



Helena Šlogar*
Marko Puljić**

Analiza povezanosti robotizacije i tržišta rada Europske unije

Sažetak

Cilj je rada utvrditi povezanost između rasta broja industrijskih robota i određenih karakteristika tržišta rada Europske unije s posebnim osvrtom na prerađivačku industriju. Rezultati statističke analize pokazuju kako gustoća industrijskih robota (broj industrijskih robota na 10 000 zaposlenih) u prerađivačkoj industriji utječe na tržište rada Europske unije. Korelacijskom i regresijskom analizom prikazano je da povećanjem broja industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije došlo do povećanja udjela zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije te kako je broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji rastao tako je rastao i broj industrijskih robota. Također je prikazano da zemlje Europske unije s većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju i veće troškove za zaposlenike. Rezultati istraživanja potvrđuju glavnu hipotezu H0 koja ispituje postoji li statistički značajna povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije i udjela zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije. U svim zemljama Europske unije dolazi do rasta broja industrijskih robota i robotizacije te automatizacije mnogih radnih mjesta, stoga je nužno pripremiti tržište rada na izazove koje takvi trendovi nose. Doprinos rada očituje se u prikazu utjecaja porasta broja industrijskih robota na tržište rada s posebnim osvrtom na prerađivačku industriju. Rezultati pokazuju utjecaj porasta broja industrijskih robota u prerađivačkoj industriji na udio zaposlenih u Europskoj uniji, na broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji te prikazuju povezanost gustoće industrijskih robota i prosječnih troškova za zaposlenike.

Ključne riječi: industrijski roboti, gustoća industrijskih robota, tržište rada Europske unije, zaposlenost.

* Doc. dr. sc. Helena Šlogar, Libertas međunarodno sveučilište, Zagreb, Hrvatska, hslogar@libertas.hr.

** Marko Puljić, mag. oec, Libertas međunarodno sveučilište, Zagreb, Hrvatska, mpuljic1@libertas.hr.

Uvod

U radu se analizira utjecaj porasta broja industrijskih robota u prerađivačkoj industriji na tržištu rada Europske unije. Zemlje imaju različite veličine gospodarstava, populaciju i broj zaposlenih te apsolutni broj industrijskih robota u pojedinim zemljama nije podatak s kojim se mogu uspoređivati. Iz toga se razloga umjesto apsolutnog broja industrijskih robota kao referentna veličina uzima gustoća robota. Gustoća industrijskih robota označava broj industrijskih robota u odnosu na broj zaposlenih i može se protumačiti kao mjera usvojenosti industrijskih robota u industriji pojedine zemlje. U radu se gustoća industrijskih robota definira kao broj industrijskih robota na 10 000 zaposlenih. Cilj je rada utvrditi povezanost između rasta broja industrijskih robota i određenih karakteristika tržišta rada Europske unije s posebnim osvrtom na prerađivačku industriju. Na temelju cilja rada postavljena su tri istraživačka pitanja. IP1: je li gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije u vezi s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije? IP2: je li gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije u vezi s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije? IP3: imaju li zemlje Europske unije s većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji veće prosječne troškove za zaposlenike? Kako bi se odgovorilo na navedena istraživačka pitanja u radu su testirane tri hipoteze. H0: gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije u vezi je s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije od 2010. do 2019. PH1: gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije u vezi je s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije od 2010. do 2018. PH2: zemlje Europske unije s većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju veće prosječne troškove za zaposlenike u prerađivačkoj industriji. Izvor podataka za gustoću robota analiziranih zemalja je Međunarodna federacija za robotiku, odnosno njihova godišnja publikacija *World Robotics 2020 Industrial Robots*, a izvor podataka o zaposlenosti jest baza podataka Eurostata. Statističkom metodom korelacije utvrđuje se povezanost dviju ili više varijabli, a regresijska analiza daje kvantitativni izraz te povezanosti. Analiziranjem stanja u različitim državama Europske unije dolazi se do korelacije između porasta broja industrijskih robota i različitih informacija vezanih uz tržište rada. Nadalje, analizira se kako su tehnologija i robotizacija utjecale na tržište rada u trima tehnološki najnaprednijim ekonomskim područjima: u Europi, Sjedinjenim Američkim Državama i Japanu. U radu je također prikazano kako robotika utječe na stvaranje novih poslova te kako već sada nedostaje stručnjaka za inovativna radna mjesta. Osim toga, objašnjava se što je kolaborativni robot od kojega se očekuje da u skorije vrijeme bude glavni suradnik i pomoćni radnik u prerađivačkoj industriji. Rad je strukturiran na način da se nakon uvoda daje pregled literature u kojem je definiran

pojam i tipologija robota s posebnim osvrtom na utjecaj robotizacije na tržište rada. Slijedi opis metodologije, rezultati istraživanja, rasprava i zaključak.

Pregled literature

Tipologija robota

Međunarodna organizacija za standardizaciju (engl. *International Organization for Standardization* – ISO) u svojoj normi ISO 8373:2012 robota definira kao pokretni mehanizam koji se može programirati u dvije ili više osi, koji je autonoman te koji se pokreće u zadanome okruženju i izvršava određene zadatke. S obzirom na to da se u ovome radu neće ulaziti u tehničke značajke robota, polazi se od definicije da je robot bilo koji automatski upravljani stroj koji zamjenjuje ljudski rad. Robot je stroj koji se programira pomoću računala, zamjenjuje ljudski rad i sposoban je automatski obavljati složeni niz akcija. Znanost koja se bavi konstruiranjem, proizvodnjom i primjenom robota naziva se robotika (ISO, 2012). Za potrebe ovoga rada ključna je podjela robota prema namjeni koji se dijele na industrijske i servisne robote. Industrijski roboti su automatski upravljani reprogramibilni i višenamjenski strojevi koji se obično sastoje od niza segmenata, a mogu biti fiksno postavljeni ili mobilni te se upotrebljavaju za automatizaciju industrije. Klasični primjeri industrijskog robota su roboti za zavarivanje, roboti za manipulaciju objektima, roboti za paletiranje i slično. Servisni roboti obavljaju korisne zadatke za ljude ili opremu, ali se ne primjenjuju za automatizaciju industrije. Primjeri servisnih robota su različiti roboti za domaćinstvo, razminiranje, medicinski roboti i slično (ISO, 2012). Industrijski roboti i robotski sustavi pokazuju dobre rezultate u izvođenju ponavljajućih operacija u poslovnim procesima. Istovremeno, postoji velik broj zadataka koji zahtijevaju kognitivna znanja koja posjeduje samo čovjek. Zbog toga se suradnja čovjeka i industrijskog robota nameće kao poželjan inovativni proizvodni koncept. Krajnji cilj takvog proizvodnog koncepta jest postići sigurnu i produktivnu fizičku interakciju između ljudi i robota te omogućiti svakome od dionika proizvodnog procesa maksimalno iskorištavanje vlastitih kvaliteta (Castro, Silva i Santos, 2021).

