

YEARS OF  
THE CROATIAN  
NATIONAL  
BANK



HNB

# Procjena spremnosti hrvatskih poduzeća na uvođenje tehnologija I4.0

Assessment of Readiness of Croatian Companies to Introduce I4.0 Technologies

(Istraživanja I-62)

Lider konferencija I4.0

21. svibanj 2021.

Rajka Hrbić, univ. spec.

mr. sc. Tomislav Grebenar

# Sadržaj istraživanja

## 1. Uvod

## 2. Utjecaj industrije 4.0 na poslovanje poduzeća

- 2.1. Pojam i primjena industrije 4.0
- 2.2. Prethodna istraživanja i pregled literature

## 3. Prepoznavanje potencijala za I4.0 s pomoću strojnog učenja

- 3.1. Podaci
- 3.2. Hipoteza i pretpostavke
- 3.3. Model za procjenu potencijala primjene I4.0
  - 3.3.1. Procjena modela strojnim učenjem

## 4. Analiza rezultata

- 4.1. Analiza potencijala I4.0 na cijelom skupu (neprobabilistički uzorak)
- 4.2. Poslovne performanse i rizičnost I4.0 poduzeća

## 5. Zaključak i implikacije rezultata za ekonomsku politiku



Istraživanja I-62

### Procjena spremnosti hrvatskih poduzeća na uvođenje tehnologija I4.0

Rajka Hrbić, Tomislav Grebenar

Zagreb, ožujak 2021.

# Sažetak istraživanja

## TEMA RADA

- **procjena mogućnosti i spremnosti hrvatskih poduzeća** za jačanje tehnološko-inovativnog potencijala
- analiza prednosti, ograničenja i rizika koje donosi značajan tehnološki skok

## ANALIZA

- **7147 hrvatskih poslovnih subjekata** iz 5 djelatnosti
- polazna točka istraživanja:
  - prepoznavanje poduzeća koja potencijalno rabe tehnologiju I4.0 na temelju sličnosti njihovih pokazatelja s pokazateljima **58 poduzeća** iz uzorka nedvojbeno identificiranih korisnika i proizvođača tehnologije I4.0
- razvijen i upotrijebljen model strojnog učenja s pomoću algoritma eXtreme Gradient Boosting
- Identificirano **141 poduzeće s potencijalom za I4.0**
  - **1,97%** analiziranih subjekata
  - **27%** aktive analiziranog uzorka
  - **26%** poslovnih prihoda analiziranog uzorka

# 1. Uvod

- **Tehnologija koju I4.0 pruža jedna je od najvećih mogućnosti za razvoj** gospodarstva danas
- **istraživanje procjenjuje spremnost hrvatskih poduzeća** za jačanje tehnološko-inovativnog potencijala
- analizira ključne pokazatelje poslovanja i rizičnost I4.0 poduzeća u Hrvatskoj te ih uspoređuje s “tradicionalnim” poduzećima iz istih ili sličnih djelatnosti
- **I4.0 utječe na razvoj poduzeća, financijski sektor pa time i ukupno gospodarstvo**
  - Ulaganja u nove tehnologije pozitivno utječu na rast BDP-a putem povećanih investicija i produktivnosti (konkurentnosti)
  - Ulaganje u tehnologiju zahtijeva velika financijska sredstva, što dovodi do rasta potražnje za kreditima
- **srž I4.0: umjetna inteligencija**, odnosno primjena strojnog učenja - posebno tzv. dubokog učenja - algoritma za prepoznavanje stanja sustava i autonomno odlučivanje s ciljem optimizacije procesa
  - Riječ je o sofisticiranim uređajima koji rabe umjetnu inteligenciju i tehnologijama koje skraćuju istraživačko-razvojne projekte u dizajnu (CAD), razvoju prototipova, simulacijama i upravljanju procesima u proizvodnji ili komunikaciji
- u istraživanju se **primjenjuje** upravo **model dubokog učenja** kakvim se koriste napredni sustavi tehnologije I4.0
- analizom dosadašnjih istraživanja i pregledom literature ustanovljeno je da **postoji potreba za ovakvim istraživanjem**

