

Јован Р. Базић¹
Универзитет у Приштини
са привременим седиштем
у Косовској Митровици,
Учитељски факултет
Лепосавић (Србија)

001.895:37
Прејледни научни рад
Примљен 21/02/2023
Измењен 10/04/2023
Прихваћен 10/04/2023
doi: [10.5937/socpreg57-42977](https://doi.org/10.5937/socpreg57-42977)

Бојана Д. Секулић²
Институт за политичке студије
Београд (Србија)

ОБРАЗОВАЊЕ У КООРДИНАТАМА ИНДУСТРИЈЕ 4.0 И ИНДУСТРИЈЕ 5.0

Сажетак: Индустрија 4.0 (И4.0) и Индустрија 5.0 (И5.0) засноване су на знању које је стечено у образовању, организовано у виду научно-истраживачких активности и одређено у технолошким иновацијама, новим производима и услугама. Циљ овог рада је да се размотре различити аспекти међусобног односа образовања и технологија И4.0 и И5.0. Осим што образовање утиче на развој технолошких иновација, производње нових знања и образовних профила, технологије И4.0 и И5.0 непосредно утичу на образовање – од промена организационе структуре образовних установа и наставних програма, преко увођења нових технологија и знања у наставу, промена у методици учења, до успостављања обавезе континуираног стручног усавршавања наставника. Пошто овај рад има теоријски карактер, у њему ће бити претежно примењена анализа садржаја, као и синтетички метод како би се уобличио релевантни резултати.

Кључне речи: образовање, Индустрија 4.0, Индустрија 5.0, Србија

УВОД

Образовање је цивилизацијско и универзално људско добро. Оно одлучујуће утиче на квалитет живота и развој сваког друштва и појединца, обезбеђује њихову будућност, друштвено-економски просперитет и напредак у сваком погледу. Савремене технолошке иновације имају свој континуитет са ранијим знањима, искуствима и технолошким решењима, тако да оне у суштини чине јединствен процес убрзаног технолошког и друштвено-економског развоја.

Индустрија 4.0 (И4.0) и Индустрија 5.0 (И5.0) јесу развојни европски пројекти који су настали у најразвијенијим земљама, најпре у Немачкој, с циљем повећања раста и глобалне конкурентности. Велики утицај на настанак и развој И4.0 и И5.0 имали су

¹ jovan.bazic@pr.ac.rs

² bojana.sekulic@ips.ac.rs

различити друштвени чиниоци, нарочито економски и политички, који су обезбедили нормативни и институционални оквир, као и финансијску подршку за развој нових технологија. Међутим, одлучујућу улогу у покретању и развоју ових пројеката имале су развојне стратегије Европске уније (ЕУ). Прва је Лисабонска декларација о стратешким циљевима ЕУ (EUSO, 2000), у којој је постављен циљ да Европа до 2010. године треба да постане најконкурентнија и најдинамичнија привреда заснована на знању. Друга је Европа 2020, где се знање и иновације виде као покретачи будућег раста, а знање се одређује као основни ресурс напретка и развоја (ЕС, 2010). И трећа, Циљеви одрживог развоја Европе до 2030, у којој се као приоритет поставља „просперитетно друштво, са модерном, ефикасном и конкурентном економијом заснованом на знању” (ЕС, 2020а). Сагласно овим циљевима, дефинисани су образовни и научни програми Хоризонт 2020, Еразмус+, Хоризонт Европа, као и друге програмске иницијативе у оквиру Европског истраживачког простора и Европског образовног простора. Осим тога, и реформа високог образовања у Европи, позната као Болоњски процес, имала је велику улогу у убрзаном развоју индустрије, јер је створила флексибилније и разноврсније студијске програме који су у комуникационом односу са савременим технолошким иновацијама и променама, ефикасније студирање, масовнију продукцију високообразованих стручњака и њихово брже запошљавање.

Основни циљеви поменутих европских стратегија и реформи у високом образовању, путем различитих препорука и директива, пренети су у националне развојне стратегије где су постављени као приоритети, чиме су обједињене активности ка бржем технолошком развоју и већој привредној конкурентности на глобалном тржишту.

У овом раду се са социолошког теоријско-методолошког становишта разматрају различити аспекти међусобног односа образовања и технологија И4.0 и И5.0, као и њихова друштвена условљеност. С тим циљем, углавном су примењене метод анализе садржаја и синтетичка метода које су послужиле за анализу релевантне теоријске литературе, докумената и искустава добре праксе, а потом за критичку синтезу нових сазнања обједињених у овом раду. Нарочита пажња је посвећена: настанку и еволуцији технолошких иновација у поменутих индустријским пројектима и њиховим основним карактеристикама; утицају образовања на развој научних истраживања и технолошких иновација; прилагођавању образовног система различитим изазовима и стандардима које доносе И4.0 и И5.0; и образовању за нова занимања која детерминишу нове технологије, као и перманентно учење како би се повећала мобилност људи за различита радна места. У том контексту, разматра се и стање у индустрији Србије и њен однос са образовањем.

ОД ИНДУСТРИЈЕ 4.0 ДО ИНДУСТРИЈЕ 5.0

1. Израз „Индустрија 4.0” употребљен је први пут на сајму у Хановеру 2011. године, у пројекту немачке владе о високотехнолошкој стратегији, као средство повећања конкурентности немачке индустрије кроз све већу интеграцију „кибернетичко-физичких састава” у фабрикама (Oberhaus, 2015). Основни циљ који влада и компаније треба да постигну, према овом пројекту, јесте доминација на тржишту побољшањем квалитета, мањих трошкова и флексибилније производње. Индустрија

4.0 углавном означава низ технолошких иновација у различитим пољима, утемељених на технологији дигиталне револуције у чијем су средишту вештачка интелигенција, нано технологија и мобилни уређаји. Платформе ових иновација пружају неограничене могућности креирању знања, његовом приступу и трансферу. Оне великом брзином умножавају иновације које генеришу и нове облике техничке и друштвене комуникације (Bazić, 2016). Ове иновације се уједно означавају и као „Четврта индустријска револуција”³

У новијој, углавном инжењерској, литератури указује се да су технолошке иновације Индустрије 4.0 и Четврте индустријске револуције јединствен процес савременог научно-технолошког напретка, па се у јавном дискурсу не прави битна разлика између ових појмова, тако да се сада све више користи израз Индустрија 4.0 као шири и свеобухватнији појам. Након прве индустријске револуције, у свим каснијим револуцијама овог типа долази до масовнијих и разноврснијих технолошких иновација које су углавном еволутивног карактера, па се зато све учесталије поставља питање да ли се може и даље говорити о индустријским револуцијама или је реч о трендовима технолошког развоја, јер оне у суштини чине јединствен процес убрзаног технолошког и друштвено-економског развоја.