U tradicionalnim proizvodnim procesima industrijski roboti i radnici najčešće su bili razdvojeni, a roboti bi u ograđenim prostorima obavljali operacije kao što su zavarivanje, manipulacija, obrada i slično. Jedan od glavnih razloga tome je što su roboti radili velikom brzinom i često manipulirali teškim, oštrim ili opasnim predmetima te su samo ovlaštteni radnici uz posebne mjere predostrožnosti mogli biti u radnom prostoru robota. Novije vrste industrijskih robota omogućuju proizvođačima da robote koriste zajedno s radnicima što je od posebne važnosti kod proizvodnih procesa koji se ne mogu u potpunosti automatizirati ili je to neprofitabilno. Takvi roboti nazivaju

se kolaborativni ili suradnički te su opremljeni značajkama koje im omogućuju usporavanje ili zaustavljanje kada su radnici u blizini te imaju automatsko pokretanje kada se radnik odmakne. Namjena kolaborativnog robota je da bude pomoćnik radniku kod izvođenja ponavljajućih i neergonomskih zadataka koji se ne moraju izvoditi velikom brzinom i kod kojih nije presudna ljudska spretnost poput operacija manipulacije objektima, pridržavanja teških predmeta, provođenja pregleda kvalitete i slično. Osim tehnologije koja ograničava silu i brzinu ti su roboti i posebno dizajnirani tako da u slučaju sudara s radnikom nanose nikakve ili zanemarive posljedice. U studiji Antonelli i Bruno (2017) navodi se da većina robota ima ograničenja u vidu nosivosti, brzine i snage koja su povezana s nužnošću poštivanja određenih tehničkih normi. Jedna od takvih normi je ISO 15066:2016 koja pruža smjernice za rad kolaborativnih industrijskih robota i ljudi (ISO, 2016). Norma navodi da postoji velika korist od zajedničkog neposrednog rada ljudi i robota, ali da je nužno osigurati da takav rad bude siguran po ljude te navodi brzinu i silu koju robot može razviti kao najveću potencijalnu sigurnosnu ugrozu (ISO, 2016).

Kolaborativni industrijski roboti razvijeni su uglavnom za primjenu pri montaži i proizvodnji elektroničkih proizvoda, za autoindustriju te za korištenje u malim i srednjim tvrtkama. Razvoj kolaborativnih industrijskih robota jedan je od prioriteta robotske industrije najviše iz razloga jer je prepoznata mogućnost integracije takvih vrsta robota s promjenama koje donosi industrija 4.0. Kolaborativni industrijski robot treba surađivati s ljudima u istom proizvodnom okruženju te je nužno spojiti njegove proizvodne funkcije sa zahtjevima sigurnosti na radu (Vido et al., 2020). Očekuje se da će kolaborativni industrijski roboti biti glavni pokretači tržišta robotike u budućnosti te da će omogućiti pristupačna i fleksibilna rješenja za integraciju robotskih sustava u provedbi tradicionalnih manualnih poslova. Kolaborativni industrijski roboti ne samo da će povećati proizvodnost tvrtkama koje ih budu koristile nego će i smanjiti opterećenost radnika te povećati sigurnost na radu. Na taj će način ljudima i robotima biti omogućeno da dijele radni prostor i kombiniraju prednosti koje svatko od njih posjeduje (Gleirscher et al., 2020). Prema Craigu (2005), glavni razlog rasta broja novih industrijskih robota je pad cijene, ali i povećanje brzine, točnosti i fleksibilnosti te trend više cijene ljudskoga rada na tržištu.

Utjecaj robotizacije na tržište rada

Pri analizama utjecaja robotizacije na tržište rada najčešće se proučavao utjecaj u Europi, Sjedinjenim Američkim Državama i Japanu. Jesuthasan i Boudreau (2018) analiziraju kompleksnosti utjecaja tehnologije na radna mjesta i navode da je u Sjedinjenim Američkim Državama 1985. bilo 60 000 bankomata i 485 000 bankovnih blagajnika. Broj bankomata 2002. godine porastao na 352 000, a broj bankovnih blagajnika na 527 000. Time je veći broj bankomata smanjio potreban broj radnika, a bankama omogu-

ćilo jeftinije poslovanje i otvaranje novih podružnica. S vremenom je broj transakcija narastao, složenost posla se povećala i pojavila se potreba za većim brojem radnika na rješavanju kompleksnijih zadataka. Anderson (2014) navodi da je nemoguće zamisliti da bilo kakva velika proizvodnja može funkcionirati bez automatizacije proizvodnih procesa.

Pérez et al. (2020) istražili su utjecaj usvajanja robotskih tehnologija na europsko tržište od 1995. do 2015. Predmet njihovog istraživanja bio je učinak industrijskih robota na radna mjesta i zapošljavanje. Uz globalizaciju, automatizacija je jedan od glavnih izvora ekonomske zabrinutosti građana za očuvanje njihovih radnih mjesta iako povijest pokazuje da je napredak proizvodnih tehnologija podigao životni standard društva. Sama analiza utjecaja robotike na tržište rada, posebno utjecaj na zaposlenost izuzetno je složen posao jer treba uzeti u obzir smanjenje potrebe za radnom snagom zbog robotizacije, ali i stvaranje novih radnih mjesta koje robotizacija potiče. Rezultati istraživanja pokazuju da je povezanost usvajanja robota i zaposlenosti pretežno negativna u prvoj polovici analiziranog razdoblja, a uglavnom pozitivna u drugoj (Pérez et al., 2020). Kao objašnjenje toga fenomena navodi se utjecaj ekonomske krize 2008. na europsko tržište rada. Nadalje, moguć je i potencijalno negativan neposredni utjecaj usvajanja robota koji kroz određeno vrijeme ostvaruje pozitivan učinak. Kao treći razlog navodi se da je učinak robotizacije relativno male vrijednosti u usporedbi s drugim odrednicama zaposlenosti te da bi se do puno većih efekata možebitno došlo ako bi se promatrala primjena robota visoko koncentrirana u određenim industrijskim sektorima (Fernández-Macías et al., 2021). Isto tako, navodi se mogućnost znatnog napretka robotske tehnologije kroz promatrano razdoblje što upućuje na to da bi noviji roboti mogli imati veći pozitivni utjecaj na zaposlenost. Ukupni rezultati sugeriraju da su učinci robotizacije na regionalna tržišta rada mali do zanemarivi, ali da je ukupni efekt povećanja broja robota pozitivan (Pérez et al., 2020).

Acemoglu i Restrepo (2017) analizirali su učinak povećanja broja industrijskih robota u Sjedinjenim Američkim Državama od 1990. do 2007. Smatraju da je utjecaj robota dvojak: povećanjem broja robota u industriji dolazi do povećanja produktivnosti, ali roboti negativno utječu na plaće i zaposlenost te potiču raseljavanje. Njihov rad analizira utjecaj porasta broja industrijskih robota na lokalna tržišta rada Sjedinjenih Američkih Država i tvrdi da postoji snažna povezanost između izloženosti pojedinih zona putovanja na posao te porasta broja robota. U područjima koji su bili najizloženiji između 1990. i 2007. zaposlenost i plaće su padale više u usporedbi s drugim manje izloženim područjima. Uz uvjet da nije bilo prelaska radne snage s jednog radnog mjesta na drugo, procijenjeno je da se povećanjem od jednog robota naspram tisuću zaposlenih u prosjeku smanjio omjer broja zaposlenih i broja stanovnika za 0,37 %, a prosjek plaće za 0,73 % u odnosu na zone putovanja na posao koje nisu bile izložene robotima. Ako se u obzir uzme prelazak radne snage s jednog radnog mjesta na

drugo tada je ukupni omjer zaposlenosti i broja stanovnika manji za 0,34 %, a plaće za 0,54 %. Premda to istraživanje dovodi povećanje broja robota u negativan odnos naspram zaposlenosti i plaća ono ipak ne može prikazati ukupni učinak robotizacije negativnim. Industrijski roboti utjecali su na tržište rada te se zaliha robota u Sjedinjenim Američkim Državama i zapadnoj Europi između 1993. i 2007. učtverostručila, a predviđanja Međunarodne federacije robotike navode da bi do 2025. broj industrijskih robota mogao biti između 4 i 6 milijuna.

