudios Internacionales (ICEI).
42. De Elejalde, R., Giuliadori, D. i Stucchi, R. 2015. Employment and innovation: Firm-level evidence from Argentina. *Emerging Markets Finance Trade*, 51(1):27-47.
43. de la Paz-Marín, M., Campoy-Muñoz, P. i Hervás-Martínez, C. 2012. Non-linear multiclassifier model based on Artificial Intelligence to predict research and development performance in European countries. *Technological Forecasting Social Change*, 79(9):1731-1745.
44. Dee, N., Gill, D., Weinberg, C. i McTavish, S. 2015. Startup support programmes: What's the difference. *NESTA*.
45. Duspara, L., Knežević, S. i Turuk, M. 2017. Konkurentnost i inovacijski izazovi u Hrvatskoj. *Poslovna izvrsnost*, 11(2):41-57.
46. Dutta, S. i INSEAD. 2011. *The Global Innovation Index 2011: Accelerating Growth and Development*. Fontainebleau.
47. Duval, R., Hong, G.H. i Timmer, Y. 2017. *Financial Frictions and the Great Productivity Slowdown*. International Monetary Fund.
48. EC. 2018. *RMSDE - CIS 2018*. <https://webgate.ec.europa.eu/fpfis/wikis/display/RMSDE/CIS+2018> [pristupljeno: 3.10.2020.].
49. EC. 2020a. *Digital Economy and Society Index (DESI)*. https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=67086 [pristupljeno: 5.11.2020.].
50. EC. 2020c. *EU budget: European Commission welcomes agreement on €1.8 trillion package to help build greener, more digital and more resilient Europe*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_2073 [pristupljeno: 10.12.2020.].
51. EEC. 1993. *No 696/93 of 15 March 1993 on the statistical units for the observation and analysis of the production system in the Community*. dostupno na: <https://eur->

- lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31993R0696:EN:HTML [Accessed: 1.12.2021].
52. EIS, European Commission, „. 2017. *European Innovation Scoreboard 2017, European Innovation Scoreboards (EIS) project for the European Commission*. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/24829/attachments/1/translations/en/rendition/native>.
 53. EIS, European Commission, , Maastricht University. 2019. *European Innovation Scoreboard 2019*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d156a01b-9307-11e9-9369-01aa75ed71a1>.
 54. EIS, European Commission, , Maastricht University. 2020. *European Innovation Scoreboard 2020*. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/41921>.
 55. EPO. 2021. *Number of patent applications and grants - Croatia*. <https://new.epo.org/en/statistics-centre#country-dashboards> [pristupljeno: 10.11.2021.].
 56. Es-Sadki, N. 2014. *Policy makers interviews*. Paper presented at Workshop on CIS (Community Innovation Survey), Luxembourg;2014.
 57. EUROPA 2014. National/Regional innovation strategies for smart specialisation (RIS3). 2020.
 58. Europe, 2019. The Next EU Research & Innovation Investment Programme (2021-2027).
 59. Europeancomission. 2019. *Indeks digitalnoga gospodarstva i društva (DESI). Izvješće za državu članicu za 2019. - Hrvatska*. https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=67086 [pristupljeno: 09.01.2021.].
 60. Eurostat-CIS9. 2014. *Community innovation survey 2014 - Synthesis quality report*. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/inn_cis9_esms_an6.pdf [pristupljeno: 3.3.2021].
 61. Eurostat. 2019. *Adults participate in lifelong learning*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20190517-1> [pristupljeno: 2.10.2020.].
 62. Eurostat. 2020. *Science and Technology Eurostat Database*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/science-technology-innovation/data/database> [pristupljeno: 10.7.2020.].
 63. Eurostat. 2021. *R & D expenditure*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=R_%26_D_expenditure [pristupljeno: 10.11.2021.].
 64. Eurostat i OECD. 2005. *Guidelines for collecting and interpreting innovation data (2005)*.
 65. Eurostat CIS. 2014. *Community Innovation Survey (CIS), Survey/Questionnaire*. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/inn_cis9_esms_an4.docx.
 66. Eurostat(CIS2-CIS7). 2020. *CIS2-CIS7*. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/inn_cis2_esms.htm [pristupljeno: 12.12.2020.].
 67. Eurostat(CIS9). 2020. *CIS9*. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/inn_cis9_esms.htm [pristupljeno: 1.6.2020.].

68. Eurostat(CIS10). 2020. *CIS10*.
https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/inn_cis10_esms.htm [pristupljeno: 2.6.2020.].
69. Fan, L., Uddin, M.A. i Das, A.K. 2017. Empirical study on the antecedents predicting organizational innovation of the small and medium enterprises in Bangladesh. *Journal on Innovation Sustainability*, 8(2):142-150.
70. Farinha, L., Ferreira, J.J. i Nunes, S. 2018. Linking innovation and entrepreneurship to economic growth. *Competitiveness Review: An International Business Journal*.
71. FED. 2020. *Federal Reserve System*. <https://www.federalreserve.gov/> [pristupljeno: 27.01.2021.].
72. Filippetti, A., Frenz, M. i Ietto-Gillies, G. 2011. Are innovation and internationalization related? An analysis of European countries. *Industry Innovation*, 18(5):437-459.
73. Fletcher, R. 2013. *Practical methods of optimization*. John Wiley & Sons.
74. Forés, B. i Camisón, C. 2011. The complementary effect of internal learning capacity and absorptive capacity on performance: the mediating role of innovation capacity. *International Journal of Technology Management*, 55(1/2):56-81.
75. Frank, A.G., Cortimiglia, M.N., Ribeiro, J.L.D. i Oliveira, L.S. 2016. The effect of innovation activities on innovation outputs in the Brazilian industry: Market-orientation vs. technology-acquisition strategies. *Research Policy*, 45(3):577-592.
76. Fraunhofer, I. i Lerch, C. 2014. *European Manufacturing Survey EMS*. dostupno na.
77. FRED. 2021. *Credit to Private Non-Financial Sector by Banks vs. Central Bank Assets for Euro Area (11-19 Countries)*. <https://fred.stlouisfed.org/series/QXMPBMUSDA> [pristupljeno: 26.01.2021.].
78. Freeman, R. 1960. Quantitative methods in R&D management. *California Management Review*, 2(4):36-44.
79. Frost, J. 2014. Why Is There No R-Squared for Nonlinear Regression. *linha*. *Disponível em: http://blog.minitab.com/blog/adventures-in-statistics-2/why-is-there-no-r-squared-for-nonlinear-regression*.
80. Galindo, M.Á. i Méndez-Picazo, M.T. 2013. Innovation, entrepreneurship and economic growth. *Management decision*.
81. GEM. 2020. *Research papers based on GEM data*. <https://www.gemconsortium.org/research-papers> [pristupljeno: 09.12.2020].
82. Georghiou, L., Amanatidou, E., Belitz, H., Cruz, L., Edler, J., Edquist, C., Granstrand, O., Guinet, J., Leprince, E. i Orsenigo, L. 2003. Raising EU R&D intensity: Improving the effectiveness of public support mechanisms for private sector research and development: Direct measures. *Commission of the European Communities, EUR20716 Website—www.euomaplive.iconinnovation.de/html/bodt-downloads.html*.
83. Gertler, M.S. 2003. Tacit knowledge and the economic geography of context, or the undefinable tacitness of being (there). *Journal of economic geography*, 3(1):75-99.
84. GII, Cornell University, INSEAD, World Intellectual Property Organization. 2019. *Creating Healthy Lives—The Future of Medical Innovation, 2019*. Ithaca, Fontainebleau, Geneva: <https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/gii-full-report-2019.pdf>.

85. Goncalves, A. 2008. *Innovation Hardwired*. Lulu
86. Grace-Martin, K. 2021. *Outliers: To Drop or Not to Drop*. 1.6.2021. dostupno na: <https://www.theanalysisfactor.com/outliers-to-drop-or-not-to-drop/>.
87. Grahovac, D. 2010. Dvodimenzionalni interpolacijski spline. *Osječki matematički list*, 10(1):59-69.
88. Grassano, N., Hernandez Guevara, H., Tuebke, A., Amoroso, S., Dosso, M., Georgakaki, A. i Pasimeni, F. 2020. *The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
89. Grimpe, C., Sofka, W., Bhargava, M. i Chatterjee, R. 2017. R&D, marketing innovation, and new product performance: a mixed methods study. *Journal of product innovation management*, 34(3):360-383.
90. Hajek, P. i Henriques, 2017. Modelling innovation performance of European regions using multi-output neural networks. 12(10):e0185755.
91. Hajek, P. i Stejskal, J. 2015. Predicting the innovation activity of chemical firms using an ensemble of decision trees. 35-39.
92. Hashi, I. i Stojčić, N. 2013. The impact of innovation activities on firm performance using a multi-stage model: Evidence from the Community Innovation Survey 4. *Research Policy*, 42(2):353-366.
93. Helpman, E. 2009. *The mystery of economic growth*. Harvard University Press.
94. Herrington, M., Kew, P., Singer, S., Carmona, J., Wright, F. i Coduras, A. 2017. *GEM 2016-2017 Global Report*.
95. Hewitt-Dundas, N. i Roper, S. 2010. Output additionality of public support for innovation: evidence for Irish manufacturing plants. *European Planning Studies*, 18(1):107-122.
96. HGK. 2020. *Strateški projekt za podršku uspostavi inovacijske mreže za industriju i tematskih inovacijskih platformi*. <https://www.hgk.hr/centar-inovacije-i-eu-projekte/strateski-projekt-za-podrsku-uspostavi-inovacijske-mreze-za-industriju-i-tematskih-inovacijskih-platformi> [pristupljeno: 10.12.2020.].
97. Horbach, J. 2016. Empirical determinants of eco-innovation in European countries using the community innovation survey. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 19:1-14.
98. Horbach, J., Oltra, V. i Belin, J. 2013. Determinants and specificities of eco-innovations compared to other innovations—an econometric analysis for the French and German industry based on the community innovation survey. *Industry and Innovation*, 20(6):523-543.
99. Horbach, J. i Rennings, K. 2013. Environmental innovation and employment dynamics in different technology fields—an analysis based on the German Community Innovation Survey 2009. *Journal of Cleaner Production*, 57:158-165.
100. Hosmer Jr, D.W., Lemeshow, S. i Sturdivant, R.X. 2013. *Applied logistic regression*. John Wiley & Sons.
101. ICTbusiness. 2020. *Velika ICT analiza: Nastavak rasta prihoda cijelog ICT tržišta u 2019. godini*. <https://www.ictbusiness.info/poslovanje/velika-ict-analiza-nastavak-rasta-prihoda-cijelog-ict-trzista-u-2019-godini> [pristupljeno: 13.12.2020.].

102. IMD. 2020a. *World Digital Competitiveness Ranking*.
103. IndustrijskaStrategija. 2014. *Industrijska strategija Republike Hrvatske 2014.-2020*. <https://www.hgk.hr/documents/industrijskastrategija-201420205bfbff041a6bc.pdf> [pristupljeno: 12.08.2020.].
104. INI. 2020. *Strateški projekt za podršku uspostavi inovacijske mreže za industriju i tematskih inovacijskih platformi*. <https://www.hgk.hr/centar-inovacije-i-eu-projekte/strateski-projekt-za-podrsku-uspostavi-inovacijske-mreze-za-industriju-i-tematskih-inovacijskih-platformi> [pristupljeno: 15.5.2020.].
105. Innolytics. 2021. *rganizational Innovation Examples – How Innovative Enterprises Fight Bureaucracy and Rigid Processes*. <https://innolytics-innovation.com/organizational-innovation-examples/> [pristupljeno: 03.02.2021.].
106. InnovaThinkThank. 2018. *Međunarodno savjetodavno vijeće za inovacije*. 8.12.2020.].
107. Inovacijska_platforma. 2020. *Inovacijska platforma*. <https://inovacijskaplatforma.hr/> [pristupljeno: 21.9.2020.].
108. Insight, P. 2007. *Seizing the White Space: Innovative Service Concepts in the United States Peer Insight [LLC]*. Tekes.
109. Ireland, R.D. i Webb, J.W. 2007. Strategic entrepreneurship: Creating competitive advantage through streams of innovation. *Business horizons*, 50(1):49-59.
110. ISED. 2019. *Key Small Business Statistics*. [https://www.ic.gc.ca/eic/site/061.nsf/vwapj/KSBS-PSRPE_Jan_2019_eng.pdf/\\$file/KSBS-PSRPE_Jan_2019_eng.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/061.nsf/vwapj/KSBS-PSRPE_Jan_2019_eng.pdf/$file/KSBS-PSRPE_Jan_2019_eng.pdf).
111. Jagannath, V. 2020. *Random Forest Template for TIBCO Spotfire®*. dostupno na: <https://community.tibco.com/wiki/random-forest-template-tibco-spotfire>.
112. Jakovac, P. 2012. Znanje kao ekonomski resurs: osvrt na ulogu i značaj znanja te intelektualnog kapitala u novoj ekonomiji znanje. *Tranzicija*, 14(29):88-106.
113. JavaTpoint. 2011. *Difference between Artificial intelligence and Machine learning*. <https://www.javatpoint.com/difference-between-artificial-intelligence-and-machine-learning> [pristupljeno: 15.10.2021.].
114. Jose Madeira Silva, M., Simoes, J., Sousa, G., Moreira, J. i Wagner Mainardes, E. 2014. Determinants of innovation capacity: Empirical evidence from services firms. *Innovation*, 16(3):404-416.
115. Josse, J. i Husson, F. 2012. Selecting the number of components in principal component analysis using cross-validation approximations. *Computational Statistics & Data Analysis*, 56(6):1869-1879.
116. Jovanov, L. 2017. *Od klasicizma do neoklasicizma*. University of Pula. Faculty of economics and tourism" Dr. Mijo Mirković".
117. Jung Erceg, P. i Prester, J. 2007. Inovacije u proizvodnji: hrvatsko-njemačka komparativna analiza. *Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu*, 5(1):79-94.
118. Jurčić, L. 2017. Svjetsko gospodarstvo deset godina nakon početka krize. *Ekonomski pregled*, 68(6):655-685.
119. Kassambara, A. 2017. *Machine Learning Essentials. Practical Guide in R*. STHDA (p. 210). dostupno na.