2. У другом таласу реализације пројекта развоја И4.0, предвиђено је да се изврши дигитализација и умрежавање свих функција унутар фабрике и изван ње, у којој на производним линијама све више раде роботи уместо радника. Реч је о стварању „паметне фабрике” (Smart Factory) која треба да користи информатичку и комуникацијску технологију за управљање производним и пословним процесима (Vuksanović, 2020). Зато се структура И4.0 све више усложњава.⁴

³ У процесу развоја ових технолошких иновација и њихове имплементације у индустрији, као и у другим областима привређивања и услугама, на Светском економском форуму у Давосу (2016), Клаус Шваб (Klaus Schwab) је истакао да је у току Четврта индустријска револуција, која се надовезује на Трећу, дигиталну револуцију, али се у односу на њу разликује по брзини, обиму и утицају. Она се „одликује фузијом технологија која замагљује границе између физичке, дигиталне и биолошке сфере” (Schwab, 2016).

⁴ Садашњу структуру И4.0 чине: а) сајбер-физички системи (CPS), као „базична парадигма Индустрије 4.0”; б) рачунарство – производња у облаку, која омогућава приступ подацима са различитих уређаја; в) хоризонтална интеграција, која се односи на стварање глобалне мреже кроз интеграцију и оптимизацију протока информација и робе између предузећа, добављача и купаца; г) вертикална интеграција, која се односи на интеграцију функција и одељења различитих хијерархијских нивоа предузећа и ствара брз проток информација и података; д) индустријски интернет (IoT), који интегрише различите уређаје опремљене могућностима препознавања, идентификације, обраде, комуникације и умрежавања; е) сајбер безбедност, коју чине скуп технологија, алата и процеса који обезбеђују мреже, уређаје и податке прикупљене, ускладиштене и комунициране путем IoT-а; е) симулација, која пружа дигитални приказ производа и процеса како би се унапред идентификовали потенцијални проблеми, избегли трошкови и отпад у производњи; ж) проширена стварност, која омогућава стварање виртуелног окружења у коме људи могу комуницирати с машинама користећи различите уређаје; з) велики подаци и њихова аналитика, што се односи на количину, разноликост и брзину генерисања података, као и на нове технике њихове обраде; и) адитивна производња, која обухвата технологије које омогућавају производњу малих серија у високом степену прилагођавања додавањем „материјала из чврстог блока” (Majstorović et al., 2022, str. 43–75).

Технологије И4.0, у суштини, омогућавају све више нивое производне ефикасности. Оне трансформишу пословне моделе предузећа, подржавају флексибилност производње, ефикасност и продуктивност кроз разне комуникације, информације и комуникационе технологије (Ibarrá et al., 2018). С друге стране, И4.0, као и претходни индустријски системи, све више утиче на стварање еколошке неравнотеже, потрошњу природних ресурса, глобално загревање, деградацију и веће загађење животне средине. Истовремено, настају велике друштвене промене, као и разни друштвени проблеми и изазови, укључујући сиромаштво, неједнакост, миграције, угрожавање мира, правде и просперитета (Griggs et al., 2013). Осим тога, „неке од ових технолошких иновација отварају нова етичка и морална питања на која ће бити нужно врло брзо одговорити” (Bazić, 2016, str. 528).

3. Иако технолошке иновације И4.0 нису почеле масовније да се примењују, убрзо је најављен долазак Индустрије 5.0 (И50). Овај израз је најпре употребио Мајкл Рада (Michael Rada) у свом тексту „Industry 5.0 – from virtual to physical“ указујући да ће након имплементације пројекта И4.0 доћи до тоталне аутоматизације у којој ће човек бити сувишан и да је то дехуманизација рада (Rada, 2015). Међутим, у каснијој литератури све више се указивало да И5.0 треба да уради оно што није успела И4.0, а то је да „промовише праведније и одрживије друштво, у којем постоји симбиотички/сараднички однос између човека и машине/робота” (Coelho et al., 2023, str. 1137). Ове вредности садржане су и у визији ЕУ за будућност индустрије, „али још увек недостаје идеја за уједињење која повезује ове вредности и технолошка решења да окарактерише Индустрију 5.0 као истинску индустријску револуцију” (Coelho et al., 2023, str. 1137).

У трагању за новим моделом друштвено-економског развоја, у стратешким циљевима одрживог развоја Европе, И5.0 се „нуди као развојна парадигма (...) како би се пронашло функционално решење за највећи изазов с којим се човечанство икада суочило – климатске промене и колапс биолошког диверзитета” (Petrović, 2022). О томе је говорено и на овогодишњем светском економском форуму у Давосу, где је истакнуто да „запањујућих 1,6 милијарди људи живи у климатски осетљивим жариштима, што значи да су њихови домови, средства за живот и животи већ угрожени. Тај број би се могао удвостручити до 2050. године” (WEF, 2023).