Adachi, Kawaguchi i Saito (2020) proučavali su utjecaj industrijskih robota na za-pošljavanje u Japanu od 1978. do 2017. Japan je prva zemlja koja je počela s ozbiljnijom implementacijom robotske tehnologije u industriju. Roboti se u proizvodnim procesima u Japanu koriste već krajem 1970-ih, dvadesetak godina prije ostalih razvijenih zemalja. Rezultati istraživanja pokazuju da se pri padu cijene robota za 1 % usvajanje robota povećalo za 1,54 %, a zaposlenost za 0,44 % te da se pri porastu broja robota od 1 % zaposlenost povećavala za 0,28 %. Takvi rezultati pokazuju da je porast broja robota i zaposlenost u pozitivnoj korelaciji te da je povećanje broja robota u Japanu pozitivno utjecalo na tržište rada. Također, analizirali su utjecaj porasta broja robota na zaposlenost u zonama putovanja na posao što je pokazalo da je jedan novi robot na tisuću radnika povećao zaposlenost za 2,2 %. Suprotno pretpostavci da usvajanje robota smanjuje broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji, a povećava u uslužnoj, zaposlenost u uslužnom sektoru nije se značajnije ni povećavala ni smanjila nakon primjene robota. Iako je ukupna zaposlenost rasla kako se povećavao broj industrijskih robota, radni sati po radniku su se smanjili, što sugerira da su tehnološke promjene utjecale na podjelu posla i uštedu vremena te implicira da bi efekt na satnicu mogao biti još pozitivniji (Adachi, Kawaguchi i Saito, 2020).

Reese (2018) navodi da postoje određene kategorije poslova koje roboti vjerojatno nikada neće raditi te ih razvrstava u sedam kategorija. Poslovi koje roboti mogu raditi, ali vjerojatno nikada neće su oni kod kojih ne postoji ekonomska opravdanost. Primjerice, poslovi koji se obavljaju povremeno poput restauracija satova, popravaka kamina i slično. Poslovi koje iz jasnih razloga nećemo željeti da rade roboti su primjerice poslovi nogometaša ili balerine. Nepredvidivi poslovi su sami po sebi toliko kompleksni da ih je nemoguće isprogramirati, kao na primjer posao izvršnog direktora velike tvrtke. Poslovi koji zahtijevaju visok stupanj socijalne inteligencije i interakcije s drugim ljudima te komunikacijske sposobnosti ili empatiju. Roboti rade u kontroliranom okruženju poput tvornica ili skladišta, ali postoje poslovi koji se obavljaju na licu mjesta u nekontroliranom okruženju poput šuma ili litica te se ljudi mogu brže prilagoditi takvim uvjetima nego roboti. Određeni poslovi zahtijevaju kreativno ili apstraktno razmišljanje koje roboti ne mogu izvršavati jer ni ljudima nije u potpunosti jasno kako ih treba izvoditi. To su poslovi poput pisanja književnih dijela, skladanja glazbe, dizajniranja, savjetovanja uprave i slično. Također, nova tehnologija razvit će poslove koji

još uvijek ne postoje. Primjerice, 2000. nije postojao specijalist za digitalni marketing ili *cloud* servise. Baldwin (2019) navodi da bi roboti mogli preuzeti neke od zadataka koje se izvode na određenim poslovima, ali da takav rasplet događaja ne dovodi nužno do potpunog ukidanja određenih poslova. Roboti bi trebali preuzeti mnoštvo poslova koje ljudi ne žele raditi, ali trenutno moraju te će u tim poslovima biti produktivniji od radnika. S druge strane, stvorit će se preduvjeti za stvaranje novih inovativnih poslova koji će omogućiti da ljudi više rade na poslovima koji su im prirodni (Kelly, 2017). Nadalje, Pugliano (2017) tvrdi da će roboti pomoći ljudima, posebno onima na teškim poslovima. Napominje da je neizbježno da će dio radnika biti otpušteno ili primorano na prijevremenu mirovinu, ali dio radnika svakako će profitirati. Radnici koji prihvate robote, služiti će se njima za prevladavanje svojih slabosti i povećavanje svojih prednosti, dok će dio radnika izbjegavati robote i nove tehnologije te će postati neatraktivni na tržištu rada.

U studiji iz 2015. Deloitte analizira utjecaj novih tehnologija na tržište rada Ujedinjenog Kraljevstva u posljednjih 15 godina i navodi da su tehnološke promjene utjecale na gubitak oko 800 000 radnih mjesta, ali da postoje dokazi da su stvorili oko 3,5 milijuna novih radnih mjesta. Plaće na novim poslovima bile su više u prosjeku 10 000 funti godišnje naspram onih poslova koji su zbog novih tehnologija nestali. Svjetski ekonomski forum (engl. *WEF-World Economic Forum*) u izvješću *Future of jobs report* (2018) predviđa neto pozitivan ishod za radna mjesta zbog utjecaja novih tehnologija. Svjetski ekonomski forum predviđa da bi do 2022. broj izgubljenih radnih mjesta u svijetu zbog novih tehnologija trebao biti oko 75 milijuna, ali da će nove tehnologije otvoriti i do 133 milijuna novih radnih mjesta. Aoun (2017) navodi da bi se 45 % poslova koji ljudi trenutno obavljaju moglo automatizirati koristeći samo postojeću tehnologiju.

Izgledno je da roboti neće zamijeniti ljude, nego će ih potaknuti na dodatno obrazovanje, prekvalifikaciju i proširivanje znanja. Automatizacija i robotizacija stvara potražnju za kvalificiranom radnom snagom te potiče radnike na prilagodbu u novim poslovnim okolnostima. Roboti su u mnogim tvrtkama utjecali na preraspodjelu radnika na druge zadatke s većom dodanom vrijednošću te stvorili nova zanimanja kao što su robotski programer, robotski operater, robotski tehničar, inženjer za upravljanje robotom i drugo. Iako neke poslove roboti mogu zamijeniti, ljudski će rad i dalje biti prisutan, ali manje na rutinskim i ponavljajućim, a više na složenijim i kreativnim poslovima (Leath, 2020). Shmatko i Volkova (2020) usredotočili su se na istraživanje ponude i potražnje za visokokvalificiranim stručnjacima u robotici i utvrdili da na globalnoj razini nedostaje takve radne snage. Također, prikazano je da poslodavci ne traže visoko specijalizirane radnike s uskim rasponom znanja nego one koji imaju multidisciplinarno znanje, visoku motivaciju, analitičke sposobnosti i da su spremni na učenje i usavršavanje. Brynjolfsson i McAfee (2016) navode da ekonomske

nejednakosti često nastaju kao posljedica obrazovanja koje ne prati razvoj novih tehnologija te da pojedinci i društvo moraju više poraditi na osuvremenjivanju obrazovanja i prilagoditi ga budućim potrebama poslodavaca. Međunarodna federacija robotike (engl. *International federation of robotics* – IFR) (2020) poziva na pojačanu i koordiniranu suradnju između javnog i privatnog sektora. Vlade pojedinih zemalja pozivaju na donošenje obrazovnih politika koje će omogućiti stjecanje potrebnih vještina za poslove koji se stvaraju ili mijenjaju uvođenjem robota na tržište rada. Konačno, tvrtke pozivaju na osiguranje odgovarajućih programa prekvalifikacije za zaposlenike kako bi ih osposobili za potrebna radna mjesta.

Metodologija istraživanja

Uzorak uključuje 28 zemalja Europske unije za vremenski period od 2010. do 2019. izuzevši Maltu i Cipar za koje podaci nisu dostupni. S obzirom na to da je Hrvatska postala članica Europske unije 2013., podaci za Hrvatsku nisu se do tada uzimali u prosjek Europske unije, iako su prikazani u rezultatima istraživanja. Hipoteze su testirane pomoću koeficijenta linearne korelacije – Pearsonovim koeficijentom korelacije i regresijske analize koja daje kvantitativni izraz te povezanosti. Korelacija predstavlja stupanj povezanosti dviju varijabli te ju je moguće brojčano iskazati koeficijentom korelacije. Koeficijent korelacije pokazatelj je stupnja statističke povezanosti dviju varijabli (Udovičić et al., 2017). Izvor podataka za gustoću robota analiziranih zemalja Europske unije jest publikacija *World Robotics 2020 Industrial Robots* (IFR, 2020), a izvor podataka o zaposlenosti baza podataka Eurostata (Puljić, 2022). Analiza potvrđuje ili opovrgava postavljene hipoteze rada: gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije u vezi je s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije od 2010. do 2019., zatim gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije u vezi je s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije od 2010. do 2018. te konačno zemlje Europske unije s većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju veće prosječne troškove za zaposlenike.