120. Keeley, L. 2007. *The taming of the new: Larry Keeley workshop on innovation*. 18 dostupno na.
121. Kelley, D., Singer, S. i Herrington, M. 2016. *GEM 2015/2016 global report*.
122. Kim, C., Choi, Y.S. i Lim, U. 2015. The Effects of Collaborative R&D Activity on Product and Process Innovation: A Negative Binomial Modeling Approach. *Journal of the Korean Regional Science Association*, 31(4):107-128.
123. Klomp, L. i Van Leeuwen, G. 2001. Linking innovation and firm performance: a new approach. *International journal of the economics of business*, 8(3):343-364.
124. Knezić, I. 2020. Primjena metoda strojnog učenja u otkrivanju financijskih prevara.
125. Kok, J.d. i Berrios, M. 2019. *Small matters: Global evidence on the contribution to employment by the self-employed, micro-enterprises and SMEs*. dostupno na.
126. Konkurentnost. 2017. *Trend GCI indeksa za Hrvatsku*. <http://konkurentnost.hr/> [pristupljeno: 17.01.2021.].
127. Lee, J.A. i Verleysen, M. 2007. *Nonlinear dimensionality reduction*. Springer Science & Business Media.
128. Leech, D.P., Link, A.N., Scott, J.T. i Reed, L.S. 1998. *Planning Report: The Economics of a Technology-Based Service Sector*. Arlington, VA: Analytic Sciences Corporation (TASC).
129. Levitt, T. 1960. Growth and profits through planned marketing innovation. *Journal of Marketing*, 24(4):1-8.
130. Leydesdorff, L. i Etzkowitz, H. 1998. The Triple Helix as a model for innovation studies. *Science and Public Policy*, 25(3):195-203.
131. Lhuillery, S. i Pfister, E. 2009. R&D cooperation and failures in innovation projects: Empirical evidence from French CIS data. *Research policy*, 38(1):45-57.
132. Liao, Y.C. i Tsai, K.H. 2019. Innovation intensity, creativity enhancement, and eco-innovation strategy: The roles of customer demand and environmental regulation. *Business Strategy and the Environment*, 28(2):316-326.
133. Little, R.J.A. 1993. Post-Stratification: A Modeler's Perspective. *Journal of the American Statistical Association*, 88(423):1001-1012.
134. Lorena, A.C., de Carvalho, A.C.P.L.F. i Gama, J.M.P. 2009. A review on the combination of binary classifiers in multiclass problems. *Artificial Intelligence Review*, 30(1):19.
135. Luo, W., Li, Y., Urtasun, R. i Zemel, R. 2016. Understanding the effective receptive field in deep convolutional neural networks. 4905-4913.
136. Maass, W. i Storey, V.C. 2021. Pairing conceptual modeling with machine learning. *Data & Knowledge Engineering*, 134:101909.
137. Maclaurin, W.R. 1950. The process of technological innovation: The launching of a new scientific industry. *The American Economic Review*, 40(1):90-112.
138. Malins, A. 2010. *Presentation*. Washington, DC: National Foreign Trade Council.
139. Mansfield, E. 1984. R&D and innovation: some empirical findings. *R&D, patents, and productivity*: University of Chicago Press.
140. Marinelli, E. i Perianez-Forte, I. 2017. Smart Specialisation at work: The entrepreneurial discovery as a continuous process. *Publications office of the European Union*.

141. McCulloch, W.S. i Pitts, W. 1943. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, 5(4):115-133.
142. Megginson, L.C. 1963. Lessons from Europe for American business. *The Southwestern Social Science Quarterly*, 1(44):3-13.
143. Mention, A.-L. 2011. Co-operation and co-opetition as open innovation practices in the service sector: Which influence on innovation novelty? *Technovation*, 31(1):44-53.
144. Meyer, N. i Meyer, D.F. 2017. An econometric analysis of entrepreneurial activity, economic growth and employment: The case of the BRICS countries.
145. MINGOR. 2014. *Strategija poticanja inovacija Republike Hrvatske 2014. – 2020*. <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/434155.pdf> [pristupljeno: 5.5.2021.].
146. Mitchell, D. i Coles, C. 2003. The ultimate competitive advantage of continuing business model innovation. *Journal of Business Strategy*.
147. Mitchell, T.M. 1997. Machine learning.
148. Mohnen, P., Schim van der Loeff, S., Palm, F. i Raymond, W. 2006. *Persistence of Innovation in Dutch Manufacturing: Is it Spurious?*
149. Monitor-GEM, G.E. 2018. *Global Report 2017/2018*. dostupno na.
150. Monitor, G.E. 2018. *GEM 2018/2019 Global Report*. dostupno na.
151. Mourougane, A., Botev, J., Fournier, J.-M., Pain, N. i Rusticelli, E. 2016. Can an increase in public investment sustainably lift economic growth?
152. Mulgan, G. i Albury, D. 2003. Innovation in the public sector. 1(1):40.
153. MZO. 2020. *Transfer tehnologije*. <https://mzo.gov.hr/print.aspx?id=122&url=print> [pristupljeno: 20.12.2020.].
154. MZOS. 2019. *Projekt "Znanstveno i tehnologijsko predviđanje"*. https://dei.srce.hr/sites/default/files/2019-04/Orel-Srce-DEI-2019_1.pdf [pristupljeno: 8.12.2020.].
155. Nau, R. 2005. What's the bottom line? How to compare models. *Decision 411 Forecasting, class notes*.
156. NBCAS. 2019. *2019 Small Business Failure Rate: Startup Statistics by Industry*. <https://www.national.biz/2019-small-business-failure-rate-startup-statistics-industry/> [pristupljeno: 08.02.2021.].
157. NESTA. 2009. *The Innovation Index: Measuring the UK's investment in innovation and its effects*. London.
158. NIV. 2018. *Odluka o osnivanju Nacionalnog inovacijskog vijeća*. https://inovacijskaplatforma.hr/sites/default/files/2020-02/105%20-%2017%201_0.pdf [pristupljeno: 18.12.2020.].
159. NN. 2003. *Zakon o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju*. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2003_07_123_1742.html [pristupljeno: 21.12.2020.].
160. NN. 2018. *Uredba o smjernicama za izradu akata strateškog planiranja od nacionalnog značaja i od značaja za jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave*. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2018_10_89_1748.html [pristupljeno: 19.11.2020.].

161. Noble, C. 2011. *Clay Christensen's milkshake marketing*. <https://hbswk.hbs.edu/item/clay-christensens-milkshake-marketing> [pristupljeno: 05.02.2021.].
162. NRS2030. 2020. *Nacrt prijedloga Nacionalne razvojna strategija Republike Hrvatske do 2030. godine*. dostupno na.
163. NVK. 2019. *Globalni indeks konkurentnosti - Hrvatska*. <http://konkurentnost.hr/napokon-napredak-hrvatska-skocila-za-5-mjesta-na-ljestvici-konkurentnosti/> [pristupljeno: 17.01.2021.].
164. O'Sullivan, D. i Dooley, L. 2008. *Applying innovation*. Sage publications.
165. Obrenovic, B. i Jalilov, S. 2014. Building a better national innovation system through effective knowledge sharing: A case of Croatia. *International Journal of Management Science and Business Administration*, 1(1):41-51.
166. Obstfeld, M. i Duval, R.J.V., January 2018. Tight monetary policy is not the answer to weak productivity growth. 10:2018.
167. OECD. 2005. *Oslo manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data*. Org. for Economic Cooperation & Development.
168. OECD. 2010. *Economics: Innovation central to boosting growth and jobs*. <https://www.oecd.org/newsroom/economicsinnovationcentraltoboostinggrowthandjobs.htm> [pristupljeno: 26.01.2021.].
169. OECD. 2019. *PISA 2018 Database*. <https://www.oecd.org/pisa/test/> [pristupljeno: 15.12.2020.].
170. Ottenbacher, K.J., Ottenbacher, H.R., Tooth, L. i Ostir, G.V. 2004. A review of two journals found that articles using multivariable logistic regression frequently did not report commonly recommended assumptions. *Journal of Clinical Epidemiology*, 57(11):1147-1152.
171. Pekovic, S., Lojpur, A. i Pejic-Bach, M. 2015. Determinants of innovation intensity in developed and in developing economies: The case of France and Croatia. *International Journal of Innovation Management*, 19(05):1550049.
172. Ploh, M. 2017. Ograničenja i mogućnosti financiranja malih i srednjih poduzeća u Republici Hrvatskoj. *FIP-Financije i pravo*, 5(1):79-106.
173. Porter, M.E. 1997. *Competitive strategy. Measuring business excellence*.
174. Prester, J. 2010. *Menadžment inovacija*. Zagreb: Sinergija.
175. Puška, A. i Beganović, A.I. 2020. Mjerenje konkurentnosti poduzeća iz područja prehrambene industrije u Bosni i Hercegovini. *Oeconomica Jadertina*, 10(1):74-105.
176. Radas, S., Anić, I.-D., Tafro, A. i Wagner, V. 2015. The effects of public support schemes on small and medium enterprises. *Technovation*, 38:15-30.
177. Rai, A., Graham, S.J.H., Doms, M.E. i United States, D.o.C. 2010. *Patent reform: unleashing innovation, promoting economic growth & producing high-paying jobs*. Washington, DC: U.S. Department of Commerce.
178. Raudys, Š. 1998. Evolution and generalization of a single neurone: I. Single-layer perceptron as seven statistical classifiers. *Neural Networks*, 11(2):283-296.

179. Refaeilzadeh, P., Tang, L. i Liu, H. 2016. Cross-Validation. In: Liu, L. i Özsu, M.T. (eds.). *Encyclopedia of Database Systems*. New York, NY: Springer New York.
180. RIO-Horison. 2020. *Total intramural R&D expenditure (GERD) and R&D intensity*. https://rio.jrc.ec.europa.eu/stats/total-intramural-rd-expenditure-gerd-and-rd-intensity?GEO_DESC=Croatia [pristupljeno: 1.12.2020.].
181. RIO-PSF. 2018. *Total Patent Cooperation Treaty (PCT) applications*. https://rio.jrc.ec.europa.eu/stats/total-patent-cooperation-treaty-pct-applications?GEO_DESC=Croatia [pristupljeno: 13.12.2020.].
182. RIO. 2019. *Innovative enterprises as % of total enterprises – by size class and type of innovation*. <https://rio.jrc.ec.europa.eu/stats/innovative-enterprises-total-enterprises-%E2%80%93-size-class-and-type-innovation> [pristupljeno: 1.12.2020.].
183. RIS, European Commission, , , . 2019. *Regional innovation scoreboard 2019*. <https://ec.europa.eu/growth/sites/growth/files/ris2019.pdf>.
184. Robson, S. i Haigh, G. 2008. First findings from the UK Innovation Survey 2007. *Economic & Labour Market Review*, 2(4):47-53.
185. Robson, S. i Kenchatt, M. 2010. First findings from the UK Innovation Survey 2009. *Economic & Labour Market Review*, 4(3):28-35.
186. Rogers, E.M. 2010. *Diffusion of innovations*. Simon and Schuster.
187. Rokach, L. i Maimon, O. 2005. Decision trees. *Data mining and knowledge discovery handbook*: Springer.
188. Romesburg, C. 2004. *Cluster analysis for researchers*. Lulu. com.
189. Rosenberg, N. i Nathan, R. 1982. *Inside the black box: technology and economics*. cambridge university press.
190. Rumsey, D.J. 2016. *Statistics for dummies*. John Wiley & Sons.
191. Russo, M.V. i Fouts, P.A. 1997. A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability. *Academy of management Journal*, 40(3):534-559.
192. S3. 2016. *Strategija pametne specijalizacije republike hrvatske za razdoblje od 2016. do 2020. godine i akcijski plan za provedbu Strategije pametne specijalizacije republike hrvatske za razdoblje od 2016. do 2017. godine*. https://www.obzor2020.hr/userfiles/obzor2020/pdfs/Strategija_pametne_specijalizacije_RH_2016_2020.pdf [pristupljeno: 12.12.].
193. Saberi, S. i Yusuff, R.M. 2012. Neural network application in predicting advanced manufacturing technology implementation performance. *Neural Computing Applications*, 21(6):1191-1204.
194. Sarker, I.H. 2021. Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 2(3):160.
195. Schein, E.H. 1990. *Organizational culture*. American Psychological Association.
196. Schmookler, J. 1954. Invention, innovation, and competition. *Southern Economic Journal*:380-385.
197. Schumpeter, J. 1934. The theory of economic development. An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. *Cambridge: Harvard University Press*.

198. Schwab, K. 2019a. World Economic Forum. The Global Competitiveness Report 2019.4-4.
199. Schwab, K. 2019c. World Economic Forum. The Global Competitiveness Report 2019.174-177.
200. Silva, M.J., Sousa, G., Moreira, J. i Simões, J. 2011. Innovation activities in the service sector: empirical evidence from Portuguese firms. *Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology*, 1(6):1-12.
201. Singer, S., Šarlija, N., Pfeifer, S. i Oberman Peterka, S. 2017. *Što čini Hrvatsku (ne) poduzetničkom zemljom?*
202. Solow, R.M. 1957. Technical change and the aggregate production function. *The review of Economics Statistics*, 39(3):312-320.
203. Southampton, U.o. 2011. *Assumptions for Multiple Regression*. <https://www.restore.ac.uk/srme/www/fac/soc/wie/research-new/srme/modules/mod3/3/index.html> [pristupljeno: 5.2.2021.].
204. Step_Ri. 2008. *Znanstveno-tehnološki park Sveučilišta u Rijeci*. <https://www.step.uniri.hr/> [pristupljeno: 21.12.2020.].
205. Stephan, A., Christopher, B., Nabavi, P. i Hans, L. 2015. *A New Approach to Estimation of the R&D-Innovation-Productivity Relationship*.
206. Stoltzfus, J.C. 2011. Logistic regression: a brief primer. (1553-2712 (Electronic)).
207. Strategija-inovacija 2014a. Strategija poticanja inovacija Republike Hrvatske 2014.-2020. *Narodne novine*, 153(15).
208. Strategija-inovacija. 2014b. *Strategija poticanja inovacija Republike Hrvatske 2014.-2020*. <http://www.europski-fondovi.eu/content/strategija-poticanja-inovacija-republike-hrvatske-2014-2020> [pristupljeno: 1.5.2021].
209. Studeny, Barteles, Rauch, Scheiblich i Vogel 2016. Measuring Innovation and Predicting Firm Performance (Part 2). *28th IBIMA Conference, 9 - 10 November 2016 Seville, Spain*.
210. Szerb, L., Terjesen, S. i Rappai, G. 2007. Seeding new ventures—green thumbs and fertile fields: Individual and environmental drivers of informal investment. *Venture Capital*, 9(4):257-284.
211. Szücs, F. 2018. Research subsidies, industry–university cooperation and innovation. *Research Policy*, 47(7):1256-1266.
212. Švarc, J. i Dabić, M. 2019. The Croatian path from socialism to European membership through the lens of technology transfer policies. *The Journal of Technology Transfer*, 44(5):1476-1504.
213. Tan, L.P. i Wong, K.Y. 2017. A neural network approach for predicting manufacturing performance using knowledge management metrics. *Cybernetics Systems*, 48(4):348-364.
214. Tangella, A. 2018. *Sum of Squares Optimization*.
215. Tassej, G. 2007. *The technology imperative*. Northampton, MA: Edward Elgar Pub.
216. TIV_Izvještaj. 2019. *Izvještaj o radu Tematskih inovacijskih vijeća u 2019. godini*. <https://inovacijskaplatforma.hr/sites/default/files/2020->

02/Izvyje%C5%A1taj%20o%20radu%20Tematskih%20inovacijskih%20vije%C4%87a%20u%202019.%20godini.pdf.