У технолошком смислу, пројекат И5.0 захтева повратак човека у процес производње уз коришћење нових техника, посебно кооперативних робота (Collaborative Robots), односно „кобота” (Cobots). Тиме би се успоставио нови облик сарадње човека и робота како би се максимално искористиле могућности машина и људи. Сматра се да би то био нови повратак радника у производни процес, у којем би се користиле предности аутоматизације и когнитивних способности људи. За то се морају обезбедити многи предуслови, што ће омогућити роботима да препознају околину и значајно повећати њихову примену. Сматра се да су роботи добро решење и за многе друштвене изазове са којима се садашње друштво суочава, као што су брига о старијим особама, замена људи на опасним или монотоним пословима итд. (Evjemo et al., 2020).

Технолошке иновације И4.0 и И5.0 врло брзо су дале замах расту европске индустрије, тако да „индустрија генерише 80% извоза ЕУ (по вредности), а такође даје и 80% иновација и нових технолошких решења на годишњем нивоу” (Mitrović, 2019, str. 56). Технологије ових индустрија мењају производњу, економију, друштво, али и

животе људи, тако да се и у Дигиталној стратегији ЕУ, указује „да ова трансформација функционише за људе и предузећа” (ЕС, 2019). Зато се очекује да И5.0 обезбеди људима „дугорочније бенефите и напредак, пре свега, на пољу раста и напретка, бриге о животној средини, ограничениости ресурса и људским правима” (Kuleto, 2021).

Настојања да се работи примене у свим подручјима људске делатности имају утицаја на промену тржишта рада, јер ће многе раднике заменити работи који ће обављати њихове послове. Очекује се да ће у многим секторима радна места бити замењена или ће се у њима смањити број послова, али неће бити угрожени послови у којима се тражи креативност, попут инжењера, истраживача, уметника (писаца, композитора, музичара, певача, глумаца, модних дизајнера итд.) и сличних занимања (Nikolić, 2021).

МЕЂУЗАВИСНОСТ НОВИХ ТЕХНОЛОГИЈА И ОБРАЗОВАЊА

Све досадашње технологије, нарочито технолошке иновације И4.0 и И5.0, утичу на друштвене промене, укупан развој привреде, науке и образовања, што је изражено у повећању производње, увећавању друштвеног богатства и побољшању животног стандарда људи. Међутим, сви ови чиниоци повратно утичу на развој технолошких иновација, јер образовни систем, привредно окружење и влада стварају институционалне и друштвене оквире за производњу, пренос и примену знања. Иновације су зависне од знања, јер је знање својеврсно добро, које се производи и преноси. Зато се унапређења у знању и његова примена стварају у интегралним процесима научно-истраживачких активности, привредног и економског система, као и целокупног друштвеног окружења.

1. Утицај образовања на развој технолошких иновација И4.0 и И5.0 веома је значајан, јер су то технологије које су засноване на знању које је у непосредној вези са образовањем. Реч је о опредмећеном знању кроз технолошке иновације, знању којим се остварује развојна супериорност и тржишна вредност. Знање је у поменутиим европским стратегијама истакнуто као кључни чинилац савременог привредног развоја, јер једино знање које друштво има и њиме се користи, као и способност сталног учења, омогућује конкурентску предност. Зато је изражена подршка знању кроз већа улагања у образовање и стручно усавршавање, научна истраживања и технолошке иновације. Следствено томе, улога знања је пројектована у циљеве убрзаног развоја ЕУ и земаља њених чланица, као и њихове веће конкурентности на глобалним тржиштима (Bazić & Knežević, 2016, str. 87).

Истраживачки сектор и високо образовање су главни фактори производње новог знања и његовог акумулирања; трансмисије знања кроз процес образовања и усавршавања, чиме се повећава количина људског капитала; као и процеса трансфера знања. Убрзани развој науке и свакодневно укључивање нових технолошких решења у процесе производње отварају нова радна места и траже нове образовне профиле. Сматра се да 90 одсто занимања треба да се употпуни са одређеним знањима из дигиталних вештина (Nikolić, 2021). Процеси неопходних промена у образовном систему су дуготрајни и подлежу великој административној процедури. Брзе промене могу лакше остварити институције које су флексибилне у приступу образовању и које су често врло уско усмерене према исказаним потребама привреде и радника. У свету ту улогу

најчешће преузимају алтернативне и неформалне образовне установе и привредни субјекти. Међутим, ту често постоји проблем правне регулативе и признавања диплома које су основа за запошљавање и напредак у послу. Зато је нужна сарадња образовних институција са креаторима образовне политике, предузећима и другим привредним субјектима како би се остварио флексибилнији концепт образовања. Све већи значај има и самостално учење које је нужно скоро за свако ново радно место (Nikolić, 2021).

У новим условима посебно је значајна улога универзитета, па се све чешће истиче да је нужно и њихово прилагођавање потребама тржишта, јер савремена привредна структура тражи стручњаке широког образовања са новим знањима. Један од кључних задатака је развијати код стручњака отвореност према новинама из науке, интердисциплинарни сарадњу и иновативност. Истовремено, потребно је повећање интердисциплинарних студијских програма и интегрисање информатичких технологија у основне струке.

2. Осим утицаја образовања на развој технолошких иновација, треба имати у виду и да нове технологије непосредно утичу на образовање – од адаптације образовних установа за нове технологије, преко измена наставних планова и програма, увођења нових технологија у наставу, промена у методици извођења наставе, до обавезе за непрестаним стицањем нових знања наставника на свим нивоима образовања, тако да нове технологије стварају „интелигентно образовно окружење” (Grech, 2016). Међутим, технологије мењају и свакодневни живот људи, јер су они све више сабијени у динамичном технолошком окружењу тако да без одређених технолошких ИКТ вештина све теже функционишу и све се више осећају као „рековалесценти”.⁵ Зато се у развојним пројекцијама ЕУ истиче као циљ да до 2030. године 80 одсто становништва у Европи стекне основне дигиталне вештине (ЕС, 2019).