Rezultati istraživanja

U radu je spomenuto da zemlje imaju različite veličine gospodarstva te da apsolutni broj industrijskih robota koji se u tim zemljama koristi nije relevantan pokazatelj s kojim bi se mogle uspoređivati. Zbog toga se umjesto apsolutnog broja industrijskih robota kao relevantan podatak uzima gustoća industrijskih robota. Gustoća industrijskih robota je broj operativnih industrijskih robota u odnosu na broj zaposlenih te može obuhvatiti cijelu prerađivačku industriju ili njezine pojedine sektore, npr. autoi-

ndustriju. Međunarodna federacija robotike definira gustoću industrijskih robota kao broj industrijskih robota u odnosu na 10 000 zaposlenih (IFR, 2020).

Tablica 1. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji zemalja Europske unije od 2010. do 2019.

Država \ godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
Austrija	97	101	109	115	119	129	147	163	175	189
Belgija i Luksemburg	120	120	134	159	164	168	180	193	198	211
Bugarska	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9
Češka	40	50	58	68	80	90	102	118	133	147
Danska	150	157	167	176	188	198	212	224	230	243
Estonija	3	4	5	6	8	9	11	15	19	26
Finska	133	129	125	128	128	128	139	136	140	149
Francuska	133	133	131	128	128	131	136	145	162	177
Grčka	6	7	9	11	12	13	14	16	18	18
Hrvatska	2	2	3	4	5	5	6	6	7	8
Irska	19	22	25	28	30	33	35	38	41	44
Italija	173	174	173	174	179	185	185	189	199	212
Latvija	1	1	1	1	2	2	2	3	5	7
Litva	1	2	2	2	3	5	7	10	14	19
Mađarska	18	31	42	50	55	62	67	91	97	106
Nizozemska	72	82	91	102	118	136	157	172	180	194
Njemačka	263	270	273	282	292	301	309	322	338	346
Poljska	12	14	16	18	21	26	30	33	39	46
Portugal	28	30	34	38	39	41	51	58	61	67
Rumunjska	2	5	6	7	9	11	15	18	21	25
Slovačka	46	52	54	85	91	99	132	148	160	169
Slovenija	44	55	71	79	88	97	107	116	140	157
Španjolska	140	152	159	164	166	172	172	175	187	191
Švedska	172	176	183	194	211	236	253	261	267	277
Ujedinj. Kraljevstvo	59	60	66	69	74	76	81	84	88	89
Prosjek Europska unija	72	76	81	84	89	94	102	110	117	125

Izvor: Međunarodna federacija robotike (2020).

Grafikon 1. Prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije od 2010. do 2019.

Izvor: autori.

S obzirom na to da se Hrvatska priključila Europskoj uniji 2013., podaci za Hrvatsku nisu se do tada uzimali u prosjek Europske unije, bez obzira na to što su prikazani u tablici 1. Grafikon 1 i tablica 1 pokazuju da prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji u Europskoj uniji ima kontinuirani rast u promatranom razdoblju.

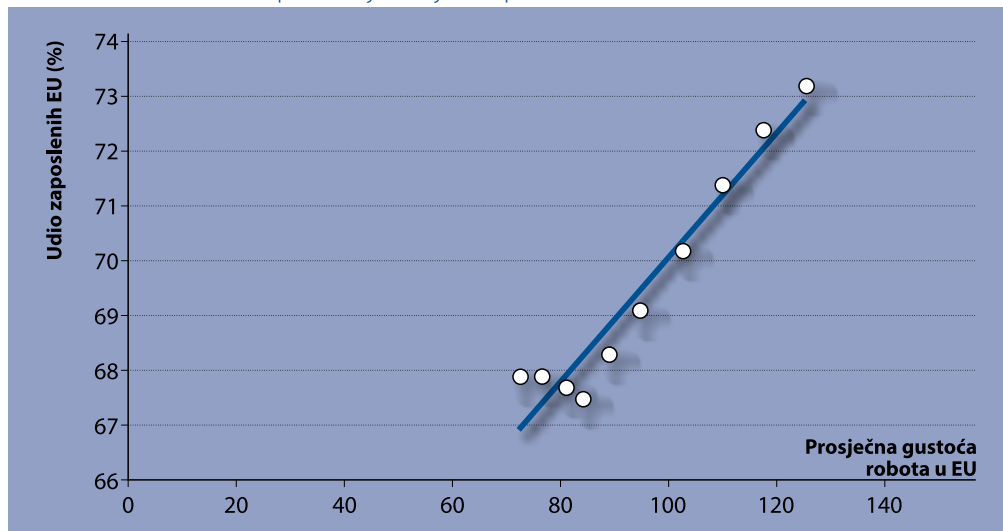
Tablica 2. Prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i udio zaposlenih u dobi od 20 do 64 godine u Europskoj uniji (EU) od 2010. do 2019.

Godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.
Prosječna gustoća robota u EU	72,21	76,21	80,67	83,64	88,52	94,28	102,2	109,6	117,08	125,04
Udio zaposlenih u EU (%)	67,9	67,9	67,7	67,5	68,3	69,1	70,2	71,4	72,4	73,2

Izvor: autori.

Tablica 2 pokazuje prosječnu gustoću robota i udio zaposlenih u dobi od 20 do 64 godine od 2010. do 2019. Iz tablice je vidljivo da je od 2010. do 2013. obilježena stagnacija i blagi pad udjela zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije dok se nakon 2013. bilježi rast s prosječnom vrijednosti od 0,95 %.

Grafikon 2. Odnos gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije i udjela zaposlenih od 2010. do 2019.



Izvor: autori.

Grafikon 2 je dijagram raspršenja koji prikazuje odnos između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i udjela zaposlenih od 2010. do 2019. Pearsonov koeficijent korelacije iznosi $r=0,97$ što pokazuje da je korelacija između prosječne gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i udjela zaposlenih u Europskoj uniji jaka i pozitivna.

Jednadžba linearne regresije pokazuje zavisnost udjela zaposlenosti y_1 , u ovisnosti o prosječnoj gustoći robota x_1 .

$$y_1 = 0,114x_1 + 58,736$$

Jednadžba ukazuje na to da – kada bi se prosječna gustoća industrijskih robota u 2020. povećala za 10 – očekivani bi udio zaposlenih bio 74,13 %. Koeficijent determinacije ($R^2=0,9408$) ukazuje na to da je 94,08 % veze između gustoće industrijskih robota i udjela zaposlenih objašnjeno linearnim regresijskim modelom. Na temelju dobivene vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije koji iznosi $r=0,97$ može se utvrditi da nezavisna varijabla (prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije) značajno utječe na vrijednost zavisne varijable (udio zaposlenih u Europskoj uniji). Može se zaključiti da je dobiveni linearni regresijski model statistički značajan, a time je potvrđena i glavna hipoteza H_0 : gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije u vezi je s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije od 2010. do 2019.