## 2. Utjecaj industrije 4.0 na poslovanje poduzeća

### 2.1. Pojam i primjena industrije 4.0

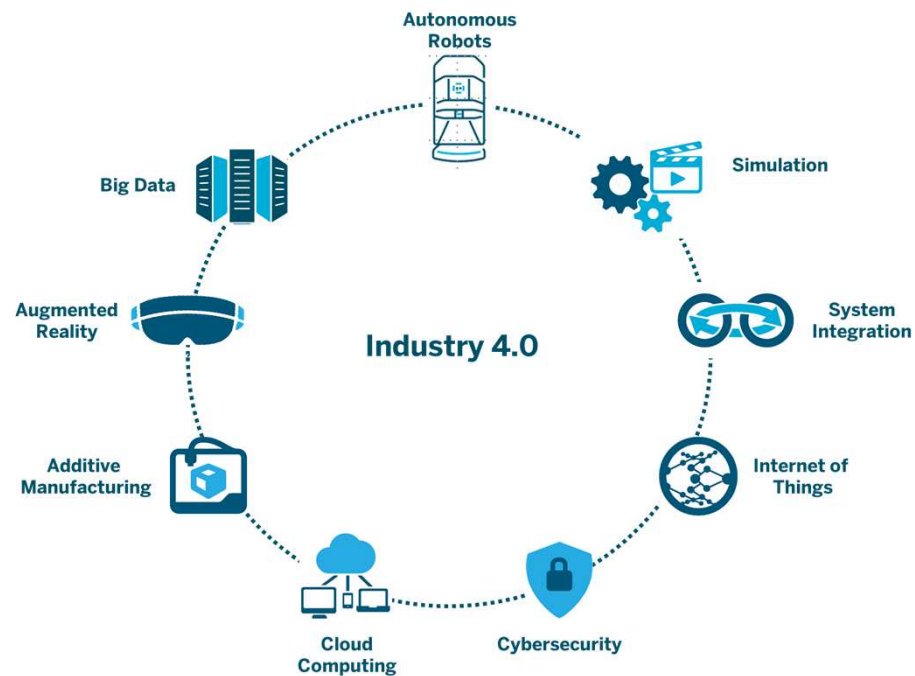
Industrija 4.0 ili kraće I4.0, odnosno I4 zasniva se na automatiziranoj tehnologiji umreženoj putem senzora i komunikacijskih elemenata (Blunck i Werthmann, 2017.)

- povezuje realan i virtualan svijet u obliku tzv. cyber-physical sustava, kao što su npr. autonomni roboti
- za razliku od tradicionalnih proizvodnih sustava s centraliziranom kontrolom koja svaki pojedinačni stroj smatra neovisnom jedinicom, tzv. tvornica 4.0 povezuje strojeve u svojevrsnu zajednicu koja je u uzajamnom djelovanju i suradnji, autonomno i “inteligentno”
- omogućuje kontinuiranu obradu velikih podataka (engl. big data) radi odlučivanja utemeljenog na svim dostupnim informacijama u svakom trenutku

## 2. Utjecaj industrije 4.0 na poslovanje poduzeća

U ovom istraživanju poduzeća koja se koriste pojedinim elementima I4.0 ili planiraju preinaku načina poslovanja prema konceptu I4.0 identificirana su na temelju sljedećih tehnologija (BCG – Boston Consulting Group):

1. veliki podaci i analize
2. autonomni roboti
3. simulacije
4. horizontalne i vertikalne integracije
5. industrijski internet stvari
6. kibersigurnost
7. oblak
8. trodimenzionalni ispis
9. proširena stvarnost.



## 2. Utjecaj industrije 4.0 na poslovanje poduzeća

### 2.2. Prethodna istraživanja i pregled literature

PwC (2014.)

- prikazuje kako industrijska poduzeća mogu ostvariti nove prilike za gospodarski razvoj upotrebljavajući I4, ali govori i o mogućim izazovima
- istraživanje je provedeno na pet ključnih industrijskih sektora iz baze 235 njemačkih industrijskih poduzeća

Cerved (2017.)

- analizira plan talijanske vlade za I4.0 radi stimuliranja inovacija, investicija te istraživanja i razvoja
- primijenjena je metoda klasteriranja

Acemoglu i Restrepo (2017.)

- istražuje utjecaj robota i računalne tehnologije na budućnost tržišta rada u SAD-u

Frey i Osborne (2013.)

- istraživanje o budućnosti zaposlenosti



## 2. Utjecaj industrije 4.0 na poslovanje poduzeća

Veža et. al. (2018.)

- Prema provedenom je istraživanju industrijska zrelost hrvatskih poduzeća na vrlo niskoj razini (tek neznatno višoj od razine druge industrijske revolucije)
- Iskazana je i temeljna slabost, a to je nedovoljno praćenje tehnike zbog niske razine usavršavanja zaposlenika iz uzorka anketiranih poduzeća (rijetko više od pet dana godišnje)

Roland Berger (prema Veža et. al., 2018.)

- Hrvatska ima vrlo nizak indeks spremnosti za I4.0 te spada u tzv. “oklijevajuću” skupinu (engl. hesitators), zajedno s Bugarskom, Poljskom, Portugalom, Estonijom, Španjolskom i Italijom

Studija McKinseya (Novak et al., 2018.)

- spominje digitalizaciju kao novi zamašnjak u razvoju zemalja Srednje i Istočne Europe (CEE), koje nazivaju tzv. digitalnim izazivačima (engl. digital challengers). CEE jest jedno od najatraktivnijih mjesta za investiranje na globalnoj razini, što pruža priliku koju Hrvatska treba iskoristiti kako bi se smanjio jaz prema razvijenim zemljama zapadne Europe
- Regiju CEE nazivaju “živim digitalnim ekosustavom u nastajanju” i procjenjuju da bi digitalizacija mogla biti pokretač regije