217. Torra, V., Domingo-Ferrer, J., Mateo-Sanz, J.M. i Ng, M. 2006. Regression for ordinal variables without underlying continuous variables. *Information Sciences*, 176(4):465-474.
218. TržišteIdeja. 2020. *Tržište ideja*. <https://inovacijskaplatforma.hr/trziste-ideja> [pristupljeno: 08.12.2020.].
219. UN. 2019. *United Nations Economic and Social Council, 2019*. <https://www.un.org/ecosoc/en/sustainable-development> [pristupljeno: 26.01.2021.].
220. Uremović, K. 2016. Statističke metode grupiranja u analizi podataka.
221. Van Stel, A., Carree, M. i Thurik, R. 2005. The effect of entrepreneurial activity on national economic growth. *Small business economics*, 24(3):311-321.
222. Vuk, M. i Curk, T. 2006. ROC curve, lift chart and calibration plot. *Metodoloski zvezki*, 3(1):89.
223. Wang, T.-Y. i Chien, S.-C. 2006. Forecasting innovation performance via neural networks—a case of Taiwanese manufacturing industry. *Technovation*, 26(5-6):635-643.
224. WEF-GCI. 2020. *Global Competitiveness Report Special Edition 2020: How Countries are Performing on the Road to Recovery*. <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2020> [pristupljeno: 17.1.2021.].
225. WEF. 2021. *World Economic Forum - reports*. <https://www.weforum.org/reports> [pristupljeno: 17.1.2021.].
226. Weinblat, J. 2014. *Prediction of highly lucrative companies using annual statements: A Data Mining based approach*. diplom. de.
227. Wong, P.K., Ho, Y.P. i Autio, E. 2005. Entrepreneurship, innovation and economic growth: Evidence from GEM data. *Small business economics*, 24(3):335-350.
228. Worldbank. 2020. *Research and development expenditure (% of GDP)*. <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?view=chart> [pristupljeno: 1.11.2020.].
229. Xiang, D., Zhao, T. i Zhang, N. 2021. Does public subsidy promote sustainable innovation? The case of Chinese high-tech SMEs. *Environmental Science and Pollution Research*:1-14.
230. Xu, S., Zhao, H.F. i Fan, J.J. 2005. The Analysis of Factors affecting the technical innovation of Chinese Enterprises: A kind of Grey Dynamic Predicting Method.546-552
231. Zeng, S.X., Xie, X.M. i Tam, C.M. 2010. Relationship between cooperation networks and innovation performance of SMEs. *Technovation*, 30(3):181-194.
232. Zhang, G.P. 2004. *Neural networks in business forecasting*. IGI global.

Popis tablica

Tablica 1. - Rezultati za prvih 20 zemalja III indeksa za 2009.....	35
Tablica 2. – Struktura indeksa europske ljestvice u inoviranju.....	36
Tablica 3. - Kontekstualni indikatori EIS-a	38
Tablica 4. - Izvedba EIS za Hrvatsku po indikatorima	46
Tablica 5. - Konkurentske prednosti i nedostaci RH	57
Tablica 6. - Komponente poduzetničkog okruženja.....	98
Tablica 7. - GEM APS izvješće za RH	108
Tablica 8. - TEA za Hrvatsku u razdoblju 2015.-2019.	111
Tablica 9. - EBO za Hrvatsku u razdoblju 2015.-2019.....	112
Tablica 10. - Motivacija pokretanja poduzeća	114
Tablica 11. - EEA za Hrvatsku u razdoblju 2015.-2019.	116
Tablica 12. - Popis dostupnih baza podataka za CIS2014	159
Tablica 13. - Aktivnosti i njihovi nazivi	176
Tablica 14. - Korelacijska matrica PC1 i PC2	196
Tablica 15. - Metrika performansi modela	204
Tablica 16. - Pearsonovi korelacijski koeficijenti za „Model1“	206
Tablica 17. - Parametri i koeficijenti za „Model1_MLR“	207
Tablica 18. - Prvih pet ANN mreža s najboljom izvedbom i pripadajući indikatori	207
Tablica 19. - Analiza osjetljivosti ulaznih varijabli PC1 i PC2	209
Tablica 20. - Analiza značajnosti ulaznih varijabli za modificirani „Model1“.....	210
Tablica 21. - Ponderirane veličine skupova i podataka za „Model1' “	211
Tablica 22. - Izvedba modela „Model1“	215
Tablica 23. - Analiza osjetljivosti ulaznih parametra modificiranog „Modela1“.....	217
Tablica 24. - Analiza osjetljivosti „Modela1'_LR“	218
Tablica 25. - Deskriptivna statistika transformiranih ulaznih varijabli.....	221
Tablica 26. - Ukupni troškovi prije i poslije transformacije	221
Tablica 27. – Izvedba modela „Model2“.....	223
Tablica 28. - Metrika izvedbe modela „Model2“.....	224
Tablica 29. - Analiza osjetljivosti ulaznih parametara za „Model2“	225
Tablica 30. - Korelacijska analiza te struktura ulaznih varijabli.....	227
Tablica 31. - Rezultati modela „Model3“	230

Tablica 32. - Usporedba sredina za sve razine potpora (Kruskal-Wallis).....	232
Tablica 33. - Korelacijska matrica ulaznih varijabli	235
Tablica 34. – Izvedba modela „Model4“ u odnosu na izlaz („inovacije_br“)	236
Tablica 35.- Analiza osjetljivosti „Modela4“	237
Tablica 36. - Korelacijska matrica ulaznih varijabli	240
Tablica 37. - Analiza glavnih komponenti (PCA) - „Model5“	242
Tablica 38. - Izvedba „Modela5“ i koeficijenti povezanosti ulaznih varijabli sa izlazom.....	243
Tablica 39. - Analiza osjetljivosti ulaznih varijabli	244

Popis slika

Slika 1. - GII indeks za prvih 10 zemalja	29
Slika 2. - Odnos GI indeksa i BDP-a	30
Slika 3. - Strukturni prikaz Međunarodnog indeksa inovativnosti.....	33
Slika 4. - Inovativne izvedbe država prema EIS indeksu svrstane u 4 grupe	41
Slika 5. - Regionalni inovacijski indeks	50
Slika 6. - Podjela Hrvatske na regije	51
Slika 7. - Struktura GCI indeksa	54
Slika 8. - GCI Indeks za Hrvatsku 2019.....	58
Slika 9. - Bloomberg indeks inovativnost.	60
Slika 10. - Struktura indeksa digitalne konkurentnosti WDC.....	62
Slika 11. - Struktura DESI indeksa te rezultati za 2020.....	63
Slika 12. - Pregled tipova inovatora	83
Slika 13. - GEM Konceptualni Okvir.....	92
Slika 14. - GEM faze razvoja	93
Slika 15. - Financijski ciklus startup poduzeća	94
Slika 16. - Odnos BDP-a i TEA	97
Slika 17. - Struktura dionika inovacijskog sustava	117
Slika 18. - Glavni pokazatelji izvedbe inovacijske strategije 2014.-2020. za 2020.....	125
Slika 19. - Struktura upravljanja Strategije pametne specijalizacije S3.....	130
Slika 20. - Prioritetna područja strateškog cilja 1	135
Slika 21. - Jednoslojni potpuno povezani perceptron bez povratnih veza	170
Slika 22. - Shematski prikaz strukture slučajne šume	174
Slika 23. - Raspodjela uzorka za tri različite metode	180
Slika 24. - Struktura modela „Model1“ i „Model2“.....	184
Slika 25. - Javna potpora i inovativnost („Model3“)......	186
Slika 26. - Suradnja na inovacijskim aktivnostima - „Model4“.....	187
Slika 27. - Doprinos okolišu i inovativnost - „Model5“	188
Slika 28. - Deskriptivna statistika izlazne varijable "inovacija_br"	190
Slika 29. - Odnos komponenti PC1 i PC2	194

Popis grafikona

Grafikon 1. - Rast svjetskog BDP-a od 2003-2020.....	21
Grafikon 2. - Odnos trendova ECB bilance i odobrenih kredita u privatnom sektoru.....	22
Grafikon 3. - Odnos ETI i GCI	24
Grafikon 4. - Strukturna tablica indikatora GII izvješća 2019. za Republiku Hrvatsku	32
Grafikon 5. - Postotna promjena inovativne izvedbe u ovisnosti o trenutnoj razini	42
Grafikon 6. - Promjena EIS indeksa između 2011. i 2018 po dimenzijama za EU	43
Grafikon 7. - Usporedba inovativne izvedbe EU s globalnim konkurentima	44
Grafikon 8. - EIS indeks za EU članice	45
Grafikon 9. - Izvedba dimenzija EIS inovacijskog indeksa	46
Grafikon 10. - Odnos konkurentnosti (CGI) i dohotka (GNI)	53
Grafikon 11. - Ljestvica indeksa globalne konkurentnosti za istočno europske zemlje.....	56
Grafikon 12. - Broj objavljenih publikacija na osnovu CIS podataka	85
Grafikon 13. - Udio inovativnih (%) poduzeća za zemlje Europske unije.....	86
Grafikon 14. - Promjena udjela inovativnih poduzeća u razdoblju CIS2014 na CIS2016	87
Grafikon 15. - Udio inovativnih poduzeća u RH te podjela po vrstama inovativnosti CIS2016.....	88
Grafikon 16. - Raspodjela udjela inovativnosti prema veličini poduzeća za RH CIS2016	89
Grafikon 17. - Stopa preživljavanja kanadskih poduzeća	95
Grafikon 18. - NECI indeks za 54 zemlje GEM 2020	99
Grafikon 19. - Samoprocjena inovativnog kapaciteta i vizije	103
Grafikon 20. - Očekivanja rasta novozaposlenih kod mladih poduzeća	104
Grafikon 21. - Udio inovativnih poduzeća.....	105
Grafikon 22. - Udio neformalnih investicija po državama.....	106
Grafikon 23. - Poduzetničko okruženje Republike Hrvatske.....	110
Grafikon 24. - Distribucija TEA aktivnosti prema sektorima za RH.....	113
Grafikon 25. - Motivacija pokretanja posla iz nužnosti	115
Grafikon 26. - Odnos TEA, EBO i EEA	116
Grafikon 27. - Kretanje i stope rasta produktivnosti faktora proizvodnje	141
Grafikon 28. - GERD za Hrvatsku i nekoliko EU zemalja	142
Grafikon 29. - Barijere u inoviranju CIS2016.....	144
Grafikon 30. -Struktura ulaznih varijabli - H1	191
Grafikon 31. - "Scree plot" analize glavnih komponenti ulaznih varijabli	193
Grafikon 32. - Faktori opterećenja za prva dva vektora - PC1 i PC2.....	194

Grafikon 33. - Deskriptivna analiza glavnih komponenti PC1 i PC2	196
Grafikon 34. - Klaster analiza ulaznih varijabli	196
Grafikon 35. - Komparativni prikaz rezultata Modela1 (MLR, ANN,RF)	198
Grafikon 36. - Odnos broja aktivnosti i prosječne stupnja inovativnosti.....	200
Grafikon 37. - Neponderirani broj poduzeća ovisno o broju aktivnosti i stupnju.....	201
Grafikon 38. - Odnos glavne komponente „PC1“ te prosječnog stupnja inovativnosti	202
Grafikon 39. - Greške MLR, ANN i FR modela.....	205
Grafikon 40. - Klasifikacijske matrice za estimacijski i validacijski skup Modela1'	213
Grafikon 41. - Performanse Modela1' prikazane ROC krivuljom	216
Grafikon 42. - Prikaz transformiranih ulaznih varijabli putem kvadratnog korijena.....	221
Grafikon 43. - „Scree“ graf s pripadajućim glavnim komponentama.....	222
Grafikon 44. - Izvedba Modela2' prikazana ROC krivuljom	223
Grafikon 45. - Ulazni prostor transformiranih varijabli	228
Grafikon 46. - "Scree" graf i komponente PC vektora	229
Grafikon 47. - Odnos broja javnih potpora i stupnja inovativnosti.....	231
Grafikon 48. - Deskriptivna analiza ulaznih varijabli i struktura dionika suradnje	234
Grafikon 49. - Scree graf s komponentama glavnih vektora.....	235
Grafikon 50. - Deskriptivna analiza ulaza.....	239
Grafikon 51. - Prikaz odnosa ekoloških aktivnosti i stupnja inovativnosti.....	240
Grafikon 52. - Ulaganja u inovacijske aktivnosti.....	251

Popis kratica

ACC – Accuracy
AIC – Akaike Information Criterion
AMT – Advanced Manufacturing Technology
ANFIS – Adaptive Neuro Fuzzy Inference System
ANN – Artificial Neural Networks
ANOVA – ANalysis Of VAriance
APS – Adult Population Survey
AUC – Area Under Curve
BCG – Boston Consulting Group
BDP – Bruto Domaći Proizvod
BERD – Business enterprise expenditure on R&D
BFGS – Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno ili Scaled Conjugate Gradient
BIC – Bayesian information criteria
BII – Bloomberg Innovation Indeks
BRICS – Brazil, Russia, India, China, and South Africa
CART – Classification And Regression Tree
CHAID – Chi–square Automatic Interaction Detector
CIS – Community Innovation Survey (Eurostat)
CIS2014 – CIS istraživanje za period 2012.–2014.
CO₂ – Ugljični dioksid
CRORIS – Croatian Research Information System
CRISP–DM – Cross–Industry Standard Process for Data Mining
DESI – Digital Economy and Society Index
EBO – Established Business Ownership
ECB – European Central Bank
ECOSOC – Economic and Social Council
EDP – Entrepreneurial Discovery Process
EEA – Employee Entrepreneurial Activity
EIS – European Innovation Scoreboard
EMS – European Manufacturing Survey
EIMS – European Innovation Monitoring System
ETI – Energy Transition Index
EU – Europska Unija
EUROSTAT – European Statistical Office
EPUNN – Evolutionary Product–Unit Neural Network
FA – Faktorska Analiza
FED – Federal Reserve
FN – False Negative
FP – False Positive
GCI – Global Competitiveness Index
GEM – Global Entrepreneurship Monitor
GERD – Gross domestic spending on R&D
GII – Global Innovation Indeks
GLM – Generalized Linear Model
GNI – Gross National Income
GINI – Ginijev algoritam/indeks/koeficijent je mjera koju je razvio statističar Corrado Gini
GSEM – Generalized Structural Equation Modeling
H, Z, p, t – statističke jedinice