Технологије И4.0 и И5.0 битно мењају начин учења, што је дошло до изражаја нарочито у време пандемије COVID-19 када је учење на даљину било једини начин да се одржи образовни процес. Тада је дошла до изражаја „синергија технологије са образовањем”, чиме је створено паметно окружење које је имало утицај и на организациону структуру у школама (Radun, 2020). Истовремено, дошло је и до убрзаног развоја различитих софтвера и алата за учење на даљину, што се одразило нарочито на масовну употребу мобилних телефона у сврху учења (M-learning). Такве тенденције биле су видљиве и пре пандемије COVID-19, особито у високоразвијеним технолошким друштвима, попут Тајвана, где су забележена занимљива искуства коришћења мобилних телефона у учењу (Chou, et al., 2019, pp. 66–76). Осим тога, технологија у наставном процесу током пандемије COVID-19, извршила је дигитални скок и ка Индустији 4.0 (Alakrash & Razak, 2021).

⁵ У Србији је формирана Е управа, што је допринело ефикаснијем раду државне администрације и комуникацији између различитих државних органа, установа и јавних служби, привредних субјеката, као и грађана у комуникацијама са јавним сектором. Али је проблем у томе што многи људи не могу да користе услуге Е управе јер немају елементарна знања из ИКТ-а. Зато су још увек велики редови испред шалтера у државним установама, поштама, банкама и сл. Процес увођења Е управе требало је да прати и процес истовремене одговарајуће обуке, нарочито за старије људе, што се могло реализовати преко пензионерских удружења, локалне самоуправе, невладиног сектора итд.

У новијој литератури се све више, из различитих делова света, указује на карактеристична искуства утицаја технолошких иновација И4.0 и И5.0 на образовање, али истовремено и на активности које треба предузети у образовним установама како би се оне прилагодиле новим околностима које детерминишу нове технологије. Најпре, износе се различита искуства како су се образовне установе адаптирале на нове околности, почев од прилагођавања њихове инфраструктуре, промене радног окружења и увођења нових наставних садржаја и технологија, као и обуке запослених за руковање тим технологијама (Chou, et al., 2018; Pangestu, 2019), њиховог развоја који је довео до побољшања квалитета наставе (Nga, et al., 2018), па све до увођења стандарда ефикасног управљања (Recalde et al., 2020). Осим тога, школе и друге образовне установе истовремено развијају све иновативније и креативније моделе сарадње са индустријом (Tjirtady & Yoto, 2019), што их све више приближава технологијама И4.0 и И5.0.

Поред промена у образовним установама, у литератури се указује на мноштво различитих питања која се односе на електронско учење. При томе се указује и на све већу синхронизацију образовног сектора и увођења електронског учења, јер, како се истиче, електронско учење омогућава и лакшу сарадњу између школа (Azhari et al., 2020). Неки аутори придају велики значај одабиру медија за учење према стандардима И4.0, како би се могли тестирати нивои атрактивности и ефикасности мобилног web-а заснованог на плану учења (Mukhadis et al., 2021), као и развоју мобилних апликација за учење у школама (Fadzil et al., 2020). У том контексту, указује се и на потребу развоја мотивације и когнитивних способности ученика ради побољшања квалитета *online* учења, при чему је потребно стално изграђивати нове моделе учења како би се побољшао успех ученика (Putra et al., 2019).

Поседна пажња се посвећује питањима која се односе на континуиране промене наставних садржаја, нарочито у математичком и информатичком образовању у складу са парадигмама И4.0 (Sari & Wilujeng, 2020; Mariana, 2019), али и увођењу различитих курсева, попут курсева за анализу података и сл. (Chou et al., 2018), као и развоју стандарда високог образовања за обуку дигиталних кадрова у условима И4.0 (Gerasimova et al., 2019). У том контексту, велики значај се придаје усавршавању инжењерског образовања кроз дигитални инжењеринг и сарадњу факултета, универзитета и привредних субјеката; а потом развоју пројеката о аутономној робототици где студенти могу сами да програмирају (Kovshov et al., 2020; Tosello et al., 2019).

Нарочита пажња се посвећује образовању и усавршавању наставника на свим нивоима образовања. Ту се могу запазити различита искуства, али је свима заједничко да су неопходне промене у школовању учитеља и наставника, као и у програмима додатног образовања (Shukalov et al., 2020; Soenarto et al., 2020). Али, с друге стране, потребне су и континуиране провере развоја наставника, односно њихов напредак у стручном и техничком усавршавању, нарочито у STEM подручју (Akgunduz & Mesutoglu, 2021). У том контексту, истиче се и потреба развоја стандарда за акредитацију педагошких радника и промену законских прописа у погледу њихове стручне спреме и вештина према трендовима развоја (Andres et al., 2020).

Овај летимични поглед на запажен утицај технолошких иновација И4.0 и И5.0 у образовању, указује на ледени брег сложених промена и изазова са којима се суочава образовање.

3. У трансформацијама које генерише И5.0 од образовања се захтева да развија интензивне обуке и тренинге за њену примену, што би се постигло мултидисциплинарним приступом кроз сарадњу привреде са образовним и научним сектором. С тим циљем су дефинисани образовни и научни програми, као и друге иницијативе у оквиру Европског истраживачког простора и Европског образовног простора коме се тежи. У Програму вештина за Европу (ЕС, 2020b) препоручује се брза идентификација тражених знања и вештина, као и њихово укључивање у националне стратегије. Од образовног система се тражи да буде еластичнији и да благовремено препозна вештине које недостају радно активном становништву. У процес образовања и повремених обука треба да се укључе и приватне компаније како би се препознале потребе у недостајућим знањима и вештинама и помогле у одговарајућим преквалификацијама и тренинзима; а образовни систем треба да јача креативност као једину карактеристику која не може бити замењена машинама. Осим тога, од образовног система се тражи да младе људе научи како да управљају друштвено корисним пројектима и узимају у обзир социјалну димензију у решавању проблема (Kuleto, 2021).

ГДЕ ЈЕ СРБИЈА?