### 3. Prepoznavanje potencijala za I4.0 s pomoću strojnog učenja

- Prvi je izazov prepoznavanje poduzeća čije su poslovanje ili proizvod (usluga) vezani uz četvrtu industrijsku revoluciju (I4.0)
- U Hrvatskoj ne postoji jedinstvena sistematizirana evidencija korisnika visoke tehnologije nove generacije
- Poduzeća koja pouzdano upotrebljavaju tehnologiju I4.0 identificirana su individualnom provjerom svakog subjekta s popisa poduzeća korisnika visokih tehnologija iz različitih izvora prema kriterijima opisanima u istraživanju
- Potencijal, odnosno spremnost poduzeća za uvođenje I4.0 procijenjena je probabilistički primjenom klasifikacijskog algoritma nadziranoga strojnog učenja s binominalnom zavisnom varijablom
  - klasifikacija u skupinu I4.0 (vjerojatnost  $> 50\%$ ) ili
  - u skupinu tradicionalnih poduzeća (vjerojatnost  $\leq 50\%$ )

## 3. Prepoznavanje potencijala za I4.0 s pomoću strojnog učenja

### 3.1. Podaci

- Uzorak poduzeća čine subjekti čija su godišnja financijska izvješća javno objavljena (FINA GFI-POD za 2017. i 2012. godinu)

**Broj analiziranih subjekata prema različitim djelatnostima**

	Industrija	Broj analiziranih subjekata
	C – prerađivačka industrija	2803
	D – opskrba električnom energijom, plinom, parom i klimatizacija	103
	H – prijevoz i skladištenje	747
	J – informacije i komunikacije	989
	M – stručne, znanstvene i tehničke djelatnosti	2505
	<b>UKUPNO</b>	<b>7147</b>

**Neprobabilistički uzorak prema veličini poduzeća**

Veličina poduzeća	Broj analiziranih subjekata
1 (mala i mikropoduzeća)	6457
2 (srednja)	528
3 (velika)	162
<b>UKUPNO</b>	<b>7147</b>

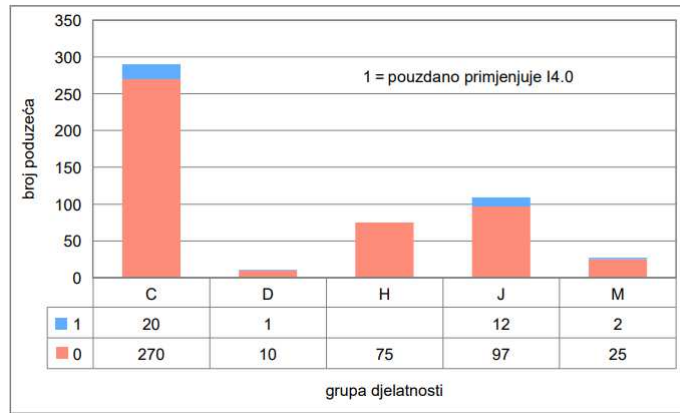
## 3. Prepoznavanje potencijala za I4.0 s pomoću strojnog učenja

### 3.2. Hipoteza i pretpostavke

#### POLAZNA HIPOTEZA

- poduzeća koja imaju slične financijske pokazatelje poslovanja kao i identificirani korisnici I4.0 na sličnoj su razini tehnološke opremljenosti i organizacijskog ustroja
  - prepoznavanje ostalih potencijalnih korisnika tehnologije I4.0 oslanja se na sličnosti u strukturi financijskih izvješća i pokazatelja takvih poduzeća u odnosu na identificirana I4.0 poduzeća, poglavito udjelu nematerijalne imovine u dugotrajnoj te ulaganjima u R&D
- prepoznavanje potencijalnih korisnika I4.0 u širem skupu poduzeća
- upotrijebljen je binomni logistički (logit) klasifikacijski model izračunat s pomoću tehnike dubokoga strojnog učenja ekstremnog podizanja gradijenta (engl. Extreme Gradient Boosting, XGB) metodom nadziranog učenja (engl. supervised learning)

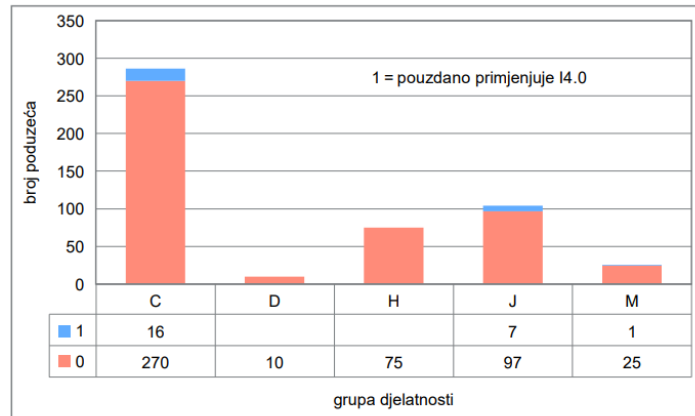
### Distribucija trening-uzorka



### Struktura trening-uzorka I4.0 po veličini poduzeća

Veličina poduzeća	Broj I4.0 poduzeća	Udio, %
1 – mala poduzeća	17	44,7%
2 – srednja poduzeća	9	23,7%
3 – velika poduzeća	12	31,6%
<b>Ukupno trening-uzorak</b>	<b>38</b>	<b>100,0%</b>