HR03 – Jadranska Hrvatska
 HR04 – Kontinentalna Hrvatska
 HGK – Hrvatska Gospodarska Komora
 I&R – Istraživanje i Razvoj
 ID3 i C4.5 – Algoritmi stabla odlučivanja kojeg ih je osmislio Ross Quinlan
 ILO – International Labour Organization
 IMD – International institute for Management Development
 ICA – Independent Component Analysis
 ICT – Information and Communication Technology
 IKT – Informacijsko Komunikacijska Tehnologija
 IMF – International Monetary Fund
 INI – Strateški projekta za podršku uspostavi inovacijske mreže za industriju i tematskih inovacijskih platformi
 IRI – Industrial Research & Innovation
 IT – Informacijska Tehnologija
 IVI – Inovacijsko Vijeće za Industriju
 JRC – Joint Research Centre
 LDA – Linearna diskriminantna analiza
 LBS – London Business School
 LR – Logistic Regression
 MAE – Mean Absolute Error
 MAPE – Mean Absolute Percentage Error
 ME – Mean Error
 MLR – Multiple Linear Regression
 MPE – Mean Precentage Error
 MSE – Mean Squared Error
 MSP – Mala i Srednja Poduzeća
 MVA – Manufacturing Value Added
 NAM – National Association of Manufacturers
 NES – National Expert Survey
 NECI – National Entrepreneurship Context Indeks
 NIV – Nacionalno Inovacijsko Vijeće
 NN – Narodne Novine
 NRS2030 – Nacionalna razvojna strategija Republike Hrvatske do 2030. godine
 NUTS – Nomenclature of Territorial Units for Statistics
 NVK – Nacionalno Vijeće za Konkurentnost
 OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development
 PC1, PC2, PC3 – Glavne komponente PCA analize
 PCA – Principal Component Analysis
 PCT – Patent Cooperation Treaty
 PISA – Programme for International Student Assessment
 PKM – Paritet Kupovne Moći
 P-P – Probability-Probability plot
 PTPP – Pod-Tematsko Prioritetno područje
 R² – Koeficijent Determinacije
 R&D – Research and Development
 RF – Random Forest
 RIS – Regional Innovation Scoreboard
 RIO – Research and Innovation Observatory
 RMSE – Root Mean Square Error

ROC – Receiver Operating Characteristic
 S3 – Strategija Pametne Specijalizacije
 SAD – Sjedinjene Američke Države
 SD – Standardna Devijacija
 SEE – Standard Error of the Estimate
 SII – Summary Innovation Indeks
 SME – Small and Medium Enterprises
 SOS – Sum Of Squares
 SVM – Support Vector Machine
 STEM – Science, Technology, Engineering, and Mathematics
 SPRINT – Strategic Programme for Innovation and Technology Transfer
 TIV – Tematska Inovacijska Vijeća
 TEA – Total Entrepreneurial Activity
 TFP – Total Factor Productivity
 TN – True Negative
 TP – True Positive
 TNR – True Negative Rate (specificity)
 TPP – Tematsko Prioritetno područje
 TPR – True Positive Rate (sensitivity)
 UN – Ujedinjeni Narodi
 UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
 UNIDO – United Nations Industrial Development Organization
 UTT – Uredi za Transfer Tehnologija
 WDC – World Digital Competitiveness
 WEF – World Economic Forum
 WIPO – World Intellectual Property Organization
 ZTP – Znanstveno–Tehnološki Park

Prilozi

Prilog 1 - Globalni indeks inovacija za Republiku Hrvatsku

Prilog 2 - Izvješće Europske ljestvice u inoviranju 2019. za Republiku Hrvatsku

Prilog 3 - Izvješće Europske ljestvice u inoviranju 2020. za Republiku Hrvatsku

Prilog 4 - GEM izvješće za Hrvatsku 2019./2020.

Prilog 5 - Globalni Indeks Konkurentnosti za Republiku Hrvatsku (2019.)

Prilog 6 - Popis varijabli i modela iz istraživačkog dijela rada

Prilog 7 - CIS2014 - The Community Innovation Survey 2014 Anketni upitnik

Prilog 1 - Globalni indeks inovacija za Republiku Hrvatsku (GII, 2019:248)

CROATIA

GII 2019 rank

44

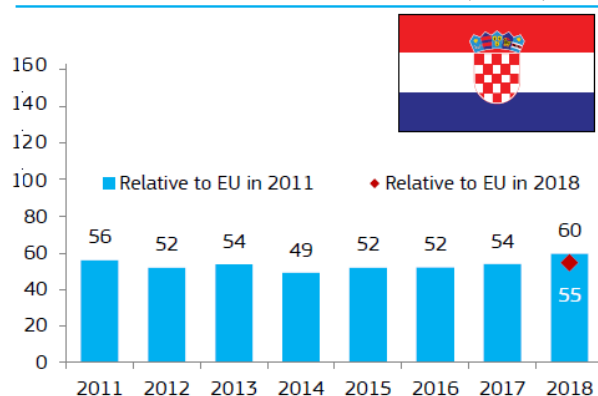
Output rank	Input rank	Income	Region	Population (mn)	GDP, PPP\$	GDP per capita, PPP\$	GII 2018 rank
52	46	High	EUR	4.2	107.4	26,221.4	41
Score/Value Rank				Score/Value Rank			
INSTITUTIONS..... 69.3 45				BUSINESS SOPHISTICATION..... 34.3 49			
1.1	Political environment.....	66.7	42	5.1	Knowledge workers.....	52.3	33
1.1.1	Political and operational stability*.....	78.9	42	5.1.1	Knowledge-intensive employment, %.....	36.3	34
1.1.2	Government effectiveness*.....	60.5	41	5.1.2	Firms offering formal training, % firms.....	49.3	22 ●
1.2	Regulatory environment.....	71.7	46	5.1.3	GERD performed by business, % GDP.....	0.4	40
1.2.1	Regulatory quality.....	53.3	49 ◇	5.1.4	GERD financed by business, %.....	42.9	42
1.2.2	Rule of law*.....	55.2	48 ◇	5.1.5	Females employed w/advanced degrees, %.....	16.8	37
1.2.3	Cost of redundancy dismissal, salary weeks.....	15.1	61	5.2	Innovation linkages.....	18.5	99 ○ ◇
1.3	Business environment.....	69.4	68	5.2.1	University/industry research collaboration*.....	27.7	111 ○ ◇
1.3.1	Ease of starting a business*.....	82.6	95 ○ ◇	5.2.2	State of cluster development.....	30.4	119 ○ ◇
1.3.2	Ease of resolving insolvency*.....	56.2	54	5.2.3	GERD financed by abroad, %.....	10.8	37
HUMAN CAPITAL & RESEARCH..... 35.6 50				5.2.4	JV-strategic alliance deals/bn PPP\$ GDP.....	0.0	46
2.1	Education.....	59.1	28 ●	5.2.5	Patent families 2+ offices/bn PPP\$ GDP.....	0.1	56
2.1.1	Expenditure on education, % GDP.....	4.6	60	5.3	Knowledge absorption.....	32.2	70
2.1.2	Government funding/pupil, secondary, % GDP/cap... n/a	n/a	n/a	5.3.1	Intellectual property payments, % total trade.....	1.1	31
2.1.3	School life expectancy, years.....	15.0	54	5.3.2	High-tech imports, % total trade.....	6.1	91 ○
2.1.4	PISA scales in reading, maths, & science.....	475.4	34	5.3.3	ICT services imports, % total trade.....	1.5	43
2.1.5	Pupil-teacher ratio, secondary.....	6.7	1 ● ◆	5.3.4	FDI net inflows, % GDP.....	2.5	70
2.2	Tertiary education.....	36.4	48	5.3.5	Research talent, % in business enterprise.....	21.3	56 ◇
2.2.1	Tertiary enrolment, % gross.....	67.5	32	KNOWLEDGE & TECHNOLOGY OUTPUTS.....25.6 49			
2.2.2	Graduates in science & engineering, %.....	25.3	28	6.1	Knowledge creation.....	17.9	50
2.2.3	Tertiary inbound mobility, %.....	0.4	98 ○ ◇	6.1.1	Patents by origin/bn PPP\$ GDP.....	1.5	53
2.3	Research & development (R&D).....	11.5	52 ◇	6.1.2	PCT patents by origin/bn PPP\$ GDP.....	0.4	40
2.3.1	Researchers, FTE/mn pop.....	1,865.4	42	6.1.3	Utility models by origin/bn PPP\$ GDP.....	0.5	34
2.3.2	Gross expenditure on R&D, % GDP.....	0.9	41	6.1.4	Scientific & technical articles/bn PPP\$ GDP.....	22.7	19 ●
2.3.3	Global R&D companies, avg. exp. top 3, mn US\$.....	0.0	43 ○ ◇	6.1.5	Citable documents H-index.....	15.9	45
2.3.4	QS university ranking, average score top 3*.....	4.7	68 ◇	6.2	Knowledge impact.....	40.4	46
INFRASTRUCTURE..... 51.6 46				6.2.1	Growth rate of PPP\$ GDP/worker, %.....	1.4	53
3.1	Information & communication technologies(ICTs).....	71.1	57 ◇	6.2.2	New businesses/th pop. 15-64.....	5.0	27 ●
3.1.1	ICT access*.....	75.8	40 ◇	6.2.3	Computer software spending, % GDP.....	0.1	99 ○ ◇
3.1.2	ICT use*.....	63.4	49 ◇	6.2.4	ISO 9001 quality certificates/bn PPP\$ GDP.....	23.3	12 ● ◆
3.1.3	Government's online service*.....	68.1	73 ◇	6.2.5	High- & medium-high-tech manufactures, %.....	0.2	51
3.1.4	E-participation*.....	77.0	57	6.3	Knowledge diffusion.....	18.5	56
3.2	General infrastructure.....	30.7	85 ◇	6.3.1	Intellectual property receipts, % total trade.....	0.2	38
3.2.1	Electricity output, GWh/mn pop.....	3,025.2	63	6.3.2	High-tech net exports, % total trade.....	3.1	42
3.2.2	Logistics performance*.....	48.7	48	6.3.3	ICT services exports, % total trade.....	2.8	36
3.2.3	Gross capital formation, % GDP.....	20.4	90 ○	6.3.4	FDI net outflows, % GDP.....	0.2	88 ○
3.3	Ecological sustainability.....	52.9	19 ●	CREATIVE OUTPUTS..... 31.0 51			
3.3.1	GDP/unit of energy use.....	10.1	48	7.1	Intangible assets.....	40.6	65 ◇
3.3.2	Environmental performance*.....	65.5	37	7.1.1	Trademarks by origin/bn PPP\$ GDP.....	46.8	54
3.3.3	ISO 14001 environmental certificates/bn PPP\$ GDP..	9.5	6 ● ◆	7.1.2	Industrial designs by origin/bn PPP\$ GDP.....	4.9	27 ●
MARKET SOPHISTICATION..... 46.0 71				7.1.3	ICTs & business model creation*.....	57.9	76 ◇
4.1	Credit.....	40.6	53	7.1.4	ICTs & organizational model creation*.....	51.9	72 ◇
4.1.1	Ease of getting credit*.....	55.0	77	7.2	Creative goods & services.....	30.1	31 ●
4.1.2	Domestic credit to private sector, % GDP.....	57.4	58	7.2.1	Cultural & creative services exports, % total trade.....	1.9	7 ● ◆
4.1.3	Microfinance gross loans, % GDP.....	n/a	n/a	7.2.2	National feature films/mn pop. 15-69.....	2.0	64 ◇
4.2	Investment.....	38.3	84	7.2.3	Entertainment & Media market/th pop. 15-69.....	n/a	n/a
4.2.1	Ease of protecting minority investors*.....	66.7	35	7.2.4	Printing & other media, % manufacturing.....	2.7	9 ● ◆
4.2.2	Market capitalization, % GDP.....	39.2	38	7.2.5	Creative goods exports, % total trade.....	0.8	50
4.2.3	Venture capital deals/bn PPP\$ GDP.....	0.0	44	7.3	Online creativity.....	12.6	46
4.3	Trade, competition, & market scale.....	59.2	71	7.3.1	Generic top-level domains (TLDs)/th pop. 15-69.....	14.2	32 ●
4.3.1	Applied tariff rate, weighted avg., %.....	2.0	53	7.3.2	Country-code TLDs/th pop. 15-69.....	9.7	40
4.3.2	Intensity of local competition*.....	57.1	117 ○ ◇	7.3.3	Wikipedia edits/mn pop. 15-69.....	33.2	37
4.3.3	Domestic market scale, bn PPP\$.....	107.4	75	7.3.4	Mobile app creation/bn PPP\$ GDP.....	4.3	53

NOTES: ● Indicates a strength; ○ a weakness; ◆ an income group strength; ◇ an income group weakness; * an index; † a survey question. ○ indicates that the economy's data are older than the base year; see Appendix II for details, including the year of the data, at <http://globalinnovationindex.org>. Square brackets [] indicate that the data minimum coverage (DMC) requirements were not met at the sub-pillar or pillar level.