У разматрању стања у Србији у вези с укљученошћу у технолошке трендове И4.0 и И5.0 као и искустава развијених земаља у Европи и свету, не може се занемарити чињеница да је инфраструктура српске индустрије девастирана у транзиционим процесима. Зато се она тешко опоравља и „о томе речито говори податак да је индустријска производња 2015. износила само 49,7 одсто у односу на 1990. годину” (Јокović, 2020, стр. 1782). Током 2015. године, у ИКТ сектору пословало је 3,7 одсто од укупног броја регистрованих привредних друштава у Србији (Stankić et al., 2018, стр. 66). У таквом стању било је тешко створити неке озбиљније технолошке иновације или применити неке од оних које су већ имплементирани у развијеним европским земљама. У једном, нешто каснијем, истраживању о стању примене технологија И4.0 у прерађивачком сектору у Србији, указује се да је она на веома ниском нивоу, јер је само 12,6 одсто предузећа увело технологије индустријских робота, а планирање и управљање производњом подржано рачунаром, запажено је у 31,6 одсто предузећа. Затим, 2,8 одсто предузећа увело је нано технологије у производне процесе, док је њих 2,1 одсто увело адитивне производне технологије за брзу израду прототипа. Предузећа која су увела неку од технологија И4.0 у своје производне процесе учинила су то на веома ниском нивоу искоришћења капацитета (Јокović, 2020, стр. 1784).

У последњих неколико година улажу се велики напори да се створе услови за опоравак српске индустрије и њен прикључак савременим развојним трендовима.⁶

⁶ Машински факултет у Београду је, од 2015. године, иницијатор и координатор различитих активности како би се Србија укључила у европске развојне пројекте И4.0 и И5.0, што је резултирало дефинисањем Дигиталне платформе за Индустрију 4.0 и Алијансе за Индустрију 4.0 (Мајstorović et al., 2022, стр. 121–136). У Дигиталној платформи је трасиран пут за дигиталну трансформацију Србије. Алијанса за И4.0 је, с циљем јачања индустријске производње, окупила надлежна министарства, машинске, електротехничке и техничке факултете државних универзитета, као и Економски факултет у Београду, научне институте, привредне

Поседна пажња се посвећује развоју информационог друштва, образовном систему и научно-технолошком развоју, што је дефинисано у развојним стратегијама Србије,⁷ које су углавном усаглашене са европским развојним стратегијама. То је утицало на развој научне инфраструктуре у Србији, која је изражена у развоју брзог интернета, модернизацији научних института и факултета, формирању Центра за промоцију науке, Фонда за науку, центара изврности, научно-технолошких паркова; укључивању у научне и образовне пројекте ЕУ, расписивању позива за националне пројекте, подмлађивању научно-истраживачког кадра и сл. Све је то допринело бржем друштвено-економском развоју, што се најбоље може илустровати у оствареним резултатима у ИКТ сектору за 2020. годину: остварен је извоз услуга у износу од 1,44 милијарде евра; 78.000 људи је запослено у овом сектору, а просечна плата, током 2020. године, износила је 180.000 динара ≈ 1.600 EUR (Vlada RS, 2023). На основу ових података потврђује се теза да се „кључна шанса за нашу земљу пружа (се) у услужним секторима са високим садржајем знања и нематеријалним креативним производима” (Ђорић & Roganović, 2021, str. 118).

У функцији развоја технолошких иновација и њихове примене, извршене су и велике промене у образовном систему на свим нивоима институционалног образовања. То је чињено, углавном, кроз измену наставних садржаја и увођењем у наставу нових технологија. У првом циклусу основног образовања, од првог до четвртог разреда, постоји наставни предмет Од играчке до рачунара. А у другом циклусу, од петог до осмог разреда, уведен је у наставу предмет Информатика и рачунарство (2017). У гимназијама се у свим разредима изучава Рачунарство и информатика, као и у средњим стручним школама у првом разреду; а у другом, трећем и четвртном разреду постоје информатички предмети који су прилагођени одређеном занимању (Stankić et al., 2018, str. 67–68). У средњим стручним школама дошло је до већих промена јер су се, осим измене наставних садржаја, чешће мењали наставни предмети и уводили нови образовни профили прилагођени технолошким променама и захтевима тржишта рада. У основним и средњим школама формирано је 2.808 дигиталних кабинета и 247 информатичких одељења у средњим школама (Влада РС, 2023). Додатни кораци ка приближавању стручног образовања привреди учињени су увођењем дуалног образовања (2017). Овим моделом образовања обухваћено је око 10 хиљада ученика који се школују за неки од 54 образовна профила у 150 средњих стручних школа. Такође, овим моделом образовања обухваћено је и високо образовање, тако да од 2021. године око 150 студената студира на неком од 32 акредитована студијска програма (Sekulić, 2022, str. 227–229).

У високом образовању је извршена велика реформа према стандардима Болоњског процеса, што се одразило на флексибилније студирање, повећање броја свршених

асоцијације, произвођаче софтвера, јавна предузећа, војну индустрију, приватне компаније и НВО Дигитална Србија. Сви ови чиниоци заједно и сваки од њих засебно улажу велике напоре како би се развиле иновативне технологије у српској индустрији и привреди.

⁷ То су: 1) Стратегија развоја информационог друштва у Србији до 2020. године, „Службени гласник РС“, број 51/2010; 2) Стратегија развоја образовања у Србији до 2020. године, „Службени гласник РС“, број 107/2012; и 3) Стратегија научног и технолошког развоја Републике Србије за период од 2016. до 2020. године – Истраживања за иновације, „Службени гласник РС“, број 25/2016.