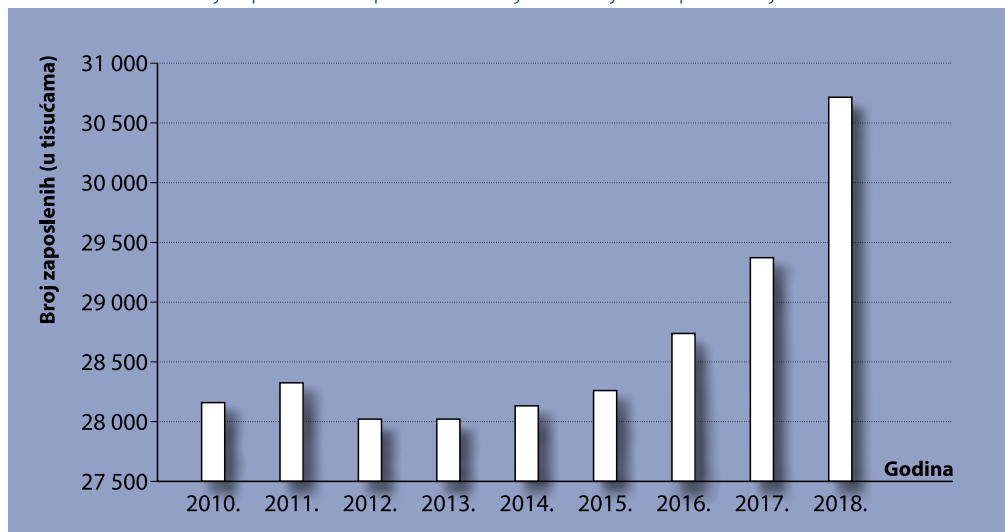
Povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i broja zaposlenih u Europskoj uniji

Analiza koja slijedi prikazat će povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije i broja zaposlenih. U ovome dijelu pokazat će se i broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji za svaku od zemalja Europske unije te njihov ukupan broj od 2010. do 2018. Nakon toga provest će se analiza Pearsonovim koeficijentom korelacije te će se dobiti jednadžbe linearne regresije.

Tablica 3. Broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji u zemljama Europske unije od 2010. do 2018. u tisućama

Država \ godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
Austrija	580	589	597	598	602	605	610	619	659
Belgija	503	504	491	482	470	459	461	464	471
Bugarska	515	516	505	503	515	524	526	533	533
Češka	1 053	1 077	1 075	1 064	1 077	1 110	1 136	1 160	1 166
Danska	289	358	354	344	351	355	300	305	316
Estonija	95	99	102	103	107	108	107	108	108
Finska	360	360	352	339	335	327	320	322	328
Francuska	3 016	2 972	2 933	2 904	2 906	2 815	2 813	3 021	3 034
Grčka	302	268	271	254	246	241	254	261	304
Hrvatska	266	260	251	250	244	246	254	259	259
Irska	175	174	172	174	183	193	206	212	220
Italija	3 417	3 359	3 307	3 203	3 148	3 122	3 175	3 264	3 309
Latvija	107	110	116	119	120	115	115	115	115
Litva	175	181	186	191	200	203	206	208	210
Luksemburg	34	34	34	33	33	33	33	34	34
Mađarska	630	643	645	641	654	691	712	731	764
Nizozemska	660	657	648	642	635	636	644	655	671
Njemačka	6 748	6 965	6 995	7 061	7 094	7 104	7 198	7 261	7 934
Poljska	2 195	2 188	2 162	2 150	2 226	2 285	2 372	2 438	2 665
Portugal	655	644	614	605	619	638	654	679	701
Rumunjska	1 119	1 158	1 157	1 157	1 170	1 192	1 196	1 207	1 227
Slovačka	387	400	390	385	397	413	422	441	452
Slovenija	188	184	181	178	177	180	185	193	202
Španjolska	1 911	1 824	1 704	1 628	1 612	1 665	1 749	1 811	1 912
Švedska	590	595	584	568	555	534	536	546	574
UK	2 457	2 466	2 446	2 441	2 456	2 463	2 554	2 526	2 549
Ukupno EU	28 159	28 325	28 021	28 021	28 132	28 260	28 738	29 372	30 715

Izvor: Eurostat (2021).

Grafikon 3. Broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije od 2010. do 2018.

Izvor: autori.

Tablica 3 prikazuje broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji u zemljama Europske unije od 2010. do 2018. S obzirom na to da se Hrvatska priključila Europskoj uniji 2013., podaci za Hrvatsku nisu se do tada uzimali u ukupnu sumu Europske unije bez obzira na to što su prikazani u tablici 3. Iz grafikona 3 i tablice vidljivo je da je nakon pada 2012. i stagnacije 2013. ukupni broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije rastao iz godine u godinu, prosječno za 539 000 zaposlenika.

Tablica 4. Prosječna gustoća industrijskih robota i ukupni broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije od 2010. do 2018.

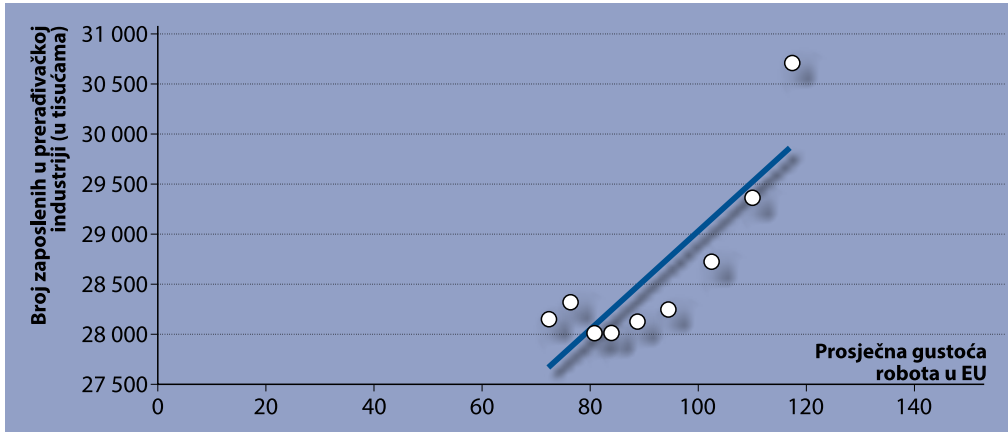
Godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
Prosječna gustoća robota u EU	72,21	76,21	80,67	83,64	88,52	94,28	102,2	109,6	117,08
Ukupno zaposlenih u prerađivačkoj industriji EU u tisućama	28 159	28 325	28 021	28 021	28 132	28 260	28 738	29 372	30 715

Izvor: autori.

Tablica 4 prikazuje prosječnu gustoću industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije i broj ukupno zaposlenih u prerađivačkoj industriji od 2010. do 2018. Podaci pokazuju da od 2014. broj zaposlenih raste iz godine u godinu. Prosječan

broj novozaposlenih od 2014. do 2018. je 539 000, s time da se najveći porast dogodio od 2017. do 2018. kada se u prerađivačkoj industriji zaposlilo više od 1,3 milijuna ljudi.

Grafikon 4. Odnos gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije i broja zaposlenih od 2010. do 2018.



Izvor: autori.

Grafikon 4 je dijagram raspršenja koji prikazuje odnos između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije i broja zaposlenih od 2010. do 2018. Pearsonov koeficijent korelacije iznosi $r=0,85$ što pokazuje da je korelacija između prosječne gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije i ukupnog broja zaposlenih jaka i pozitivna.

Jednadžba linearne regresije pokazuje zavisnost broja zaposlenih y_2 , u ovisnosti o prosječnoj gustoći robota x_1 .

$$y_2 = 49,264x_1 + 24126$$

Jednadžba pokazuje da kada bi se prosječna gustoća industrijskih robota u 2020. povećala za 10 da bi očekivani broj zaposlenih bio oko 30,4 milijuna. Koeficijent determinacije ($R^2 = 0,7252$) ukazuje na to da je 72,52 % veze između gustoće industrijskih robota i broja zaposlenih objašnjeno linearnim regresijskim modelom. Na temelju dobivene vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije koji iznosi $r=0,85$ zaključuje se da nezavisna varijabla (prosječna gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije) značajno utječe na vrijednost zavisne varijable (ukupni broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije). Time se može utvrditi da je dobiveni linearni regresijski model statistički značajan i da je potvrđena hipoteza PH1: gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije u vezi je s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije od 2010. do 2018.

Povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i prosječnih troškova za zaposlenike u Europskoj uniji

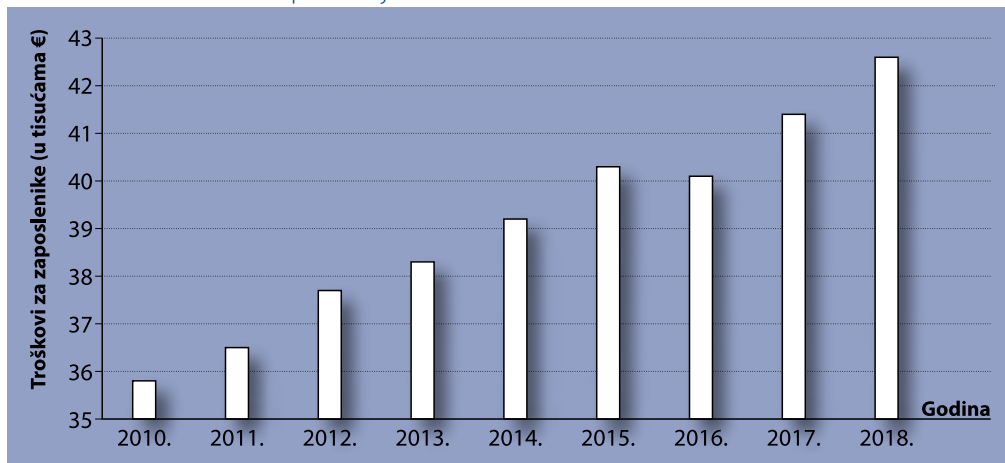
Analiza koja slijedi prikazat će povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije i prosječnog troška za zaposlenike. U ovome dijelu rada također će se prikazati i prosječan trošak za zaposlenike u prerađivačkoj industriji za svaku od zemalja Europske unije od 2010. do 2018. Provest će se analiza Pearsonovim koeficijentom korelacije gdje će se za nezavisnu varijablu uzeti gustoća industrijskih robota, a za zavisnu varijablu prosječan trošak za zaposlenika u promatranim zemljama Europske unije. Nakon toga prikazan je koeficijent linearne regresije.

Tablica 5. Prosječni troškovi za zaposlenike u prerađivačkoj industriji zemalja Europske unije od 2010. do 2018. u tisućama eura

Država \ godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
Austrija	48,6	50,3	52,3	53,8	54,9	56,1	57,2	57,6	60,9
Belgija	56,4	57,5	60,1	62,4	63,8	63,6	63,5	64,8	66,9
Bugarska	4	4,3	4,6	4,9	5,2	5,7	6,2	6,9	7,6
Češka	15,1	16,1	16,2	15,9	15,5	16,1	17	18,7	20,7
Danska	59	47,9	49,2	50,1	51,3	52,8	64,9	66	67,1
Estonija	11,9	12,8	13,6	14,6	15,6	16,2	17,3	18,3	19,8
Finska	46,1	48,2	49,9	50,2	50	52,1	51,9	52,5	53,3
Francuska	48,8	50,1	51,6	52,4	53,3	55,1	55	58,1	59,5
Grčka	28,3	28,1	25,6	24,3	23,3	23,3	22,8	23,1	20,9
Hrvatska	12	11,7	11,9	11,5	11,9	12,2	13,3	13,6	14,7
Irska	48,6	49	50,4	50,5	53,1	53	53,2	53,9	55,7
Italija	38,1	39,6	39,6	40,5	41,5	42,4	42,8	44,1	44,6
Latvija	7	7,6	8,3	8,5	8,9	9,6	10,4	11,3	12,4
Litva	7,8	8,3	8,6	9,2	9,7	10,4	11,3	12,4	13,8
Luksemburg	52,2	53,8	54,6	55,3	56,6	57,6	57,3	58,8	59,3
Mađarska	12,3	13	13,1	13,2	13,4	13,7	14,4	15,5	16,6
Nizozemska	50,4	53	54	54,2	56,6	57,7	57,9	59	61
Njemačka	47,8	48,7	50,3	51,5	53,1	55,1	55,2	57	58,8
Poljska	10,8	11,3	11,8	12	12,5	12,9	12,8	14	15
Portugal	16,7	17	17	17,1	17,3	17,5	17,7	18,3	18,8
Rumunjska	5,8	6,2	6,2	6,7	7,1	7,6	8,5	9,7	10,5
Slovačka	13,2	13,8	14,8	15,4	15,8	16,2	16,9	17,9	19,4
Slovenija	21	21,8	22,4	22,7	23,6	24,1	24,9	25,6	26,7
Španjolska	35,8	36,6	37,1	37,5	37,6	37,3	36,7	37,1	38,3
Švedska	54,6	60,5	63,6	65,4	63,9	63,1	64	65	63,2
Ujedinjeno Kraljevstvo	35,3	35,2	38,8	38,2	41	46	41,6	40,7	40,5
EU prosjek	35,8	36,5	37,7	38,3	39,2	40,3	40,1	41,4	42,6

Izvor: Eurostat (2021).

Grafikon 5. Troškovi za zaposlenike u prerađivačkoj industriji
Europske unije od 2010. do 2018. u tisućama eura



Izvor: autori.

Tablica 5 prikazuje troškove za zaposlenike u prerađivačkoj industriji za svaku od zemalja Europske unije od 2010. do 2018. Iz tablice i grafikona 5 vidljivo je da je prosječan trošak za zaposlenike u Europskoj uniji rastao svake godine, osim 2015. Prosječna godišnja stopa rasta troškova za zaposlenike iznosi 2,2 %.

Tablica 6. Gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i prosječan godišnji trošak za zaposlenike u zemljama Europske unije za 2018.

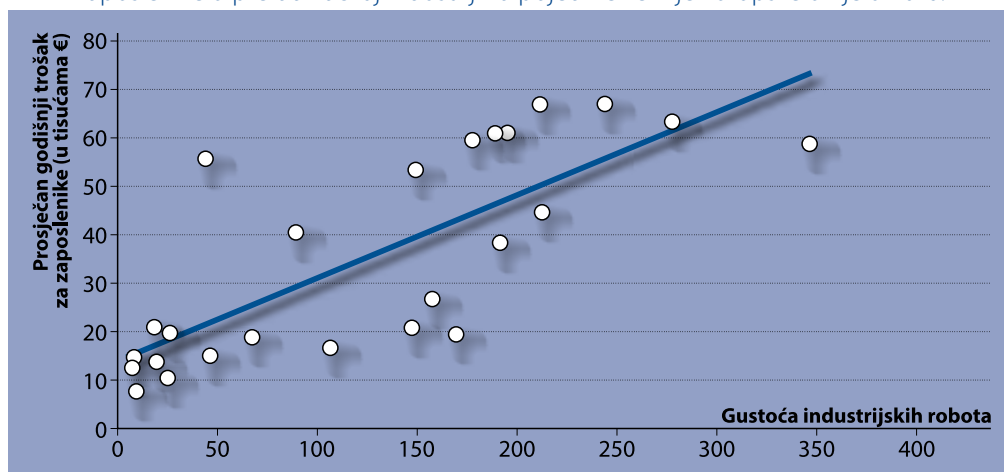
Država	Gustoća industrijskih robota	Prosječan godišnji trošak za zaposlenike (000 eura)
Austrija	189	60,9
Belgija i Luksemburg	211	66,9
Bugarska	9	7,6
Češka	147	20,7
Danska	243	67,1
Estonija	26	19,8
Finska	149	53,3
Francuska	177	59,5
Grčka	18	20,9
Hrvatska	8	14,7
Irska	44	55,7
Italija	212	44,6
Latvija	7	12,4

Država	Gustoća industrijskih robota	Prosječan godišnji trošak za zaposlenike (000 eura)
Litva	19	13,8
Mađarska	106	16,6
Nizozemska	194	61,0
Njemačka	346	58,8
Poljska	46	15,0
Portugal	67	18,8
Rumunjska	25	10,5
Slovačka	169	19,4
Slovenija	157	26,7
Španjolska	191	38,3
Švedska	277	63,2
Ujedinjeno Kraljevstvo	89	40,5

Izvor: autori.