### Distribucija testnog uzorka



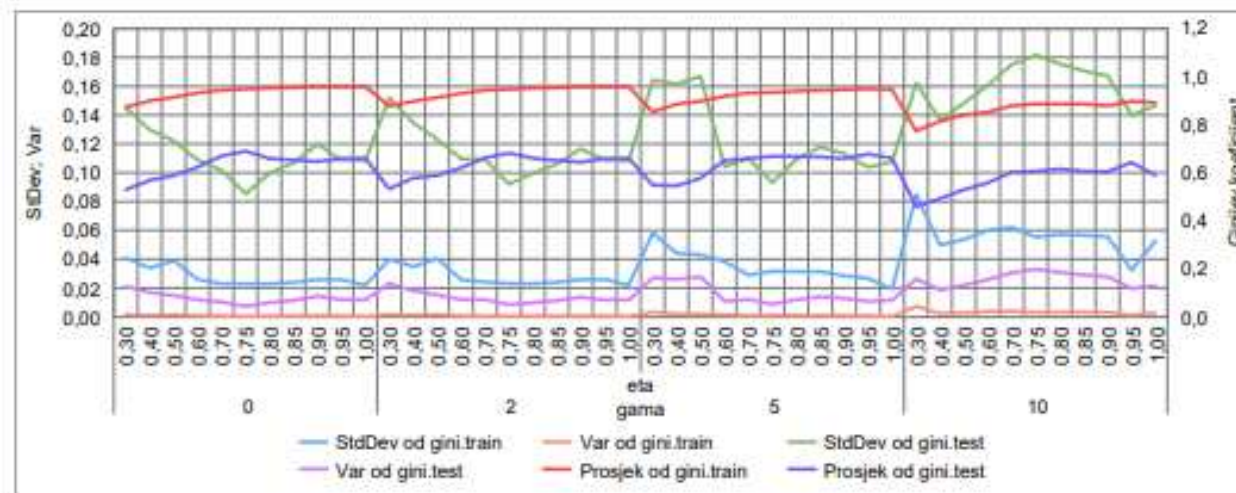
### Struktura testnog uzorka I4.0 po veličini poduzeća

Veličina poduzeća	Broj poduzeća s potencijalom	Udio, %
1 – mala poduzeća	14	43,8%
2 – srednja poduzeća	12	37,5%
3 – velika poduzeća	6	18,8%
<b>Ukupno testni uzorak</b>	<b>32</b>	<b>100,0%</b>

## 3. Prepoznavanje potencijala za I4.0 s pomoću strojnog učenja

### 3.3. Model za procjenu potencijala primjene I4.0

Diskriminatorsna snaga i stabilnost modela XGB na promjene parametara



### 3. Prepoznavanje potencijala za I4.0 s pomoću strojnog učenja

Rangiranje rezultata iteracija prema optimizacijskim kriterijima

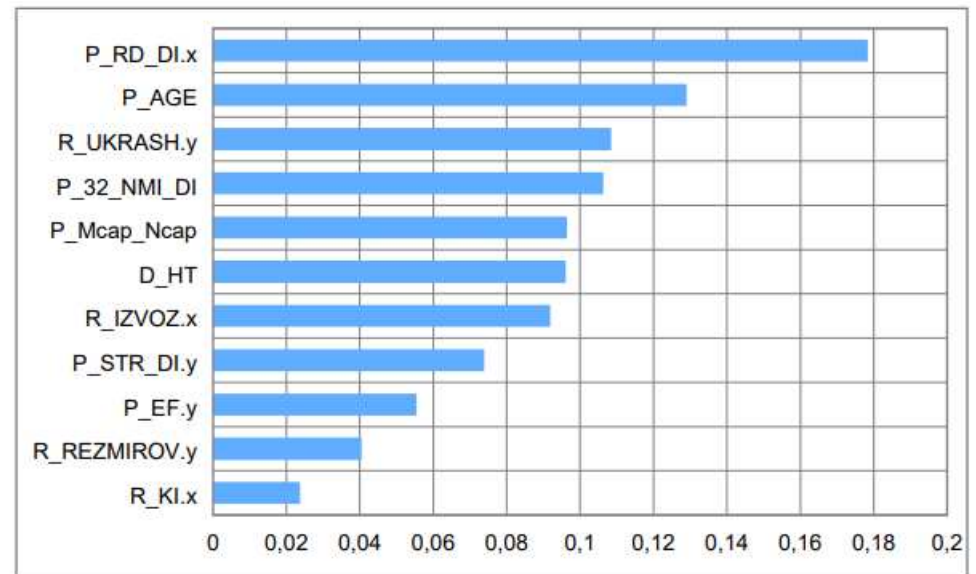
gama eta	Trening-uzorak		Testni uzorak				Najbolji rang?	
	Rang 1 (avg.gini)	Rang 2 (-Stdev)	Rang 3 (avg.gini)	Rang 4 (-Stdev)	Rang 5 (avg.gini)	Rang 6 (-Stdev)		Rang 5+6
0	0,959	0,02191	0,690	0,08533	25	25	50	
0,3	11	10	11	11	47	34	81	
0,4	10	8	10	10	41	29	70	
0,5	9	9	9	9	37	26	63	
0,6	8	7	8	6	28	15	43	
0,7	7	2	2	3	4	6	10	
0,75	6	3	1	1	1	1	2	da
0,8	5	1	4	2	14	4	18	
0,85	4	4	6	4	18	10	28	
0,9	3	5	7	8	21	24	45	
0,95	2	6	5	7	17	16	33	
1	1	0	3	5	9	13	22	
2	0,958	0,02198	0,682	0,09201	26	27	53	
0,3	11	9	11	10	45	37	82	
0,4	10	8	10	9	38	31	69	
0,5	9	10	9	8	36	28	64	
0,6	8	5	8	6	29	19	48	
0,7	7	4	2	5	8	17	25	
0,75	6	2	1	0	2	2	4	
0,8	5	1	4	1	12	5	17	
0,85	4	3	6	2	19	9	28	
0,9	3	6	7	7	22	22	44	
0,95	2	7	5	4	16	14	30	
1	1	0	3	3	10	12	22	
5	0,949	0,01919	0,677	0,09328	24	30	54	