Prilog 2 - Izvešće Europske ljestvice u inoviranju 2019. za Republiku Hrvatsku (EIS, 2019:53)

Croatia	Relative to EU 2018 in 2018	Performance relative to EU 2011 in 2011	2018
SUMMARY INNOVATION INDEX	54.8	56.1	59.6
Human resources	49.9	57.8	61.0
New doctorate graduates	60.7	92.3	88.1
Population with tertiary education	66.9	60.4	79.9
Lifelong learning	12.2	19.8	12.5
Attractive research systems	33.7	21.1	38.0
International scientific co-publications	63.3	52.8	92.1
Most cited publications	25.5	15.1	27.9
Foreign doctorate students	18.5	9.6	17.7
Innovation-friendly environment	41.3	29.6	65.3
Broadband penetration	44.4	11.1	88.9
Opportunity-driven entrepreneurship	38.0	42.1	49.2
Finance and support	30.3	28.8	33.1
R&D expenditure in the public sector	51.6	42.1	47.7
Venture capital expenditures	12.2	13.1	15.7
Firm investments	93.6	101.1	111.6
R&D expenditure in the business sector	29.6	26.2	33.9
Non-R&D innovation expenditures	140.9	117.6	164.6
Enterprises providing ICT training	105.3	160.0	133.3
Innovators	95.4	80.0	86.6
SMEs product/process innovations	86.8	86.6	84.2
SMEs marketing/organizational innovations	107.9	74.5	92.1
SMEs innovating in-house	92.7	78.8	83.4
Linkages	62.9	92.8	65.3
Innovative SMEs collaborating with others	81.0	107.1	86.5
Public-private co-publications	55.8	86.0	65.5
Private co-funding of public R&D exp.	51.8	85.2	49.7
Intellectual assets	30.0	21.2	29.2
PCT patent applications	18.2	17.3	16.6
Trademark applications	51.7	50.9	57.6
Design applications	20.7	1.0	19.1
Employment impacts	64.6	32.1	67.5
Employment in knowledge-intensive activities	69.4	55.1	75.6
Employment fast-growing enterprises	60.8	15.5	61.5
Sales impacts	35.3	60.7	36.3
Medium and high-tech product exports	54.5	71.0	58.8
Knowledge-intensive services exports	2.7	6.1	2.8
Sales of new-to-market/firm innovations	49.9	111.3	48.4

	HR	EU
Performance and structure of the economy		
GDP per capita (PPS)	17,900	29,500
Average annual GDP growth (%)	2.8	2.2
Employment share manufacturing (NACE C) (%)	16.9	15.5
of which High and medium high-tech (%)	20.3	37.5
Employment share services (NACE G-N) (%)	40.5	41.8
of which Knowledge-intensive services (%)	29.9	35.0
Turnover share SMEs (%)	41.5	37.9
Turnover share large enterprises (%)	39.7	44.4
Foreign-controlled enterprises – share of value added (%)	11.6	12.6
Business and entrepreneurship		
Enterprise births (10+ employees) (%)	1.9	1.5
Total Entrepreneurial Activity (TEA) (%)	9.0	6.7
FDI net inflows (% GDP)	2.5	4.3
Top R&D spending enterprises per 10 million population	0.0	19.6
Buyer sophistication (1 to 7 best)	2.7	3.7
Governance and policy framework		
Ease of starting a business (0 to 100 best)	70.9	76.8
Basic-school entrepren. education and training (1 to 5 best)	1.6	1.9
Govt. procurement of advanced tech products (1 to 7 best)	2.5	3.5
Rule of law (-2.5 to 2.5 best)	0.3	1.2
Demography		
Population size (millions)	4.2	511.3
Average annual population growth (%)	-1.0	0.2
Population density (inhabitants/km2)	74.3	117.5

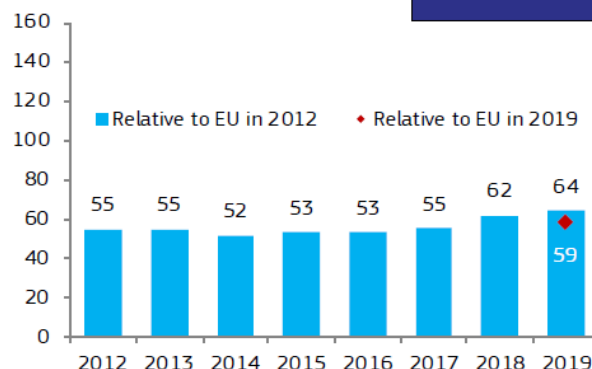


Prilog 3 - Izvješće Europske ljestvice u inoviranju 2020. za Republiku Hrvatsku (EIS, 2020:52)

Croatia	Performance relative to EU		
	Relative to EU 2019 in 2019	2012 in 2012	2019
SUMMARY INNOVATION INDEX	58.8	54.5	64.0
Human resources	57.1	57.5	65.7
New doctorate graduates	62.8	75.8	69.1
Population with tertiary education	79.2	66.9	100.8
Lifelong learning	20.6	24.4	22.2
Attractive research systems	44.0	26.7	50.2
International scientific co-publications	69.3	59.3	101.8
Most cited publications	26.8	19.5	26.8
Foreign doctorate students	47.0	13.2	54.2
Innovation-friendly environment	41.0	22.0	71.4
Broadband penetration	52.2	10.0	120.0
Opportunity-driven entrepreneurship	28.4	30.1	38.7
Finance and support	38.8	43.0	44.8
R&D expenditure in the public sector	58.9	43.2	57.8
Venture capital expenditures	15.9	42.6	23.0
Firm investments	90.8	96.4	117.9
R&D expenditure in the business sector	30.8	24.7	35.2
Non-R&D innovation expenditures	142.2	105.1	199.3
Enterprises providing ICT training	100.0	176.9	138.5
Innovators	96.2	74.6	86.0
SMEs product/process innovations	88.6	82.6	88.3
SMEs marketing/organizational innovations	110.9	71.4	91.1
SMEs innovating in-house	90.1	70.1	78.5
Linkages	65.5	81.8	67.5
Innovative SMEs collaborating with others	106.2	98.6	105.4
Public-private co-publications	87.5	80.4	99.0
Private co-funding of public R&D exp.	32.1	72.7	32.4
Intellectual assets	35.1	30.2	32.8
PCT patent applications	36.5	43.3	33.9
Trademark applications	55.1	42.7	58.6
Design applications	12.8	2.1	10.7
Employment impacts	75.0	49.2	80.9
Employment in knowledge-intensive activities	85.0	66.2	91.9
Employment fast-growing enterprises	66.9	35.6	72.0
Sales impacts	38.5	43.1	38.3
Medium and high-tech product exports	58.4	58.8	64.7
Knowledge-intensive services exports	6.0	4.8	6.2
Sales of new-to-market/firm innovations	52.3	65.9	43.7

The colours show normalised performance in 2019 relative to that of the EU in 2019: dark green: above 125%; light green: between 95% and 125%; yellow: between 50% and 95%; orange: below 50%. Normalised performance uses the data after a possible imputation of missing data and transformation of the data.

	HR	EU
Performance and structure of the economy		
GDP per capita (PPS)	18,600	29,100
Average annual GDP growth (%)	2.79	1.84
Employment share manufacturing (NACE C) (%)	17.2	16.6
of which High and medium high-tech (%)	20.5	37.5
Employment share services (NACE G-N) (%)	41.1	41.4
of which Knowledge-intensive services (%)	30.7	34.3
Turnover share SMEs (%)	42.3	38.3
Turnover share large enterprises (%)	39.1	43.2
Foreign-controlled enterprises – share of value added (%)	11.7	11.1
Business and entrepreneurship		
Enterprise births (10+ employees) (%)	2.2	1.1
Total Entrepreneurial Activity (TEA) (%)	9.7	6.7
FDI net inflows (% GDP)	3.1	2.6
Top R&D spending enterprises per 10 million population	0.0	16.2
Buyer sophistication (1 to 7 best)	2.8	3.7
Governance and policy framework		
Ease of starting a business (0 to 100 best)	73.1	76.5
Basic-school entrepreneurial education and training (1 to 5 best)	1.6	1.9
Govt. procurement of advanced technology products (1 to 7 best)	2.5	3.5
Rule of law (-2.5 to 2.5 best)	0.4	1.1
Demography		
Population size (millions)	4.1	446.2
Average annual population growth (%)	-0.94	0.14
Population density (inhabitants/km ²)	73.9	108.6



ECONOMY PROFILE



Croatia

Population (2019) (WEF)
4.1 million
GDP growth (2018, annual % change) (IMF)
2.6%
GDP per capita (2018; PPP, international \$) (IMF)
26.26 thousand
World Bank Ease of Doing Business Rating (2019)
73.6/100
Rank: 51/190
World Bank Starting a Business Rating (2019)
85.3/100
Rank: 114/190
World Economic Forum Global Competitiveness Rank (2019)
63/141
World Economic Forum Income Group Average (2019)
High

Attitudes and perceptions	% Adults	Rank/50
Know someone who has started a new business	66.2	=7
Good opportunities to start a business in my area	55.7	21
It is easy to start a business	33.8	40
Personally have the skills and knowledge	71.2	10
Fear of failure (opportunity)	50.7	8
Entrepreneurial intentions	20.6	25

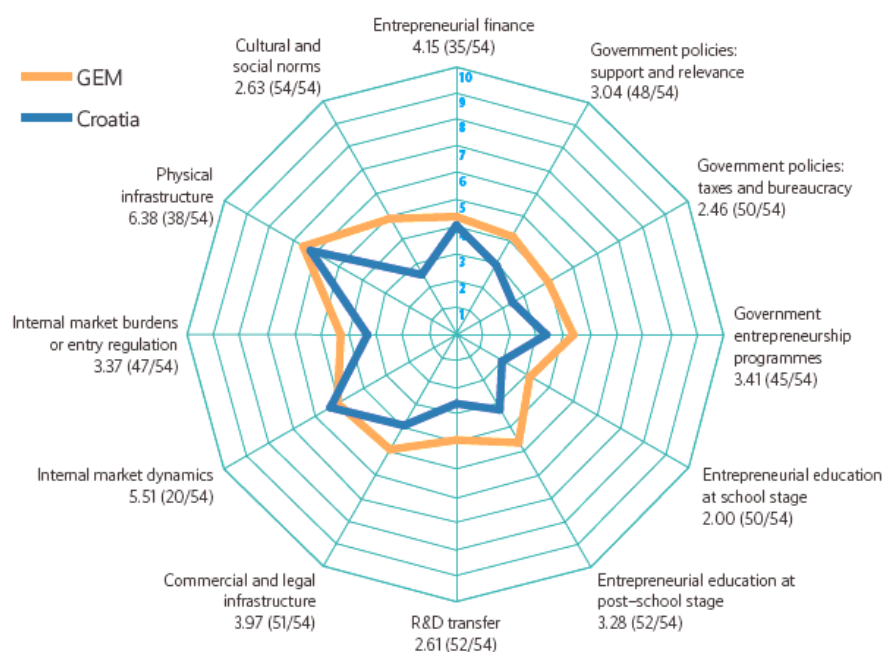
Activity	% Adults	Rank/50	% Female	% Male
Total early-stage Entrepreneurial Activity	10.5	=27	8.0	13.0
Established Business Ownership rate	3.6	43	2.5	4.7
Entrepreneurial Employee Activity	5.9	11	5.4	6.4

Motivational				
(somewhat or strongly agree)				
	% TEA	Rank/50	% Female TEA	% Male TEA
To make a difference	35.1	38	37.1	33.9
Build great wealth	49.1	31	40.3	54.6
Continue family tradition	35.6	20	30.0	39.1
To earn a living	74.0	18	72.8	74.7

Entrepreneurship impact	% Adults	Rank/50
Job expectations (6+)	2.6	=26
International (25%+ revenue)	2.3	=10
National scope (customers and products/process)	2.5	=10
Global scope (customers and products/process)	0.5	=16
Industry (% TEA in business services)	33.1	7

An equals sign (=) indicates that the ranking position is tied with another economy or economies

Expert ratings of the entrepreneurial framework conditions



EFCs scale:
 0 = very inadequate
 insufficient status,
 10 = very adequate
 sufficient status. Rank out
 of 54 recorded in brackets

Prilog 5 - Globalni Indeks Konkurentnosti za Republiku Hrvatsku (2019.)

Economy Profiles

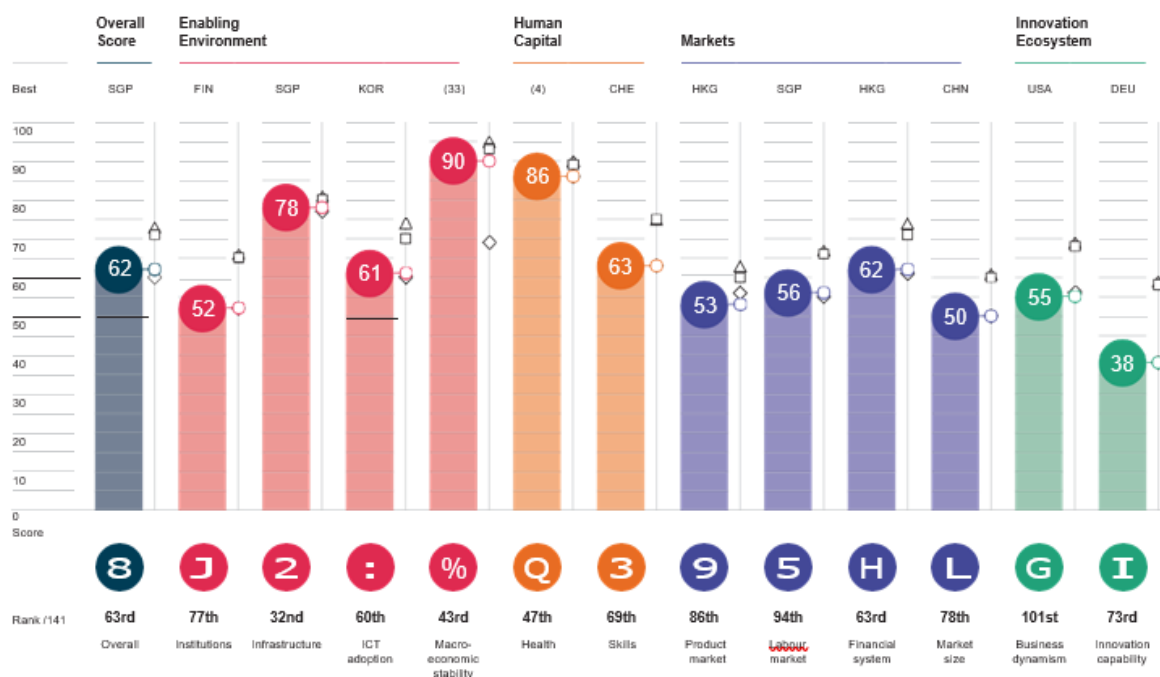
Croatia

63rd / 141

Global Competitiveness Index 4.0 2019 edition

Rank in 2018 edition: 68th / 140

Performance Overview 2019 Key Previous edition High-income group average Europe and North America average



Selected contextual indicators

Population millions	4.1	GDP (PPP) % world GDP	0.08
GDP per capita us\$	14,815.9	5-year average FDI inward flow % GDP	2.9
10-year average annual GDP growth %	0.7		

Social and environmental performance

Renewable energy consumption share %	33.1	Global Gender Gap Index 0-1 (gender parity)	0.7
Unemployment rate %	8.9	Income Gini 0 (perfect equality) -100 (perfect inequality)	31.1