Tablica 6 prikazuje prosječnu gustoću industrijskih robota u prerađivačkoj industriji i prosječan trošak za zaposlenike za svaku pojedinu zemlju Europske unije u 2018. Podaci pokazuju da je zemlja s najvećom gustoćom industrijskih robota bila Njemačka s gustoćom od 346 robota na 10 000 zaposlenih, a s najnižom Latvija sa sedam. Također je vidljivo da je najveći prosječni godišnji trošak za zaposlenike imala Danska (67,1 tisuća eura), a najniži Bugarska (7,6 tisuća eura).

Grafikon 6. Odnos gustoće industrijskih robota i prosječnog godišnjeg troška za zaposlenike u prerađivačkoj industriji za pojedine zemlje Europske unije u 2018.



Izvor: autori.

Grafikon 6 je dijagram raspršenja koji prikazuje odnos između gustoće industrijskih robota i prosječnih troškova za zaposlenike u prerađivačkoj industriji za svaku pojedinu zemlju Europske unije za 2018. Pearsonov koeficijent korelacije iznosi $r=0,77$ što pokazuje da je korelacija između gustoće industrijskih robota i prosječnih godišnjih troškova za zaposlenike u prerađivačkoj industriji srednje jaka i pozitivna.

Jednadžba linearne regresije pokazuje zavisnost prosječnog godišnjeg troška za zaposlenike y_3 , u ovisnosti o gustoći robota x_1 .

$$y_3 = 0,1708x_1 + 14,105$$

Jednadžba pokazuje da – kada bi gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Hrvatske u 2019. bila 12 – očekivani bi prosječni godišnji trošak za zaposlenike u prerađivačkoj industriji bio 16,2 tisuća eura, što bi bio porast od 1,5 tisuća eura. Koeficijent determinacije ($R^2=0,5939$) ukazuje na to da je 59,39 % veze između gustoće industrijskih robota i troškova za zaposlenike objašnjeno linearnim regresijskim modelom. Na temelju dobivene vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije koji iznosi $r=0,77$ zaključuje se da nezavisna varijabla (gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji zemalja Europske unije) utječe na vrijednost zavisne varijable (prosječni godišnji troškovi za zaposlenike u prerađivačkoj industriji). Na temelju rezultata može se utvrditi da je dobiveni linearni regresijski model statistički značajan, a time je potvrđena hipoteza PH2: zemlje Europske unije s većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju veće prosječne troškove za zaposlenike u prerađivačkoj industriji.

Rasprava i zaključak

Analizom razvoja robotike te temeljem rezultata dobivenih statističkom analizom može se utvrditi da razvoj i primjena industrijskih robota nisu utjecali negativno na tržište rada na razini Europske unije. Na temelju podataka Međunarodne federacije robotike 2020. ustanovljeno je da gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji na razini cijelog svijeta iz godine u godinu raste. U 2010. ukupna svjetska gustoća industrijskih robota bila je 48, zatim je 2015. bila 66, a 2019. 113. Trendovi pokazuju da bi se od 2010. do 2020. gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji mogla udvostručiti. To pokazuje da je svjetska industrija prepoznala važnost primjene robotike i uočila mnoge prednosti koje primjena industrijskih robota donosi. Regija Europa s gustoćom od 114 robota na 10 000 zaposlenih u prerađivačkoj industriji druga je po gustoći, odmah nakon regije Azija / Australija s gustoćom od 118. Zemlja s najvećom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji u Europskoj uniji

je Njemačka s gustoćom od 346, a najmanju gustoću ima Latvija sa šest industrijskih robota na 10 000 zaposlenih.

pozitivan utjecaj porasta gustoće industrijskih robota u Europskoj uniji od 1995. do 2015. pokazuje studija Pérez et al. (2020). Ukupni rezultati sugeriraju da su učinci robotizacije na regionalna tržišta rada mali do zanemarivi, ali da je ukupni efekt povećanja broja robota ipak pozitivan. Nadalje, Svjetski ekonomski forum u izvješću *Future of jobs report* (2018) ukazuje na pozitivan utjecaj robotizacije i novih tehnologija na tržište rada. Nakon provedene analize čiji je cilj bio odgovoriti na prvo istraživačko pitanje IP1, odnosno utvrditi povezanost između gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije dobivena je vrijednost Pearsonovog koeficijenta korelacije $r=0,97$. Na temelju te vrijednosti zaključeno je da nezavisna varijabla (gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije) značajno utječe na vrijednost zavisne varijable (udio zaposlenih u Europskoj uniji) te je zaključeno da je dobiveni statistički model značajan. Na taj način potvrđena je glavna hipoteza H0: gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije u vezi je s udjelom zaposlenih u ukupnoj populaciji Europske unije. Temeljem postavljene hipoteze, obradom statističkih podataka, zaključuje se da se povećanjem gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije povećava i udio zaposlenih u ukupnoj populaciji.

Drugo istraživačko pitanje IP2 trebalo je utvrditi je li gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije u vezi s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije. Na temelju vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije $r=0,85$ zaključeno je da nezavisna varijabla (gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije) značajno utječe na vrijednost zavisne varijable (ukupni broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije). Zaključeno je da je dobiveni statistički model značajan i na taj način potvrđena je pomoćna hipoteza PH1: gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije u vezi je s brojem zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije. Time je odgovor na istraživačko pitanje IP2 potvrđan. Temeljem postavljene hipoteze, obradom statističkih podataka, zaključuje se da se povećanjem gustoće industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije povećava i broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji Europske unije.

Treće istraživačko pitanje IP3 treba odgovoriti imaju li zemlje Europske unije s većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji veće prosječne troškove za zaposlenike. Na temelju vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije koji iznosi $r=0,77$ zaključuje se da nezavisna varijabla (gustoća industrijskih robota u prerađivačkoj industriji zemalja Europske unije) utječe na vrijednost zavisne varijable (prosječni godišnji troškovi za zaposlenike u prerađivačkoj industriji). Time je potvrđena hipoteza PH2: zemlje Europske unije s većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju veće prosječne troškove za zaposlenike u prerađivačkoj

industriji. Temeljem postavljene hipoteze i obradom statističkih podataka zaključuje se da zemlje Europske unije s većom gustoćom industrijskih robota u prerađivačkoj industriji imaju i veće troškove za zaposlenike.

Iz prethodnih dijelova rada razvidno je da u cijelom svijetu dolazi do rasta broja industrijskih robota. Takav rast nagnao je ekonomske stručnjake na promišljanje o tome kako će on utjecati na tržište rada te se na razini cijeloga svijeta vode znanstvene i stručne debate o tome. Dok neki ekonomisti u robotizaciji radnih mjesta vide opasnost po radnike u vidu masovnih otpuštanja i smanjenja primanja, drugi u robotizaciji vide priliku za dodatna zapošljavanja i rast prihoda na osnovi povećanja efektivnosti proizvodnih sustava. Rezultati istraživanja pokazali su da rast broja industrijskih robota u prerađivačkoj industriji Europske unije ne utječe negativno na tržište rada. Također, pokazali su da se povećanjem broja industrijskih robota pozitivno utječe na ukupni udio zaposlenih, kao i na broj zaposlenih u prerađivačkoj industriji, a koji bi trebao najviše osjetiti promjene pri robotizaciji i automatizaciji pojedinih poslova. Neke od ključnih stavki koje bi mogle odrediti hoće li pojedinci u izazovima koje daljnja robotizacija donosi izaći kao pobjednici ili gubitnici bit će obrazovanje, dodatno usavršavanje i prekvalifikacija. Zbog različitih prednosti koje robotizacija nosi sa sobom, poput povećanja efektivnosti i smanjenja cijene proizvoda, tvrtke se masovno odlučuju na robotizaciju pojedinih radnih mjesta. Istovremeno, potrebno je da institucije pojedinih zemalja ulože dodatni napor u osvještavanje društva o važnosti te teme i da u sinergiji s gospodarstvenicima omoguće usavršavanje i prekvalifikaciju radnicima čiji bi posao mogao biti ugrožen. Takvo rješenje zadovoljilo bi i poslodavce koji bi dobili kvalificiraniju radnu snagu na tržištu rada.