gama eta	Trening-uzorak		Testni uzorak				Najbolji rang?	
	Rang 1 (avg.gini)	Rang 2 (-Stdev)	Rang 3 (avg.gini)	Rang 4 (-Stdev)	Rang 5 (avg.gini)	Rang 6 (-Stdev)		Rang 5+6
0	0,959	0,02191	0,690	0,08533	25	25	50	
0,3	11	10	10	9	43	41	84	
0,4	10	9	11	8	44	39	83	
0,5	9	8	9	10	39	42	81	
0,6	8	7	8	2	20	8	28	
0,7	7	3	6	5	13	20	33	
0,75	6	6	2	0	5	3	8	
0,8	5	5	3	4	6	18	24	
0,85	4	4	4	7	7	23	30	
0,9	3	2	7	6	15	21	36	
0,95	1	1	1	1	3	7	10	
1	2	0	5	3	11	11	22	
10	0,897	0,03252	0,643	0,13665	40	44	84	
0,3	11	10	11	5	49	40	89	
0,4	10	1	10	0	48	32	80	
0,5	9	3	9	3	46	36	82	
0,6	8	8	8	4	42	38	80	
0,7	6	9	6	8	34	46	80	
0,75	4	4	4	10	32	48	80	
0,8	3	7	2	9	30	47	77	
0,85	5	6	3	7	31	45	76	
0,9	7	5	5	6	33	43	76	
0,95	1	0	1	1	23	33	56	
1	2	2	7	2	35	35	70	
	0,959	0,01919	0,690	0,08533				

## 3. Prepoznavanje potencijala za I4.0 s pomoću strojnog učenja

### 3.3.1. Procjena modela strojnim učenjem

Informacijska dobit varijabla konačnog modela





## 4. Analiza rezultata

### 4.1. Analiza potencijala I4.0 na cijelom skupu (neprobabilistički uzorak)

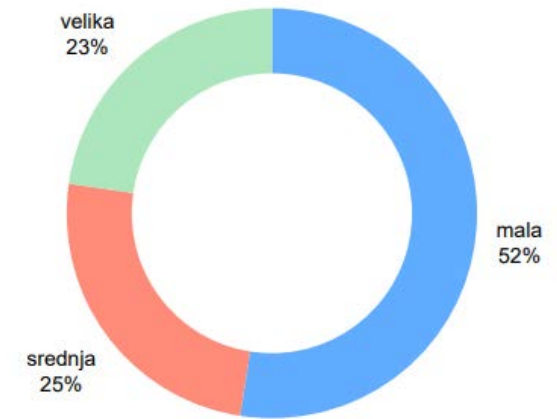
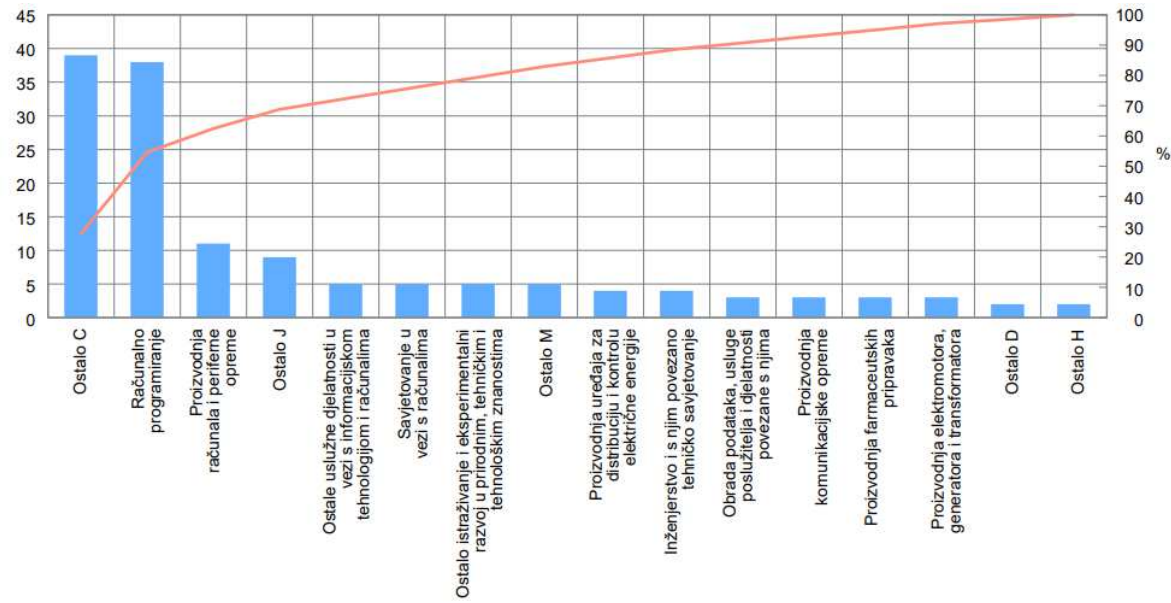
**Broj i udio poduzeća s potencijalom za I4.0 prema industriji – neprobabilistički**