Index Component	Value	Score *	Rank/141	Best Performer
1 1st pillar: Institutions 0–100	-	51.8	77	Finland
Security 0–100	-	78.7	57	Finland
1.01 Organized crime 1–7 (best)	4.7	62.4 ↓	63	Finland
1.02 Homicide rate per 100,000 pop.	1.1	98.0 ↓	35	Multiple (14)
1.03 Terrorism incidence 0 (very high) -100 (no incidence)	100.0	100.0 ⇄	28	Multiple (25)
1.04 Reliability of police services 1–7 (best)	4.3	54.4	73	Finland
Social capital 0–100	-	45.9	107	New Zealand
1.05 Social capital 0–100 (best)	45.9	45.9 ↑	99	New Zealand
Checks and balances 0–100	-	42.0	103	Finland
1.06 Budget transparency 0–100 (best)	57	57.0 ↑	34	Multiple (2)
1.07 Judicial independence 1–7 (best)	2.4	23.0	126	Finland
1.08 Efficiency of legal framework in challenging regulations 1–7 (best)	2.0	16.9 ↓	138	Finland
1.09 Freedom of the press 0–100 (worst)	29.0	71.0 ↑	53	Norway
Public-sector performance 0–100	-	35.8	122	Singapore
1.10 Burden of government regulation 1–7 (best)	1.9	15.8 ↑	139	Singapore
1.11 Efficiency of legal framework in settling disputes 1–7 (best)	1.9	14.6 ↑	140	Singapore
1.12 E-Participation 0–1 (best)	0.77	77.0 ⇄	56	Multiple (3)
Transparency 0–100	-	48.0	54	Denmark
1.13 Incidence of corruption 0–100 (best)	48.0	48.0 ↓	54	Denmark
Property rights 0–100	-	56.8	59	Finland
1.14 Property rights 1–7 (best)	3.8	45.9 ↑	111	Finland
1.15 Intellectual property protection 1–7 (best)	3.8	46.2 ↑	96	Finland
1.16 Quality of land administration 0–30 (best)	23.5	78.3 ↑	28	Multiple (5)
Corporate governance 0–100	-	60.7	70	New Zealand
1.17 Strength of auditing and accounting standards 1–7 (best)	3.9	48.1 ↓	117	Finland
1.18 Conflict of interest regulation 0–10 (best)	5.7	57.0 ⇄	68	Kenya
1.19 Shareholder governance 0–10 (best)	7.7	77.0	12	Kazakhstan
Future orientation of government 0–100	-	46.4	105	Luxembourg
1.20 Government ensuring policy stability 1–7 (best)	2.6	27.1	132	Switzerland
1.21 Government's responsiveness to change 1–7 (best)	2.2	19.9	136	Singapore
1.22 Legal framework's adaptability to digital business models 1–7 (best)	2.7	28.6	120	United States
1.23 Government long-term vision 1–7 (best)	1.9	15.1	137	Singapore
1.24 Energy efficiency regulation 0–100 (best)	64.5	64.5	36	Italy
1.25 Renewable energy regulation 0–100 (best)	56.0	56.0	51	Germany
1.26 Environment-related treaties in force count (out of 29)	26	89.7	17	Multiple (6)
2 2nd pillar: Infrastructure 0–100	-	78.2	32	Singapore
Transport infrastructure 0–100	-	62.1	36	Singapore
2.01 Road connectivity 0–100 (best)	78.6	78.6 ↑	57	Multiple (3)
2.02 Quality of road infrastructure 1–7 (best)	5.6	76.7 ↑	13	Singapore
2.03 Railroad density km/1,000 km[[2	46.6	100.0 ⇄	21	Multiple (24)
2.04 Efficiency of train services 1–7 (best)	2.4	23.9	87	Japan
2.05 Airport connectivity score	62,572.6	55.2 ⇄	56	Multiple (8)
2.06 Efficiency of air transport services 1–7 (best)	4.8	62.6	63	Singapore
2.07 Liner shipping connectivity 0–100 (best)	38.4	38.4 ↑	47	Multiple (5)
2.08 Efficiency of seaport services 1–7 (best)	4.7	61.0 ↑	48	Singapore
Utility infrastructure 0–100	-	94.4	38	Iceland
2.09 Electricity access % of population	100.0	100.0 ⇄	2	Multiple (67)
2.10 Electricity supply quality % of output	9.8	93.9	60	Multiple (10)
2.11 Exposure to unsafe drinking water % of population	4.6	97.4 ↑	40	Multiple (28)
2.12 Reliability of water supply 1–7 (best)	6.2	86.3 ↑	29	Iceland

↑

Index Component	Value	Score *	Rank/141	Best Performer
3rd pillar: ICT adoption 0–100	-	60.7 ↑	60	Korea, Rep.
3.01 Mobile-cellular telephone subscriptions per 100 pop.	105.6	88.0 ↑	90	Multiple (63)
3.02 Mobile-broadband subscriptions per 100 pop.	79.5	N/Appl.	63	United Arab Emirates
3.03 Fixed-broadband Internet subscriptions per 100 pop.	27.0	53.9 ↑	39	Switzerland
3.04 Fibre internet subscriptions per 100 pop.	1.3	N/Appl.	67	Korea, Rep.
3.05 Internet users % of adult population	72.7	72.7 ↓	60	Qatar
% 4th pillar: Macroeconomic stability 0–100	-	90.0 ↑	43	Multiple (33)
4.01 Inflation %	1.3	100.0 ↑	1	Multiple (88)
4.02 Debt dynamics 0–100 (best)	80.0	80.0 ↑	43	Multiple (34)
Q 5th pillar: Health 0–100	-	85.7 ↑	47	Multiple (4)
5.01 Healthy life expectancy years	67.4	85.7 ↑	46	Multiple (4)
3 6th pillar: Skills 0–100	-	63.5 ↑	69	Switzerland
Current workforce 0–100	-	57.3 ↑	71	Switzerland
6.01 Mean years of schooling years	11.2	74.7 =	41	Germany
Skills of current workforce 0–100	-	39.9 ↑	128	Switzerland
6.02 Extent of staff training 1–7 (best)	3.3	37.8 ↑	128	Switzerland
6.03 Quality of vocational training 1–7 (best)	3.5	41.2 ↓	116	Switzerland
6.04 Skillset of graduates 1–7 (best)	3.4	39.2 ↓	126	Switzerland
6.05 Digital skills among active population 1–7 (best)	3.7	45.3 ↑	101	Finland
6.06 Ease of finding skilled employees 1–7 (best)	3.2	35.9 ↓	137	United States
Future workforce 0–100	-	69.7 ↑	70	Denmark
6.07 School life expectancy years	15.0	83.1 =	56	Multiple (11)
Skills of future workforce 0–100	-	56.2 ↑	77	Denmark
6.08 Critical thinking in teaching 1–7 (best)	2.3	21.2 ↓	138	Finland
6.09 Pupil-to-teacher ratio in primary education ratio	13.5	91.2 ↑	37	Multiple (5)
9 7th pillar: Product market 0–100	-	53.2 ↓	86	Hong Kong SAR
Domestic competition 0–100	-	46.0 ↑	108	Hong Kong SAR
7.01 Distortive effect of taxes and subsidies on competition 1–7 (best)	3.4	39.4 ↑	105	Singapore
7.02 Extent of market dominance 1–7 (best)	3.1	34.4 ↑	121	Switzerland
7.03 Competition in services 1–7 (best)	4.9	64.3 ↓	79	Hong Kong SAR
Trade openness 0–100	-	60.3 ↓	57	Singapore
7.04 Prevalence of non-tariff barriers 1–7 (best)	5.0	67.2 ↓	22	Singapore
7.05 Trade tariffs %	1.05	93.0 ↓	6	Hong Kong SAR
7.06 Complexity of tariffs 1–7 (best)	2.9	31.6 ↓	113	Hong Kong SAR
7.07 Border clearance efficiency 1–5 (best)	3.0	49.5 =	40	Germany
5 8th pillar: Labour market 0–100	-	56.0 ↑	94	Singapore
Flexibility 0–100	-	51.5 ↑	117	Singapore
8.01 Redundancy costs weeks of salary	15.1	76.9 ↑	66	Multiple (8)
8.02 Hiring and firing practices 1–7 (best)	2.6	26.4 ↑	136	Hong Kong SAR
8.03 Cooperation in labour-employer relations 1–7 (best)	3.4	39.8 ↑	135	Singapore
8.04 Flexibility of wage determination 1–7 (best)	5.0	67.2 ↑	66	Estonia
8.05 Active labour market policies 1–7 (best)	3.3	38.4 ↑	72	Switzerland
8.06 Workers' rights 0–100 (best)	90.0	90.0 ↑	14	Multiple (2)
8.07 Ease of hiring foreign labour 1–7 (best)	3.0	33.2 ↑	137	Albania
8.08 Internal labour mobility 1–7 (best)	3.4	40.2 ↑	126	United States
Meritocracy and incentivization 0–100	-	60.4 ↓	80	Denmark
8.09 Reliance on professional management 1–7 (best)	3.4	39.6 ↑	127	Finland
8.10 Pay and productivity 1–7 (best)	3.4	39.8 ↑	119	Hong Kong SAR
8.11 Ratio of wage and salaried female workers to male workers %	0.82	78.0 ↓	49	Multiple (4)
8.12 Labour tax rate %	19.4	84.2 =	87	Multiple (24)

Index Component	Value	Score *	Rank/141	Best Performer
H 9th pillar: Financial system 0–100	-	61.9	63	Hong Kong SAR
Depth 0–100	-	42.0	60	United States
9.01 Domestic credit to private sector % GDP	60.7	63.9 ↓	56	Multiple (30)
9.02 Financing of SMEs 1–7 (best)	3.5	41.1 ↑	104	Finland
9.03 Venture capital availability 1–7 (best)	2.6	27.1 ↑	106	United States
9.04 Market capitalization % GDP	39.2	39.2 ↑	50	Multiple (15)
9.05 Insurance premium volume to GDP	2.3	38.7 ↓	51	Multiple (17)
Stability 0–100	-	86.8	78	Finland
9.06 Soundness of banks 1–7 (best)	5.1	69.0 ↑	67	Finland
9.07 Non-performing loans % of gross total loans	11.2	78.4 ↑	113	Multiple (3)
9.08 Credit gap %	-12.3	100.0 =	1	Multiple (98)
9.09 Banks' regulatory capital ratio % of total risk-weighted assets	22.2	100.0 =	18	Multiple (74)
L 10th pillar: Market size 0–100	-	50.0	78	China
10.01 Gross domestic product PPP \$ billions	95	N/Apl.	76	China
10.02 Imports of goods and services % GDP	55.0	N/Apl.	47	Hong Kong SAR
G 11th pillar: Business dynamism 0–100	-	54.6	101	United States
Administrative requirements 0–100	-	71.8	64	United States
11.01 Cost of starting a business % of GNI per capita	6.6	96.7 ↑	69	Multiple (2)
11.02 Time to start a business days	22.5	77.9 ↓	106	New Zealand
11.03 Insolvency recovery rate cents to the dollar	34.8	37.5 ↑	77	Japan
11.04 Insolvency regulatory framework 0–16 (best)	12.0	75.0 =	26	Multiple (6)
Entrepreneurial culture 0–100	-	37.5	134	Israel
11.05 Attitudes towards entrepreneurial risk 1–7 (best)	3.0	33.7 ↑	137	Israel
11.06 Willingness to delegate authority 1–7 (best)	3.6	43.2 ↑	127	Denmark
11.07 Growth of innovative companies 1–7 (best)	3.4	40.0 ↑	126	Israel
11.08 Companies embracing disruptive ideas 1–7 (best)	3.0	33.2 ↑	130	Israel
I 12th pillar: Innovation capability 0–100	-	37.8	73	Germany
Interaction and diversity 0–100	-	30.9	121	Singapore
12.01 Diversity of workforce 1–7 (best)	3.3	38.2 ↓	134	Singapore
12.02 State of cluster development 1–7 (best)	2.8	30.7 ↑	132	Italy
12.03 International co-inventions per million pop.	1.04	21.9 ↓	44	Multiple (5)
12.04 Multi-stakeholder collaboration 1–7 (best)	3.0	32.9 ↑	132	Israel
Research and development 0–100	-	35.7	49	Japan
12.05 Scientific publications score	238.7	81.1 ↑	46	Multiple (9)
12.06 Patent applications per million pop.	4.14	30.1 ↓	45	Multiple (8)
12.07 R&D expenditures % GDP	0.8	28.2 ↓	42	Multiple (7)
12.08 Research institutions prominence 0–100 (best)	0.01	3.3 ↓	64	Multiple (7)
Commercialization 0–100	-	55.6	70	Luxembourg
12.09 Buyer sophistication 1–7 (best)	2.9	31.2 ↑	117	Korea, Rep.
12.10 Trademark applications per million pop.	1,689.99	80.0 ↑	44	Multiple (7)

* Scores are on a 0 to 100 scale, where 100 represents the optimal situation or 'frontier'. Arrows indicate the direction of the change in score from the previous edition, if available.

Note: For detailed methodology, definitions, sources, and periods, visit <http://gcr.weforum.org/>

Prilog 6 - Popis varijabli i modela iz istraživačkog dijela rada

VARIJABLE

Ulazne varijable

Inovacijske aktivnosti (hipoteza H1):

„interni-R&D“ – istraživanje i razvoj poduzeća [„postoji“ / „ne postoji“]
„eksterni-R&D“ – izdvajanje istraživanja i razvoja [„postoji“ / „ne postoji“]
„akvizicija-opreme“ – nabava strojeva, opreme, softvera i zgrada [„postoji“ / „ne postoji“]
„akvizicija-znanja“ – prikupljanje znanja od drugih poduzeća ili organizacija
„osposobljavanje“ – osposobljavanje za inovativne aktivnosti [„postoji“ / „ne postoji“]
„marketing-aktivnosti“ – uvođenje tržišnih inovacija [„postoji“ / „ne postoji“]
„dizajn“ – aktivnosti dizajna [„postoji“ / „ne postoji“]
„ostalo“ – ostale aktivnosti [„postoji“ / „ne postoji“]

„aktivnosti“ – zbroj svih aktivnosti [1,2,3,4,5,6,7,8]

Ulaganja u inovacije (hipoteza H2):

„izdaci-interni-R&D“ – ulaganja u aktivnost „interni-R&D“ [0 - 1]
„izdaci-eksterni-R&D“ – ulaganja u aktivnost „eksterni-R&D“ [0 - 0,5]
„izdaci-akvizicija-opreme“ – ulaganja u aktivnost „akvizicija-opreme“ [0 - 6,7]
„izdaci-akvizicija-znanja“ – ulaganja u aktivnost „akvizicija-znanja“ [0 - 2,9]
„izdaci-ostalo“ – ulaganja u ostale aktivnosti: „marketing“, „dizajn“ i „ostalo“ [0 - 2]

Subvencije inovacijskim aktivnostima (hipoteza H3):

„lokalno“ – subvencioniranje inovacijskih aktivnosti s lokalne razine [„ima“ / „nema“]
„nacionalno“ – subvencioniranje inovacijskih aktivnosti s državne razine [„ima“ / „nema“]
„EU“ – subvencioniranje inovacijskih aktivnosti kroz EU projekte [„ima“ / „nema“]

Suradnja na inovacijskim aktivnostima (hipoteza H4):