студената и њихово брже запошљавање. С друге стране, привреда и друштво су добили више стручњака који се могу брже укључити у процес рада. И у установама високог образовања све већа пажња посвећује се изучавању информатике. Осим факултета и академија струковних студија, у природно-математичкој и техничко-технолошкој научној области, изучавање информатике врши се и у оквирима других научних области кроз повезивање са одређеном струком: Информатика у образовању, Пословна информатика, Правна информатика, Примена ИКТ у медицини и сл. (Bazić, 2017, стр. 532–533). У Србији је на почетку Школске 2021/2022. године уписано укупно 243.952 студента на свим нивоима студија на државним и приватним високошколским установама (RSZ, 2022, стр. 12). Од тог броја, у образовном подручју Информационе и комуникационе технологије, уписано је 24.107 студената (9,88%). Ако се томе дода број студената и у другим релевантним подручјима, као што су: а) Природне науке, математика и статистика, где је уписано 15.270 студената (6,26%) и б) Инжењерство, производња и грађевинарство са уписаних 48.631 студент (19,93%), онда је то укупно 85.008 студената (36,07%). Ова образовна подручја кореспондирају са филозофским основама Индустрије 4.0 – STEM (science, technology, engineering, mathematics – наука, информатика, техника, математика), што указује у ком правцу треба усмерити образовање како би се остварили циљеви Индустрије 4.0 (Ak Gunduz & Mesutoglu, 2021). Зато је поменута структура уписаних студената добар интелектуални потенцијал за развој И4.0 и И5.0 у Србији, али се он у сваком случају мора повећавати. Ако се погледа стање и у другим образовним подручјима, могу се запазити још занимљивије пропорције (видети: [Графикон 1](#) и [Табелу 1](#) у прилогу).

У развојним стратегијама које су усвојене за трећу деценију овог века, може се запазити да су у њима образовање, наука и технолошке иновације дефинисани као кључни чиниоци друштвено-економског развоја Србије.⁸

ЗАКЉУЧЦИ

Технолошке иновације Индустрије 4.0 и Индустрије 5.0 имају свој континуитет са ранијим знањима, искуствима и технолошким решењима, тако да оне чине јединствен процес убрзаног технолошког и друштвено-економског развоја. У средишту технолошких иновација је знање које је стечено у образовању и организовано у виду научно-истраживачких активности, а потом опредмењено у новим технологијама, производима и услугама. Почетак И4.0 везује се за 2011. годину и она, углавном, означава низ технолошких иновација које карактеришу аутономни сајбер – физички системи који међусобно комуницирају користећи индустријски интернет, вештачку интелигенцију и велике количине података складиштене у такозваним облацима. И5.0 наступа неколико

⁸ То су: 1) Стратегија индустријске политике Републике Србије од 2021. до 2030. године, „Службени гласник РС“, број 35/2021; 2) Стратегија научног и технолошког развоја Републике Србије за период од 2021. до 2025. године – Моћ знања, „Службени гласник РС“, број 10/21; 3) Стратегија развоја образовања и васпитања у Републици Србији до 2030. године, „Службени гласник РС“, број 63/21; и 4) Стратегија паметне специјализације у Републици Србији од 2020. до 2027. године, „Службени гласник РС“, број 21/2020.

година касније (2015) и она се јавља као потреба за коришћењем нових техника како би се максимално искористиле могућности машина и људи. У ширем смислу, како се често указује, реч је о промоцији праведнијег и одрживијег друштва. Међутим, не на уштрб смањења профита и експлоатације, већ како би се пронашло неко решење за превазилажење климатских промена и колапса биолошког диверзитета.

И4.0 и И5.0 су развојни пројекти који су настали у крилу ЕУ с циљем повећања глобалне конкурентности европске привреде. У овим пројектима се знање и технолошке иновације препознају као покретачи раста, а знање се одређује као основни ресурс напретка и развоја. Иновације су зависне од знања, јер је знање својерсно добро које се производи и преноси. Истраживачки сектор и високо образовање су главни чиниоци производње знања, његовог акумулирања и трансмисије кроз процес образовања и усавршавања. Убрзани развој науке и свакодневно укључивање нових технолошких решења у производњу отварају нова радна места и траже нове образовне профиле. Због тога је нужна перманентна промена образовних програма и обликовање флексибилних образовних институција које треба да буду усмерене према потребама привреде. Све то треба да се чини уз сарадњу креатора образовне политике, образовних установа и привредних субјеката. Затим, све већи значај имају одговарајуће преквалификације и обуке, као и самостално учење које је неопходно скоро за свако ново радно место. Међутим, овде се често губи из вида да образовни систем треба да јача и креативност људи као једину карактеристику која не може бити замењена машинама и да младе људе научи како да управљају друштвенкорисним пројектима који укључују социјалну димензију у решавању проблема.

Осим утицаја образовања на стицање знања и развој технолошких иновација, нове технологије непосредно утичу на процес образовања – од адаптације образовних установа и промена њихове организационе структуре, преко измена наставних програма, увођења нових технологија у наставу, промена у методици учења, до обавезе за непрестаним усавршавањем наставника на свим нивоима образовања. У време пандемије COVID-19, када је учење на даљину било једини начин да се одржи образовни процес, многи истраживачи су приметили да је тада дошло до дигиталног скока ка И4.0.

Технологије И4.0 и И5.0 у Србију су стигле најпре кроз образовне и научно-истраживачке процесе. Међутим, њихово укључивање у производњу текло је много спорије, јер српска привреда није имала инфраструктуру која би могла да примени нова технолошка решења нити да их самостално произведе. У последњих неколико година улажу се велики напори да се створе нормативни, институционални и финансијски услови за опоравак српске индустрије и њен прикључак савременим развојним трендовима. Посебна пажња је посвећена опоравку постојећих и изградњи нових капацитета, што је укључило и значајне технолошке иновације И4.0, као и увођење њених технолошких процедура и стандарда у привреду. Истовремено, учињени су значајни напори на реформи образовања и науке, као и на побољшању њихове инфраструктуре кроз реконструкцију постојећих и изградњу нових објеката; инсталирању савремене опреме; и подмлађивање наставно-научног кадра у високом образовању и у научним институтима. Осим тога, потребна су много већа улагања у образовање и науку, јер једино ови сијамски близанци могу обезбедити држи друштвено-економски развој и напредак српског друштва у целини.