Ograničenje istraživanja ne može isključiti utjecaj svjetske financijske krize od 2007. na robotizaciju i tržište rada Europske unije, kao i mjere oporavka koje su slijedile u narednim godinama. Također, činjenica je da su industrijski roboti visoko koncentrirani u određenim sektorima i zemljama što utječe na samu analizu istraživanja. Doprinos rada očituje se u prikazu utjecaja porasta broja industrijskih robota na tržište rada s posebnim osvrtom na prerađivačku industriju. Može se pretpostaviti da bi radnici u tom sektoru mogli biti najpogođeniji porastom robotizacije. Strojevi su i dosad zamjenjivali ljudski rad i utjecali na tržište rada, ali nikad dosad intenzitetom kao u zadnjih dvadeset godina. Ekonomisti postavljaju pitanja i iznose svoje stavove o tome što će se dogoditi ako veliki broj radnih mjesta bude u potpunosti zamijenjen različitim vrstama robota ili drugim pametnim strojevima u kratkom vremenskom razdoblju što može biti temelj za buduća istraživanja.

Literatura

- Acemoglu, D. i Restrepo, P. 2017. Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. *Journal of Political Economy* 128 (6): 2188–2244.
- Adachi, D., Kawaguchi, D. i Saito, Y. U. 2020. Robots and Employment: Evidence from Japan, 1978–2017. The Research Institute of Economy, Trade and Industry. <https://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/20e051.pdf>. 7. svibnja 2021.
- Aoun, J. E. 2017. *Robot-proof: higher education in the age of artificial intelligence*. MIT press. Cambridge.
- Anderson, C. 2014. *Makers: The New Industrial Revolution*. Crown Business. New York.
- Antonelli, D. i Bruno, G. 2017. Human-Robot Collaboration Using Industrial Robots. *2nd International Conference on Electrical, Automation and Mechanical Engineering. Advances in Engineering Research* 86: 99–102.
- Baldwin, R. 2019. *The Globotics Upeaval: Globalization, Robotics, and the Future of Work*. Oxford University Press. Oxford.
- Brynjolfsson, E. i McAfee, A. 2016. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. WW Norton i Company. New York.
- Castro, A., Silva, F. i Santos, V. 2021. Trends of Human-Robot Collaboration in Industry Contexts: Handover, Learning, and Metrics. *Sensors* 21 (12): 4113.
- Centre for the New Economy and Society. 2018. *The future of jobs report*. World Economic Forum.
- Craig, J. J. 2005. *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. Pearson. London.
- Eurostat. 2021. Annual detailed enterprise statistics for industry. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SBS_NA_IND_R2__custom_1549244/default/table?lang=en. 20. travnja 2021.
- Fernández-Macías, E., Klenert, D. i Antón, J. 2021. Not so disruptive yet? Characteristics, distribution and determinants of robots in Europe. *Structural Change and Economic Dynamics* 58: 76–89.
- From Brawn to Brains: The impact of technology on jobs in the UK. 2015. <file:///C:/Users/38599/Downloads/deloitte-uk-insights-from-brawns-to-brain.pdf>. 2. ožujka 2021.
- Gleirscher, M., Johnson, N., Karachristou, P., Calinescu, R., Law, J. i Clark, J. 2020. Challenges in the Safety-Security Co-Assurance of Collaborative Industrial Robots. <https://arxiv.org/pdf/2007.11099.pdf>. 3. travnja 2021.
- Jesuthasan, R. i Boudreau, J. 2018. *Reinventing jobs: A 4-Step Approach for Applying Automation to Work*. Harvard Business Press. Cambridge.
- Kelly, K. 2017. *The Inevitable: Understanding the 12 Technological Forces That Will Shape Our Future*. Penguin Books. London.
- Leath, J. 2020. What Jobs Do Robots Create? Robotics Business Review. <https://www.roboticsbusinessreview.com/rbr/what-are-the-jobs-robots-create/>. 27. svibnja 2021.
- International Federation of Robotics. 2020. *World Robotics Industrial Robots*. Frankfurt.

- International Organization for Standardization. 2012. *Robots and robotic devices – Vocabulary*. Ženeva.
- International Organization for Standardization. 2016. *Robots and robotic devices – Collaborative robots*. Ženeva.
- Pérez, A., Ignacio, J., Klenert, D., Fernández-Macías, E., Brancati, M. C. U. i Georgios, A. 2020. The labour market impact of robotisation in Europe. *European Journal of Industrial Relations* 28 (3): 317–339.
- Puljić, M. 2022. *Analiza primjene neuronavigacijskog robotskog sustava u zdravstvenom sustavu Republike Hrvatske*. Diplomski rad. Libertas međunarodno sveučilište. Zagreb.
- Pugliano, J. 2017. *The Robots are Coming: A Human's Survival Guide to Profiting in the Age of Automation*. Ulysses Press. Berkeley.
- Reese, B. 2018. *The fourth age: Smart Robots, Conscious Computers, and the Future of Humanity*. Atria Books. New York.
- Shmatko, N., Volkova, G. 2020. Bridging the Skill Gap in Robotics: Global and National Environment. *SAGE Open* 10 (3): 1–13.
- Udovičić, M., Baždarić, K., Bilić-Zulle, L. i Petrovečki, M. 2007. Što treba znati kada izračunavamo koeficijent korelacije? *Biochemia Medica* 17 (1): 10–15.
- Vido, M., Scur, G., Massote, A. A. i Lima, F. 2020. The impact of the collaborative robot on competitive priorities: case study of an automotive supplier. *Gestão & Produção* 27 (4): e5358.

Analysis of the relationship between robotics and European union labor market

Abstract

The aim of this study is to determine the correlation between the growth in the number of industrial robots and certain characteristics of the labor market of the European union, with special reference to the manufacturing industry. The results of the statistical analysis show how the density of industrial robots (number of robots per 10,000 employees) in the manufacturing sector affects the labor market of the European Union. Correlation and regression analysis showed that the increase in the number of industrial robots in the processing sector of the European Union led to an increase in the share of employees in the total population of the European Union, and that the number of employees in the processing sector grew as did the number of industrial robots. It is also shown that European Union countries with a larger number of industrial robots in the manufacturing sector also have higher costs for employees in the same. The results of the research confirm the main hypothesis H0 which examines whether there is a statistically significant correlation between the density of industrial robots in the European Union manufacturing sector and the share of employees in the total European Union population. In all countries of the European Union, the number of industrial robots is growing, as well as the robotization and automation of many jobs, and it is necessary to prepare the labor market for the challenges posed by such trends. The contribution of the study is reflected in the overview of the impact of the increase in the number of industrial robots on the labour market with special emphasis on the processing industry. The results show the influence of the increase in the number of industrial robots in the processing industry on the share of employees in the European Union, on the number of employees in the processing industry, and show the correlation between the density of industrial robots and average costs for employees.

Key words: industrial robots, density of industrial robots, European Union labor market, employment