„dobavljači“ – dobavljači materijala, opreme, komponenata ili softvera [„da“ / „ne“]
„privatni-klijenti“ – kupci ili klijenti iz privatnog sektora; [„postoji“ / „ne postoji“]
„javni-klijenti“ – kupci ili klijenti iz javnog sektora; [„postoji“ / „ne postoji“]
„konkurenti“ – druga poduzeća i konkurenti sektoru poslovanja poduzeća [„da“ / „ne“]
„konzultanti“ – komercijalni laboratoriji ili konzultanti; [„postoji“ / „ne postoji“]
„sveučilišta“ – institucije visokog obrazovanja i sveučilišta; [„postoji“ / „ne postoji“]
„instituti“ – privatni, javni ili državni istraživački instituti; [„postoji“ / „ne postoji“]
„grupacija“ – druga poduzeća unutar grupacije; [„postoji“ / „ne postoji“]

Ekološke inovacije (hipoteza H5):

Ekološke inovacije unutar poduzeća [„postoji“ / „ne postoji“]:

„ušteta-materijala“ - ušteta potrošnje materijala i/ili vode po jedinici proizvodnje

„ušteta-energije“ - ušteta potrošnje energije i/ili ugljičnog dioksida

„smanjeno-onečišćenje“ - smanjeno onečišćenje zraka, vode, buke ili tla

„zamjena-materijala“ - zamjena materijala s manje opasnim i nečistim supstitutima

„obnovljivi-izvori“ - zamjena fosilnih goriva s obnovljivim izvorima energije

„reciklaža“ - reciklaža vode, materijala ili otpada za vlastitu uporabu ili prodaju (

Ekološke inovacije krajnjih korisnika [„postoji“ / „ne postoji“]:

„ušteta-potrošač“ - ušteta potrošnje energije i/ili ugljičnog dioksida

„onečišćenje-potrošač“ - smanjeno onečišćenje zraka, vode, buke ili tla

„recikliranje-potrošač“ - olakšano recikliranje proizvoda nakon uporabe

„trajnost“ - produženi vijek trajanja, zbog kvalitete i trajnosti proizvoda

Izlazne varijable:

„inovacije_kat“ – binomna varijabla [visoka inovativnost, niska inovativnost]

„inovacije_br“ - brojčana varijabla [1,2,3,4,5,6,7]

„proizvod“ - inovacija proizvoda; [„postoji“ / „ne postoji“]

„usluga“ - inovacija usluge; [„postoji“ / „ne postoji“]

„proces“ - inovacija procesa ; [„postoji“ / „ne postoji“]

„marketing“ - marketinška inovacija; [„postoji“ / „ne postoji“]

„organizacijska“ - organizacijska inovacija; [„postoji“ / „ne postoji“]

„odbačena“ - odbačena inovacija; [„da“/„ne“]

„u-razvoju“ - inovacija u razvoju; [„da“/„ne“]

POPIS MODELA

Hipoteza H1 – aktivnosti

„Model1“ – regresijski model

„Model1_MLR“, – realizacija regresijskog „Modela1“ putem višestruke linearne regresije

„Model1_RF“ – realizacija regresijskog „Modela1“ putem metode slučajnih šuma

„Model1_ANN“ – realizacija regresijskog „Modela1“ putem umjetnih neuronskih mreža

„Model1'“ -klasifikacijski modeli

„Model1'_LR“, –realizacija klasifikacijskog „Modela1'“ putem logističke regresije

„Model1'_RF“ – realizacija klasifikacijskog „Modela1'“ putem metode slučajnih šuma

„Model1'_ANN“ –realizacija klasifikacijskog „Modela1'“ putem umjetnih neuronskih mreža

Hipoteza H2 – ulaganja

„Model2“ – regresijski model

„Model2_MLR“, – realizacija regresijskog „Modela2“ putem višestruke linearne regresije

„Model2_RF“ – realizacija regresijskog „Modela2“ putem metode slučajnih šuma

„Model2_ANN“ – realizacija regresijskog „Modela2“ putem umjetnih neuronskih mreža

„Model2'“ - klasifikacijski model

„Model2'_RF“ – realizacija klasifikacijskog „Modela2'“ putem metode slučajnih šuma

„Model2'_ANN“ –realizacija klasifikacijskog „Modela2'“ putem umjetnih neuronskih mreža

Hipoteza H3 – javna potpora

„Model3“ – regresijski model

„Model3_MLR,, – realizacija regresijskog „Modela3“ putem višestruke linearne regresije

„Model3_RF“ – realizacija regresijskog „Modela3“ putem metode slučajnih šuma

„Model3_ANN“ – realizacija regresijskog „Modela3“ putem umjetnih neuronskih mreža

Hipoteza H4 – suradnja

„Model4“ – regresijski model

„Model4_MLR,, – realizacija regresijskog „Modela4“ putem višestruke linearne regresije

„Model4_RF“ – realizacija regresijskog „Modela4“ putem metode slučajnih šuma

„Model4_ANN“ – realizacija regresijskog „Modela4“ putem umjetnih neuronskih mreža

Hipoteza H5 – ekološke inovacije

„Model5“ – regresijski model

„Model5_MLR,, – realizacija regresijskog „Modela5“ putem višestruke linearne regresije

„Model5_RF“ – realizacija regresijskog „Modela5“ putem metode slučajnih šuma

„Model5_ANN“ – realizacija regresijskog „Modela5“ putem umjetnih neuronskih mreža

The Community Innovation Survey 2014

THE HARMONISED SURVEY QUESTIONNAIRE, 23 July 2014

|

The Community Innovation Survey 2014

Version 13 of 23 July 2014

This survey collects information on your enterprise's **innovations and innovation activities** during the three years 2012 to 2014 inclusive.

An **innovation** is the introduction of a new or significantly improved product, process, organisational method, or marketing method by your enterprise.

An innovation must have characteristics or intended uses that are new or which provide a significant improvement over what was previously used or sold by your enterprise. However, an innovation can fail or take time to prove itself.

An innovation need only be new or significantly improved for your enterprise. It could have been originally developed or used by other enterprises or organisations.

Innovation activities include the acquisition of machinery, equipment, buildings, software, and licenses; engineering and development work, feasibility studies, design, training, R&D and marketing when they are specifically undertaken to develop and/or implement a product or process innovation. This includes also all types of R&D consisting of research and development activities to create new knowledge or solve scientific or technical problems.

Sections 2 to 7 cover product and process innovations. Organisational and marketing innovations are covered in sections 8

1. General information about the enterprise

Name of enterprise _____ *ID*
Address¹ _____ *NUTS*
Postal code _____ Main activity² _____ *NACE*

1.1 In 2014, was your enterprise part of an enterprise group? (A group consists of two or more legally defined enterprises under common ownership. Each enterprise in the group can serve different markets, as with national or regional subsidiaries, or serve different product markets. The head office is also part of an enterprise group.) *GP*

Yes ☐ In which country is the head office of your group located? ³ _____ *HO*
No ☐

If your enterprise is part of an enterprise group: Please answer all further questions about your enterprise only for its own activities in [your country]. Exclude all subsidiaries or parent enterprises.

1.2 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise:

	Yes <i>1</i>	No <i>0</i>	
Merge with or take over another enterprise or a part of another enterprise	☐	☐	<i>ENMRG</i>
Sell, close or contract out some of the tasks or functions of your enterprise	☐	☐	<i>ENOUT</i>

1.3 In which geographic markets did your enterprise sell goods and/or services during the three years 2012 to 2014?

	Yes <i>1</i>	No <i>0</i>	
A. Local / regional within [your country]	☐	☐	<i>MARLOC</i>
B. National (other regions of [your country])	☐	☐	<i>MARNAT</i>
C. Other European Union or associated countries* ⁴	☐	☐	<i>MAREUR</i>
D. All other countries	☐	☐	<i>MAROTH</i>

Which of these geographic areas was your largest market in terms of turnover during the three years 2012 to 2014? (Give corresponding letter) _____ *LARMAR*

*: Include the following European Union (EU) and associated countries: Albania, Austria, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Italy, Ireland, Kosovo, Latvia, Liechtenstein, Lithuania,

¹ NUTS 2 code

² NACE 4 digit code

³ Country code according to ISO standard

⁴ Each NSO needs to remove their own country from the list of European countries.

Luxembourg, FYR Macedonia, Malta, Montenegro, the Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovenia, Slovakia, Switzerland, Turkey, Spain, Sweden and the United Kingdom.

2. Product innovation (good or service)

A product innovation is the market introduction of a **new** or **significantly** improved **good or service** with respect to its capabilities, user friendliness, components or sub-systems.

- Product innovations (new or improved) **must be new to your enterprise**, but they **do not need to be new to your market**.
- Product innovations could have been originally developed by your enterprise or by other enterprises or organisations.

A **good** is usually a tangible object such as a smartphone, furniture, or packaged software, but downloadable software, music and film are also goods. A **service** is usually intangible, such as retailing, insurance, educational courses, air travel, consulting, etc.

2.1 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise introduce:

	Yes 1	No 0	
Goods innovations: New or significantly improved goods (exclude the simple resale of new goods and changes of a solely aesthetic nature)	☐	☐	INPDGD
Service innovations: New or significantly improved services	☐	☐	INPDSV

If no to all options, go to section 3

Otherwise, go to question 2.2

2.2 Who developed these product innovations?

	<i>Tick all that apply</i>			
	Goods innovations		Service innovations	
Your enterprise by itself	☐	INITGD	☐	INITSV
Your enterprise together with other enterprises or organisations*	☐	INTOGD	☐	INTOSV
Your enterprise by adapting or modifying goods or services originally developed by other enterprises or organisations*	☐	INADGD	☐	INADSV
Other enterprises or organisations	☐	INOTHGD	☐	INOTHSV

*: Include independent enterprises plus other parts of your enterprise group (subsidiaries, sister enterprises, head office, etc.).
Organisations include universities, research institutes, non-profits, etc.

2.3 Were any of your product innovations (goods or services) during the three years 2012 to 2014:

		Yes 1	No 0	
New to your market?	Your enterprise introduced a new or significantly improved product onto your market before your competitors (it may have already been available in other markets)	☐	☐	NEWMKT
Only new to your enterprise?	Your enterprise introduced a new or significantly improved product that was already available from your competitors in your market	☐	☐	NEWFRM

Using the definitions above, please give the percent of your total turnover⁵ in 2014 from:

New or significantly improved products introduced during the three years 2012 to 2014 that were new to your market	TURNMAR %
New or significantly improved products introduced during the three years 2012 to 2014 that were only new to your enterprise	TURNIN %
Products that were unchanged or only marginally modified during the three years 2012 to 2014 (include the resale of new products purchased from other enterprises)	TURNUNG %
Total turnover in 2014	1 0 0 %

2.4 To the best of your knowledge, were any of your product innovations during the three years 2012 to 2014:

(Please tick one option in every row)

	Yes 1	No 0	Don't know 2	
A first in [your country]	☐	☐	☐	INPDFC
A first in Europe*	☐	☐	☐	INPDFE
A world first	☐	☐	☐	INPDFW

*: Include the following European Union (EU) and associated countries: Albania, Austria, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Italy, Ireland, Kosovo, Latvia, Liechtenstein, Lithuania, Luxembourg, FYR Macedonia, Malta, Montenegro, the Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovenia, Slovakia, Switzerland, Turkey, Spain, Sweden and the United Kingdom.⁶

**If no world-first innovation, go to Section 3,
Otherwise, go to question 2.5**

2.5 What percent of your total turnover in 2014 was from world first product innovations introduced between 2012 and 2014? (This should be a subset of your new-to-market turnover share in question 2.3 above)

	FWTURN	
0% to less than 1%	☐	1
1% to less than 5%	☐	2
5% to less than 10%	☐	3

⁵ For Credit institutions: Interests receivable and similar income, for insurance services: Gross premiums written

⁶ Each NSO needs to remove their own country from the list of European countries.

10% to less than 25%	☐	4
25% or more	☐	5
Don't know	☐	6

3. Process innovation

A process innovation is the implementation of a **new** or **significantly** improved production process, distribution method, or supporting activity.

- Process innovations **must be new to your enterprise**, but they **do not need to be new to your market**.
- The innovation could have been originally developed by your enterprise or by other enterprises or organisations.
- Exclude purely organisational innovations – these are covered in section 8.

3.1 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise introduce:

	Yes 1	No 0	
New or significantly improved methods of manufacturing for producing goods or services	☐	☐	INSPD
New or significantly improved logistics, delivery or distribution methods for your inputs, goods or services	☐	☐	INPSLG
New or significantly improved supporting activities for your processes, such as maintenance systems or operations for purchasing, accounting, or computing	☐	☐	INPSSU

If no to all options, go to section 4

Otherwise, go to question 3.2

3.2 Who developed these process innovations?

	Tick all that apply	
Your enterprise by itself	☐	INITPS
Your enterprise together with other enterprises or organisations*	☐	INTOPS
Your enterprise by adapting or modifying processes originally developed by other enterprises or organisations*	☐	INADPS
Other enterprises or organisations*	☐	INOTHP

*: Include independent enterprises plus other parts of your enterprise group (subsidiaries, sister enterprises, head office, etc). Organisations include universities, research institutes, non-profits, etc.

3.3 Were any of your process innovations introduced during the three years 2012 to 2014 new to your market?

	INPSNM
Yes	☐ 1
No	☐ 0
Don't know	☐ 2

4. Ongoing or abandoned innovation activities for product or process innovations

Innovation activities include the acquisition of machinery, equipment, buildings, software, and licenses; engineering and development work, feasibility studies, design, training, R&D and marketing when they are specifically undertaken to develop and/or implement a product or process innovation. This includes also all types of R&D consisting of research and development activities to create new knowledge or solve scientific or technical problems. .

4.1 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise have any innovation activities that did not result in a product or process innovation because the activities were:

	Yes 1	No 0	
Abandoned or suspended before completion	☐	☐	INABA
Still ongoing at the end of the 2014	☐	☐	INONG

If no to all options in questions 2.1, 3.1 and 4.1 go to section 8

Otherwise, go to section 5

5. Activities and expenditures for product and process innovations

5.1 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise engage in the following innovation activities:

		Yes 1	No 0	
In-house R&D	Research and development activities undertaken by your enterprise to create new knowledge or to solve scientific or technical problems (include software development in-house that meets this requirement) If yes, did your enterprise perform R&D during the three years 2012 to 2014: Continuously (your enterprise had permanent R&D staff in-house) ☐ 1 Occasionally (as needed only) ☐ 2	☐	☐	RRDIN RDENG
External R&D	Your enterprise contracted-out R&D to other enterprises (include enterprises in your own group) or to public or private research organisations	☐	☐	RRDEX
Acquisition of machinery, equipment, software & buildings	Acquisition of advanced machinery, equipment, software and buildings to be used for new or significantly improved products or processes	☐	☐	RMAC
Acquisition of existing knowledge from other enterprises or organisations	Acquisition of existing know-how, copyrighted works, patented and non-patented inventions, etc. from other enterprises or organisations for the development of new or significantly improved products and processes	☐	☐	ROEK
Training for innovative activities	In-house or contracted out training for your personnel specifically for the development and/or introduction of new or significantly improved products and processes	☐	☐	RTR
Market introduction of innovations	In-house or contracted out activities for the market introduction of your new or significantly improved goods or services, including market research and launch advertising	☐	☐	RMAR
Design	In-house or contracted out activities to alter the shape, appearance or usability of goods or services	☐	☐	RDSG

Other

Other in-house or contracted out activities to implement new or significantly improved products and processes such as feasibility studies, testing, tooling up, industrial engineering, etc.