Jovan R. Bazić¹
University of Priština, in Kosovska Mitrovica
Teachers Education Faculty Prizren – Leposavić
Leposavić (Serbia)

Bojana D. Sekulić²
Institute for Political Studies
Belgrade (Serbia)

EDUCATION IN COORDINATES OF INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0

(Translation *In Extenso*)

Abstract: Industry 4.0 (I4.0) and Industry 5.0 (I5.0) are based on knowledge acquired in education and organized in the form of scientific research activities and materialized in technological innovations, new products and services. The aim of this paper is to consider various aspects of the mutual relationship between education and technologies I4.0 and I5.0. In addition to the fact that education affects the development of technological innovations, the production of new knowledge and educational profiles; technologies I4.0 and I5.0 have a direct impact on education, from changes in the organizational structure of educational institutions and teaching programmes, through the introduction of new technologies and knowledge in teaching, changes in learning methods, to the establishment of the obligation of continuous professional development of teachers. Since this paper has a theoretical character, the content analysis and the synthetic method will be mainly applied in it in order to arrive at relevant results.

Keywords: education, Industry 4.0, Industry 5.0, Serbia

INTRODUCTION

Education is a civilizational and universal human good. It has a decisive effect on the quality of life and the development of every society and individual, ensuring their future, socio-economic prosperity and progress in all aspects. Modern technological innovations have their continuity with former knowledge, experiences and technological solutions, so that they essentially constitute a unique process of accelerated technological and socio-economic development.

Industry 4.0 (I4.0) and Industry 5.0 (I5.0) are European development projects initiated in the most developed countries, first in Germany, with the aim of increasing growth

¹ jovan.bazic@pr.ac.rs

² bojana.sekulic@ips.ac.rs

and global competitiveness. The creation and development of I4.0 and I5.0 were largely affected by various social factors, particularly economic and political ones, which ensured the normative and institutional framework, as well as financial support to the development of new technologies. However, the development strategies of the European Union (EU) played a decisive role in initiating and developing these projects. The first one is the Lisbon Declaration on EU Strategic Goals (EUCO, 2000), which established the goal that by 2010 Europe should become the most competitive and dynamic economy based on knowledge. The second one is Europe 2020, where knowledge and innovations are seen as the driving force of the future growth, while knowledge is determined as the basic resource of progress and development (EC, 2010). The third one, Sustainable Development Goals of Europe by 2030, which sets the priority of a “prosperous society with modern, efficient and competitive economy based on knowledge” (EC, 2020a). In line with these goals, educational and scientific programmes have been defined: Horizon 2020, Erasmus+, Horizon Europe, as well as program initiatives with the European Research Area and the European Educational Area. In addition. The higher education reform in Europe, known as the Bologna process, played a great role in the accelerated development of industry, because it created more flexible and diverse study programmes that are in a communication relationship with modern technological innovations and changes, more efficient studying, mass production of highly educated experts and their faster employment.

The main goals of the above-listed European strategies and reforms in higher education, through various recommendations and directives, have been transferred into national development strategies, where they are set as priorities, thus unifying the activities directed towards faster technological development and higher economic competitiveness in the global market.

This paper considers, from the sociological theoretical-methodological standpoint, different aspects of the mutual relationship of education and technologies I4.0 and I5.0, as well as their social conditionality. With that aim, the analysis content method and the synthetic method were applied, which served for analyzing the relevant theoretical literature, documents and good practice experiences, and then for a critically synthesis of new findings unified in this paper. Special attention was dedicated to the creation and evolution of technological innovations in the above-mentioned industrial projects and their basic characteristics; the effect of education on the development of scientific research and technological innovations; adjustment of the educational system to various challenges and standards brought by I4.0 and I5.0; and education for new professions determined by new technologies, as well as permanent learning for the purpose of increasing people’s mobility for different workplaces. In that context, the condition of the industry in Serbia and its attitude towards education are also considered.

FROM INDUSTRY 4.0 TO INDUSTRY 5.0

1. The term “Industry 4.0” was first used at the Hannover Messe in 2011, in the German government’s project about the high-technology strategy as an instrument of increasing competitiveness of German industry through an increasing integration of “cybernetic-physical systems” in factories (Oberhaus, 2015). The main goal the government

and companies should achieve, according to this project, is market dominance through the improvement of quality, lower costs and more flexible production. Industry 4.0 mostly denotes a series of technological innovations in different fields, founded on the digital revolution technology centred on artificial intelligence, nanotechnology and mobile devices. The platforms of these innovations provide unlimited possibilities of creating knowledge, its access and transfer. They rapidly multiply innovations that also generate new forms of technical and social communication (Bazić, 2016). These innovations are at the same time denoted as the “Fourth Industrial Revolution”.³

More recent, mostly engineering literature, points out that technological innovations of Industry 4.0 and the Fourth Industrial Revolution are a unique process of modern scientific-technological progress, and no relevant difference is made between these concepts in the public discourse, and now the term Industry 4.0 is increasingly used as a broader and more comprehensive concept. After the First Industrial Revolution, all subsequent revolutions were marked by mass and more various technological innovations that are mostly of evolutive character, and that is why an increasingly frequent question arises as to whether we can still speak of industrial revolutions or those are trends of technological development, because they essentially constitute a unique process of accelerated technological and socio-economic development.

2. In the second wave of the implementation of the development project of I4.0, it is stipulated to conduct digitization and networking of all the functions inside and outside the factory, in which more and more robots instead of humans work on the production lines. This is the creation of a “smart factory” that should use information and communication technology for managing production and business processes (Vuksanović, 2020). That is why the structure of I4.0 is becoming more and more complex.⁴

³ In the development process of these technological innovations and their implementation in industry, as well as in other areas of business and services, at the World Economic Forum in Davos (2016), Klaus Schwab emphasized that the Fourth Industrial Revolution was underway, building on the third, or digital revolution, but it differed from it by speed, scope and impact. It is “characterized by the fusion of new technologies that blur the boundaries between physical, digital and biological spheres” (Schwab, 2016).