	Djelatnost	Broj	Udio
	<b>C – prerađivačka industrija</b>	<b>63</b>	<b>44,7%</b>
Distribucija i prijenos električne energije te proizvodnja uređaja za distribuciju i kontrolu električne energije		4	2,8%
Ostala proizvodnja (alata, elektromotora...)		38	27,0%
Proizvodnja farmaceutskih pripravaka		3	2,1%
Proizvodnja instrumenata i aparata za mjerenje, ispitivanje i navigaciju		2	1,4%
Proizvodnja komunikacijske opreme		3	2,1%
Računalne djelatnosti, obrada podataka, usluge poslužitelja i djelatnosti povezane s njima		11	7,8%
Usluge (izdavanje ostalog softvera, ostale informacijske uslužne djelatnosti, upravljačke djelatnosti...)		2	1,4%
	<b>D – opskrba električnom energijom, plinom, parom i klimatizacija</b>	<b>2</b>	<b>1,4%</b>
Distribucija i prijenos električne energije te proizvodnja uređaja za distribuciju i kontrolu električne energije		2	1,4%
	<b>H – prijevoz i skladištenje</b>	<b>2</b>	<b>1,4%</b>
Usluge (izdavanje ostalog softvera, ostale informacijske uslužne djelatnosti, upravljačke djelatnosti...)		2	1,4%
	<b>J – informacije i komunikacije</b>	<b>60</b>	<b>42,6%</b>
Djelatnosti žičane i bežične telekomunikacije		3	2,1%
Računalne djelatnosti, obrada podataka, usluge poslužitelja i djelatnosti povezane s njima		53	37,6%
Usluge (izdavanje ostalog softvera, ostale informacijske uslužne djelatnosti, upravljačke djelatnosti...)		4	2,8%
	<b>M – stručne, znanstvene i tehničke djelatnosti</b>	<b>14</b>	<b>9,9%</b>
Inženjerstvo i s njim povezano tehničko savjetovanje		4	2,8%
Ostalo istraživanje i eksperimentalni razvoj u prirodnim, tehničkim i tehnološkim znanostima		5	3,5%
Usluge (izdavanje ostalog softvera, ostale informacijske uslužne djelatnosti, upravljačke djelatnosti...)		5	3,5%
	<b>Ukupno</b>	<b>141</b>	<b>100,0%</b>

## 4. Analiza rezultata

Potencijali I4.0 prema veličini poduzeća

Distribucija potencijala I4.0 prema razredima djelatnosti



## 4. Analiza rezultata

### Potencijali industrije 4.0

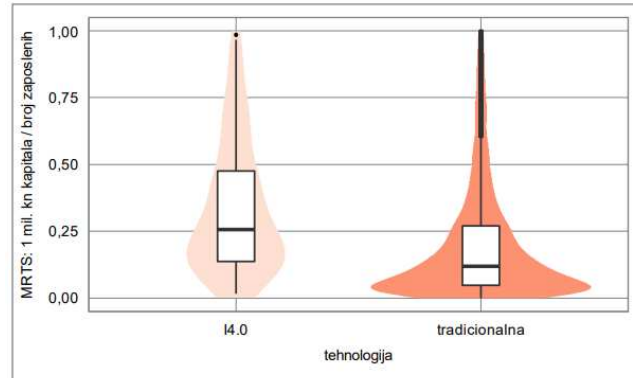
Potencijal/veličina	Broj zaposl. u 2016.	Ukupno zaposl. 2017.	Broj tvrtki	Udio u aktivni uzorka	Udio u aktivni	Udio u posl. prihod. uzorka	Udio u posl. prihod.
Tradicionalna	227.256	231.710	7.006	72,7%	100,0%	74,1%	100,0%
MALA	76.223	78.470	6.383	12,5%	17,2%	17,3%	23,35%
<=10	14.491	14.401	4.393	3,8%	5,2%	4,1%	5,59%
11-50	39.913	41.196	1.740	7,4%	10,1%	10,2%	13,78%
51-250	19.885	20.809	244	1,4%	1,9%	2,9%	3,89%
>250	1.934	2.064	6	0,0%	0,0%	0,1%	0,09%
SREDNJA	65.075	66.456	493	15,3%	21,0%	20,7%	27,98%
<=10	63	42	7	0,5%	0,6%	1,1%	1,46%
11-50	2.124	1.938	57	2,8%	3,9%	2,4%	3,29%
51-250	46.730	47.269	384	10,6%	14,6%	14,8%	20,00%
>250	16.158	17.207	45	1,4%	1,9%	2,4%	3,23%
VELIKA	85.958	86.784	130	45,0%	61,8%	36,0%	48,67%
<=10	8	8	1	0,6%	0,9%	0,1%	0,16%
11-50	164	134	5	3,2%	4,4%	3,6%	4,83%
51-250	2.640	2.720	16	2,5%	3,5%	3,5%	4,71%
>250	83.146	83.922	108	38,6%	53,1%	28,9%	38,97%
<b>Potencijal I4.0</b>	<b>47.696</b>	<b>48.372</b>	<b>141</b>	<b>27,3%</b>	<b>100,0%</b>	<b>25,9%</b>	<b>100,0%</b>
MALA	1.958	2.132	74	0,4%	1,5%	0,5%	2,09%
<=10	96	92	16	0,0%	0,1%	0,0%	0,10%
11-50	1.121	1.203	45	0,3%	1,2%	0,4%	1,37%
51-250	741	837	13	0,1%	0,3%	0,2%	0,62%
SREDNJA	5.146	5.489	35	1,6%	5,7%	1,5%	5,72%
11-50	110	120	3	0,1%	0,2%	0,1%	0,31%
51-250	2.884	3.157	27	1,3%	4,9%	1,1%	4,13%
>250	2.152	2.212	5	0,2%	0,6%	0,3%	1,27%
VELIKA	40.592	40.751	32	25,3%	92,8%	23,9%	92,19%
51-250	736	786	4	0,7%	2,4%	0,7%	2,88%
>250	39.856	39.965	28	24,6%	90,4%	23,2%	89,32%
<b>Ukupno</b>	<b>274.952</b>	<b>280.082</b>	<b>7.147</b>	<b>100,0%</b>		<b>100,0%</b>	
<b>Udio grupa djelatnosti C, D, H, J, M u populaciji</b>		<b>78,2%</b>	<b>34,9%</b>	<b>88,0%</b>		<b>84,5%</b>	