☐ ☐ RPRE

5.2 How much did your enterprise spend on each of the following innovation activities in **2014** only?

Innovation activities are defined in question 5.1 above. Include current expenditures (including labour costs, contracted-out activities, and other related costs) as well as capital expenditures on buildings and equipment.⁷

Please fill in '0' if your enterprise had no expenditures for an activity in 2014

Please estimate if you lack precise accounting data

In-house R&D (Include current expenditures including labour costs and capital expenditures on buildings and equipment specifically for R&D)

--	--	--	--	--	--	--	--

RRDINX

External R&D

--	--	--	--	--	--	--	--

RRDEXX

Acquisition of machinery, equipment, software & buildings
(Exclude expenditures on these items that are for R&D)

--	--	--	--	--	--	--	--

RMACX

Acquisition of existing knowledge from other enterprises or organisations

--	--	--	--	--	--	--	--

ROEKX

All other innovation activities including design, training, marketing, and other relevant activities

--	--	--	--	--	--	--	--

ROTRX

Total of the above innovation activities

--	--	--	--	--	--	--	--

RALLX

6. Public financial support for innovation activities

6.1 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise receive any public financial support for innovation activities from the following levels of government?

Include financial support via tax credits or deductions, grants, subsidised loans, and loan guarantees. Exclude R&D and other innovation activities conducted entirely for the public sector* under contract.

	Yes	No	
	1	0	
Local or regional authorities	☐	☐	FUNLOC
Central government (including central government agencies or ministries)	☐	☐	FUNGMT
The European Union (EU)	☐	☐	FUNEU
If yes, did your enterprise participate in the EU 7 th Framework Programme for Research and Technical Development or in the Horizon 2020 Programme for Research and Innovation?	☐	☐	FUNRTD

*The public sector includes government owned organisations such as local, regional and national administrations and agencies, schools, hospitals, and government providers of services such as security, transport, housing, energy, etc.

⁷ Give expenditure data in 000's of national currency units to eight digits.

7. Co-operation for product and process innovation activities

7.1 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise co-operate on any of your innovation activities with other enterprises or organisations? Innovation co-operation is active participation with other enterprises or organisations on innovation activities. Both partners do not need to commercially benefit. Exclude pure contracting out of work with no active co-operation.

No ☐ (Go to section 8) CO
 Yes ☐ (Go to question 7.2)

7.2 Please indicate the type of innovation co-operation partner by location

(Tick all that apply)

Type of co-operation partner	[Your country]	Other Europe**	United States	China or India	All other countries
A. Other enterprises within your enterprise group	☐ Co11	☐ Co12	☐ Co13	☐ Co14	☐ Co15
B. Suppliers of equipment, materials, components, or software	☐ Co21	☐ Co22	☐ Co23	☐ Co24	☐ Co25
C. Clients or customers from the private sector	☐ Co311	☐ Co312	☐ Co313	☐ Co314	☐ Co315
D. Clients or customers from the public sector*	☐ Co321	☐ Co322	☐ Co323	☐ Co324	☐ Co325
E. Competitors or other enterprises in your sector	☐ Co41	☐ Co42	☐ Co43	☐ Co44	☐ Co45
F. Consultants or commercial labs	☐ Co51	☐ Co52	☐ Co53	☐ Co54	☐ Co55
G. Universities or other higher education institutes	☐ Co61	☐ Co62	☐ Co63	☐ Co64	☐ Co65
H. Government, public or private research institutes	☐ Co71	☐ Co72	☐ Co73	☐ Co74	☐ Co75

7.3 Which type of co-operation partner was the most valuable for your enterprise's innovation activities? (Give corresponding letter) _____ PMOS

*The public sector includes government owned organisations such as local, regional and national administrations and agencies, schools, hospitals, and government providers of services such as security, transport, housing, energy, etc.

** Include the following European Union (EU) and associated countries: Albania, Austria, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Italy, Ireland, Kosovo, Latvia, Liechtenstein, Lithuania, Luxembourg, FYR Macedonia, Malta, Montenegro, the Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovenia, Slovakia, Switzerland, Turkey, Spain, Sweden and the United Kingdom.

8. Organisational Innovation

An organisational innovation is a new organisational method in your enterprise's business practices (including knowledge management), workplace organisation or external relations that has not been previously used by your enterprise.

- It must be the result of strategic decisions taken by management.
- Exclude mergers or acquisitions, even if for the first time.

8.1 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise introduce:

	Yes 1	No 0	
New business practices for organising procedures (i.e. first time use of supply chain management, business re-engineering, knowledge management, lean production, quality management, etc.)	☐	☐	ORGBUP
New methods of organising work responsibilities and decision making (i.e. first time use of a new system of employee responsibilities, team work, decentralisation, integration or de-integration of departments, education/training systems, etc.)	☐	☐	ORGWKP

New methods of **organising external relations** with other enterprises or public organisations (i.e. first time use of alliances, partnerships, outsourcing or sub-contracting, etc.)

☐ ☐ ORGEXR

9. Marketing innovation

A marketing innovation is the implementation of a new marketing concept or strategy that differs significantly from your enterprise's existing marketing methods and which has not been used before.

- It requires significant changes in product design or packaging, product placement, product promotion or pricing.
- Exclude seasonal, regular and other routine changes in marketing methods.

9.1 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise introduce:

	Yes 1	No 0	
Significant changes to the aesthetic design or packaging of a good or service (<i>exclude changes that alter the product's functional or user characteristics – these are product innovations</i>)	☐	☐	MKTDGP
New media or techniques for product promotion (<i>i.e. first time use of a new advertising media, a new brand image, introduction of loyalty cards, etc.</i>)	☐	☐	MKTPDP
New methods for product placement or sales channels (<i>i.e. first time use of franchising or distribution licenses, direct selling, exclusive retailing, new concepts for product presentation, etc.</i>)	☐	☐	MKTPDL
New methods of pricing goods or services (<i>i.e. first time use of variable pricing by demand, discount systems, etc.</i>)	☐	☐	MKTPRI

10. Public sector contracts and innovation

10.1 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise have any contracts to provide goods or services for:

	Yes 1	No 0	
Domestic public sector organisations*	☐	☐	PUBDOM
Foreign public sector organisations*	☐	☐	PUBFOR

*The public sector includes government owned organisations such as local, regional and national administrations and agencies, schools, hospitals, and government providers of services such as security, transport, housing, energy, etc.

If no to both options, go to section 11

Otherwise go to question 10.2

10.2 Did your enterprise undertake any innovation activities as part of a contract to provide goods or services to a public sector organisation? (*Include activities for product, process, organisational and marketing innovations*)

No	☐	(Go to section 11)	0	PBINN
Yes	☐		1	

If yes, did one or more of your public sector contracts:

(If your enterprise had several contracts, tick all that apply)

Specifically require innovation as part of the contract	☐	<i>PBINCT</i>
Not require innovation as part of the contract	☐	<i>PBNOCT</i>

11. Intellectual property rights and licensing

11.1 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise:

	Yes 1	No 0	
Apply for a patent	☐	☐	<i>PROPAT</i>
Apply for a European utility model	☐	☐	<i>PROEUM</i>
Register an industrial design right	☐	☐	<i>PRODSG</i>
Register a trademark	☐	☐	<i>PROTM</i>

11.2 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise:

	Yes 1	No 0	
License out or sell a patent, industrial design right, copyright or trademark to another enterprise, university or research institute	☐	☐	<i>PROLEX</i>
License in* or buy a patent, industrial design right, copyright or trademark owned by another enterprise, university or research institute	☐	☐	<i>PROLIN</i>

*Exclude the acquisition of licenses for common software for desktop and laptop computers such as operating systems, word processing, spreadsheets, etc.)

Only answer section 12 if your enterprise did not introduce an innovation and did not have ongoing/abandoned innovation activities during the three years 2012 to 2014 ('no' to all options in questions 2.1, 3.1, 4.1, 8.1 and 9.1). Otherwise go to section 13.

12. Non-innovators

12.1 Which of the following best describes why your enterprise had no innovation activities during the three years from 2012 to 2014:

Tick one only

- No compelling reason to innovate ☐ **Go to 12.2** HCOMPR
- Considered innovating, but barriers to innovation too large ☐ **Go to 12.3** HBARIN

12.2 How important were the following reasons for your enterprise not to conduct innovation activities during 2012 to 2014?

	Degree of importance				
	High	Medium	Low	Not important	
	3	2	1	0	
Low demand for innovations in your market	☐	☐	☐	☐	HLDEM
No need to innovate due to previous innovations	☐	☐	☐	☐	HPRIOR
No need to innovate due to very little competition in your enterprise's market	☐	☐	☐	☐	HCOMPL
Lack of good ideas for innovations	☐	☐	☐	☐	HIDIN

Go to question 13.4

12.3 How important to your enterprise were the following barriers to innovation during 2012 to 2014?

	Degree of importance				
	High	Medium	Low	Not important	
	3	2	1	0	
Lack of internal finance for innovation	☐	☐	☐	☐	HFENT
Lack of credit or private equity	☐	☐	☐	☐	HCRE
Lack of skilled employees within your enterprise	☐	☐	☐	☐	HPER
Difficulties in obtaining government grants or subsidies for innovation	☐	☐	☐	☐	HSUBS
Lack of collaboration partners	☐	☐	☐	☐	HPAR
Uncertain market demand for your ideas for innovations	☐	☐	☐	☐	HDEM
Too much competition in your market	☐	☐	☐	☐	HCOMPH

Go to question 13.4

13. Innovations with environmental benefits

An innovation with environmental benefits is a new or significantly improved product (good or service), process, organisational method or marketing method that creates environmental benefits compared to alternatives.

- The environmental benefits can be the primary objective of the innovation or a by-product of other objectives.
- The environmental benefits of an innovation can occur during the production of a good or service, or during its consumption or use by the end user of a product. The end user can be an individual, another enterprise, the Government, etc.

13.1 During the three years 2012 to 2014, did your enterprise introduce a product (good or service), process, organisational or marketing innovation with any of the following environmental benefits?

	Yes 1	No 0	
<i>Environmental benefits obtained <u>within your enterprise</u></i>			
Reduced material or water use per unit of output	☐	☐	ECOMAT
Reduced energy use or CO ₂ 'footprint' (reduce total CO ₂ production)	☐	☐	ECOENO
Reduced air, water, noise or soil pollution	☐	☐	ECOPOL
Replaced a share of materials with less polluting or hazardous substitutes	☐	☐	ECOSUB
Replaced a share of fossil energy with renewable energy sources	☐	☐	ECOREP
Recycled waste, water, or materials for own use or sale	☐	☐	ECOREC

Environmental benefits obtained during the consumption or use of a good or service by the end user

Reduced energy use or CO ₂ 'footprint'	☐	☐	ECOENU
Reduced air, water, noise or soil pollution	☐	☐	ECOPOS
Facilitated recycling of product after use	☐	☐	ECOREA
Extended product life through longer-lasting, more durable products	☐	☐	ECOEXT

**If no to all options, go to question 13.4
Otherwise go to question 13.2**

13.2 Were any of these environmental benefits due to the following types of your enterprise's innovations?

	Yes 1	No 0	
Product (goods or services) innovations	☐	☐	ECOPRD

Process innovations	☐	☐	ECOPRC
Organisational innovations	☐	☐	ECORG
Marketing innovations	☐	☐	ECOMKT

13.3 During 2012 to 2014, how important were the following factors in driving your enterprise's decisions to introduce innovations with environmental benefits?

	Degree of importance				
	High	Medium	Low	Not relevant	
	3	2	1	0	
Existing environmental regulations	☐	☐	☐	☐	ENEREG
Existing environmental taxes, charges or fees	☐	☐	☐	☐	ENETX
Environmental regulations or taxes expected in the future	☐	☐	☐	☐	ENREGF
Government grants, subsidies or other financial incentives for environmental innovations	☐	☐	☐	☐	ENGRA
Current or expected market demand for environmental innovations	☐	☐	☐	☐	ENDEM
Improving your enterprise's reputation	☐	☐	☐	☐	ENREP
Voluntary actions or initiatives for environmental good practice within your sector	☐	☐	☐	☐	ENAGR
High cost of energy, water or materials	☐	☐	☐	☐	ENCOST
Need to meet requirements for public procurement contracts	☐	☐	☐	☐	ENREQU

13.4 Does your enterprise have procedures in place to regularly identify and reduce your enterprise's environmental impacts? (For example preparing environmental audits, setting environmental performance goals, ISO 14001 certification, ISO 50001 certification, etc).

No	☐ (Go to section 14)	0	ENVID
Yes	☐	1	

If your enterprise had any procedures in place, when were they implemented?

(Tick all that apply)

- Some procedures were implemented before 2012 ☐ ENVBF
- Some procedures were implemented or significantly changed between 2012 and 2014 ☐ ENVBT

14. Basic economic information on your enterprise

14.1 What was your enterprise's total turnover for 2012 and 2014?⁸ Turnover is defined as the market sales of goods and services (Include all taxes except VAT⁹)

2012 TURN12	2014 TURN14
--	--

14.2 What was the percent of your total turnover from sales to clients outside your country?

Please insert '0' if your enterprise had no sales outside your country

2012 %	2014 %
SLO12	SLO14

14.3 14.3 What was your enterprise's average number of employees in 2012 and 2014?¹⁰

2012 EMP12	2014 EMP14
---	---

14.4 Approximately what percent of your enterprise's employees in 2014 had a tertiary degree?¹¹

	EMPUD	
0%	☐	0
1% to less than 5%	☐	1
5% to less than 10%	☐	2
10% to less than 25%	☐	3
25% to less than 50%	☐	4
50% to less than 75%	☐	5
75% or more	☐	6

⁸ Give turnover in '000 of national currency units. *Leave space for up to nine digits.*

⁹ For Credit institutions: Interests receivable and similar income; for Insurance services give gross premiums written.

¹⁰ If administrative data are used and the annual average is not available, give results for the end of each year. Leave space for up to six digits for question 14.3.

¹¹ ISCED 2011 levels 5 to 8