## 4. Analiza rezultata

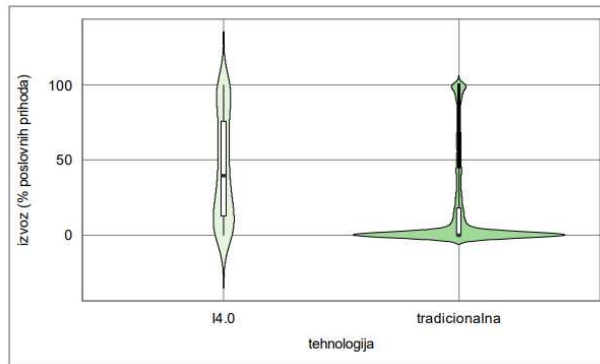
### 4.2. Poslovne performanse i rizičnost I4.0 poduzeća

- glavni razlikovni pokazatelji potencijala I4.0 i tradicionalnih poduzeća na analiziranom uzorku su strukturne prirode
- npr. udio nematerijalne imovine ili poslovnih postrojenja i strojeva u dugotrajnoj imovini, ulaganja u R&D, udio kratkotrajne imovine u ukupnoj imovini i sl.
- bolje performanse

### Distribucije granične stope tehničke supstitucije (MRTS)

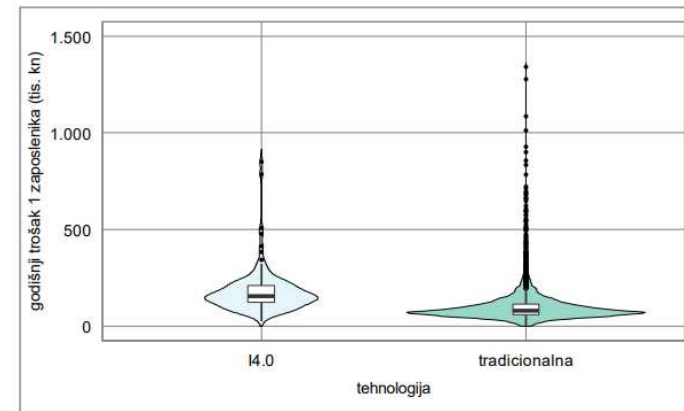


### Distribucije udjela izvoza u poslovnim prihodima

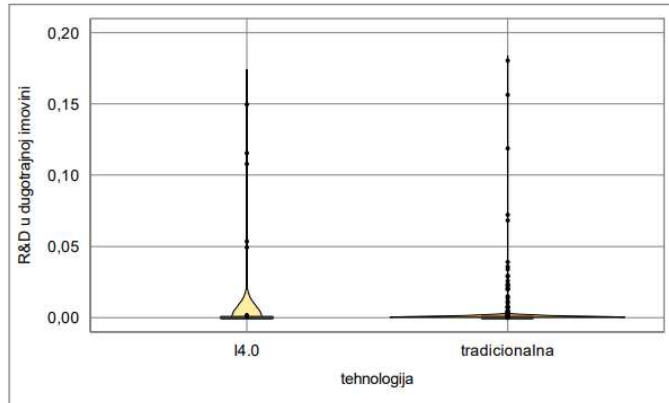


## 4. Analiza rezultata

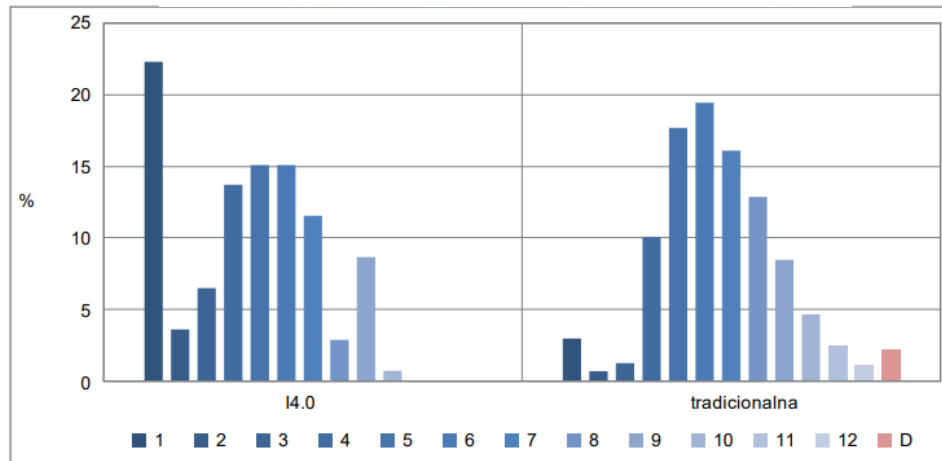
### Distribucije prosječnih godišnjih troškova osoblja po zaposlenom



Distribucije udjela istraživanja i razvoja u dugotrajnoj imovini

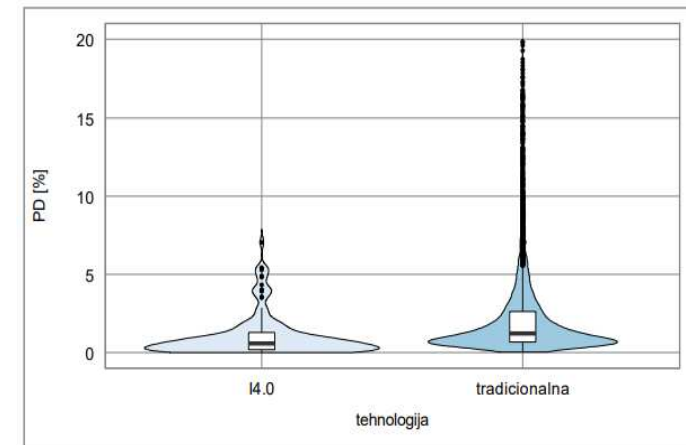


Distribucija proporcija poduzeća po razredima rejtinga



## 4. Analiza rezultata

Distribucija vjerojatnosti zastoja u plaćanju (PD)



## 5. Zaključak i implikacije rezultata za ekonomsku politiku

- **I4.0** čini 9 tehnologija (kriterij BCG)
- **7147** hrvatskih poslovnih subjekata iz različitih djelatnosti
- identificirano **141** poduzeće s potencijalom za I4.0
  - **1,97%** analiziranih subjekata
  - **27%** aktive analiziranog uzorka
  - **26%** poslovnih prihoda analiziranog uzorka

## 5. Zaključak i implikacije rezultata za ekonomsku politiku

- **GLAVNI RAZLIKOVNI ELEMENTI I4.0 I TRADICIONALNIH PODUZEĆA:**
  - bolje poslovne performanse u pokazateljima investiranja, troškovne efikasnosti, tehničke opremljenosti i tržišne konkurentnosti
  - rizičnost I4.0 poduzeća značajno je niža od rizičnosti tradicionalnih poduzeća (ni jedno I4.0 poduzeće nije imalo zabilježen zastoj u plaćanju obveza duži od 90 dana)
  - veća razina ulaganja u razvoj
  - veća relativna promjena udjela nematerijalne imovine u dugotrajnoj imovini
  - modelom je dokazano da I4.0 poduzeća karakteriziraju varijable koje pokazuju pozitivan utjecaj I4.0:
    - omjer tržišne i nominalne kapitalizacije
    - udio izvoza u prihodima
    - poslovni prihodi po zaposlenom te
    - manji omjer ukupnih rashoda i poslovnih prihoda (troškovno su efikasnija)



## 5. Zaključak i implikacije rezultata za ekonomsku politiku

- **motivacije** za primjenu tehnologije I4.0 mogu biti **raznovrsne** (povećanje efikasnosti i produktivnosti poduzeća, smanjenje troškova poslovanja, povećanje profitabilnosti u dugom roku, tržišno pozicioniranje, postizanje viših kvalitativnih norma i sl.)
- tehnološkim promjenama današnjice biti će **zahvaćena brojna područja** kao što su poslovno upravljanje, financije, zdravstveni sektor, energetika, transport, industrija, uslužne djelatnosti, intelektualne usluge i brojna druga područja poput genetike i biotehnologije
- poduzeća četvrte industrijske revolucije kvalitetna su poduzeća koja, uključivanjem u ovaj **globalni trend razvoja**, imaju **potencijala za poboljšanje rasta i razvoja gospodarstva.**

## Hvala na pažnji! Pitanja?