⁴ The present structure of I4.0 consists of a) cyber-physical systems (CPS), as a “basic paradigm of Industry 4.0”; b) computing – production in the cloud, which allows access to data from different devices; c) horizontal integration, which refers to the creation of a global network through integration and optimization of the flow of information and goods between enterprises, suppliers and buyers; d) vertical integration, which refers to integration of functions and departments of different hierarchical levels of enterprises and creates a fast flow of information and data; e) the industrial Internet (IoT), which integrates different devices equipped with the possibilities of recognizing, identifying, processing, communication and networking; f) cyber-security, which is made of a set of technologies, tools and processes securing the networks, devices and data collected, stored and transmitted through IoT; g) simulation which gives a digital review of products and processes in order to identify potential problems in advance, to avoid costs and waste in production; h) extended reality that enables the creation of a virtual environment in which people can communicate with machines by using different devices; i) big data and their analytics, which refers to the quantity, diversity and speed of data generation, as well as to new techniques of their processing; and j) additive manufacturing, which covers technologies ensuring the production of small series to the high degree of adjustment by adding “solid block materials” (Majstorović et al., 2022, pp. 43-75).

I4.0 technologies essentially allow for increasingly higher levels of production efficiency. They transform business models of enterprises, support production flexibility, efficiency and productivity through various communications, information and communication technologies (Ibarra et al., 2018). On the other hand, I4.0, just as the previous industrial systems, increasingly lead to the creation of ecological imbalance, usage of natural resources, global warming, degradation and larger environmental pollution. At the same time, great social changes occur, as well as various social problems and challenges, including poverty, inequality, migrations, and threats to peace, justice and prosperity (Griggs et al., 2013). Furthermore, “some of these technological innovations open up new ethical and moral questions that will inevitably need to be answered quite quickly” (Bazić, 2016, p. 528).

3. Although technological innovations of I4.0 were not applied *en masse*, Industry 5.0 (I5.0) was soon announced. This term was first used by Michael Rada in his text “Industry 5.0 - from virtual to physical”, pointing out that after the implementation of the project I4.0 there will be total automation in which man will be superfluous, which was actually labour dehumanization (Rada, 2015). However, in the literature of a later date, it was intensively indicated that I5.0 should do what I4.0 had not managed to do, i.e., “to promote amore just and sustainable society, with a symbiotic/cooperative relationship between man and machine/robot” (Coelho et al., 2023, p. 1137). These values are also contained I the EU vision for the future of industry, that “there is still no idea for unification that would connect these values and technological solutions to characterize Industry 5.0 as a true industrial revolution” (Coelho et al., 2023, p. 1137).

In the search of a new model of socio-economic development, in the strategic goals of sustainable development of Europe, I5.0 is “offered as a development paradigm (...) for finding a functional solution to the greatest challenge ever encountered by humanity – climate change and biological diversity collapse” (Petrović, 2022). It was also discussed at this year’s World Economic Forum in Davos, where it was emphasized that “astonishing 1.6 billion people live in climatically vulnerable hotspots, which means that their homes, resources and lives are already threatened. This number might even double until 2050” (WEF, 2023).

In technological terms, the project I5.0 requires the return of man to the production process with the use of new techniques, especially collaborative robots), i.e., “cobots”. In this manner, a new form of collaboration would be established between man and robots in order to use the capacities of both machines and men on the maximum scale. This is believed to be workers’ new return to the production process, in which the advantages would be used of automation and cognitive abilities of people. Many prerequisites must be created for it, which will enable robots to recognize the environment and significantly increase their application. Robots are considered a good solution to numerous social challenges faced by the modern society, such as care for the elderly, replacement of people in dangerous or monotonous jobs etc. (Evjemo et al., 2020).

Technological innovations I4.0 and I5.0 quite rapidly encouraged the growth of European industry, so that “industry generates 80% of EU exports (per value),, while at the same time giving 80% innovations and new technological solutions on an annual basis” (Mitrović, 2019, p. 56). Technologies of these industries change production, economy, society, but also people’s lives. Namely, in the EU Digital Strategy it is indicated that “this transformation functions both for people and for enterprises” (EC, 2019). That is why I5.0 is expected to provide people

with “longer-term benefits and progress, primarily in the field of growth and progress, care for the environment, limitation of resources, and human rights” (Kuleto, 2021).

The attempts to apply robots in all fields of human activity lead to the change in the labour market, because many workers will be replaced by robots that will perform their jobs. It is expected that in many sectors workplaces will be either replaced or the number of jobs within them will be reduced; however, the jobs that require creativity will not be threatened, e.g., engineers, researchers, artists (writers, composers, musicians, singers, actors, fashion designers etc.) and similar professions (Nikolić, 2021).

INTERDEPENDENCE OF NEW TECHNOLOGIES AND EDUCATION

All technologies so far, particularly technological innovations I4.0 and I5.0, have led to social changes, overall development of economy, science and education, which can be seen in increased production and social wealth and in the improvement of the people’s living standards. However, all these factors in turn affect the development of technological innovations because the educational system, business environment and the government create institutional and social frameworks for production, transfer and application of knowledge. Innovations depend on knowledge, because knowledge is a specific good that is produced and transferred. That is why improvements in knowledge and its application are created in integral processes of scientific-research activities, economic and trade system, as well as the entire social environment.

1. The effect of education on the development of technological innovations I4.0 and I5.0 is quite important because these technologies are based on the knowledge that is directly related to education. This is materialized knowledge through technological innovations, knowledge with which development superiority and market value are achieved. In the above-listed European strategies, knowledge is emphasized as the key factor of modern economic development because only knowledge possessed and used by society, as well as the ability of permanent learning, allow a competitive advantage. That is why there is pronounced support to knowledge through greater investments in education and professional specialization, scientific research and technological innovations. Accordingly, the role of knowledge is projected in the goals of accelerated development of the EU and its member states, as well as their higher competitiveness in global markets (Bazić & Knežević, 2016, p. 87).

The research sector and higher education are the main factors of the generation of new knowledge, its accumulation and transmission through the process of education and specialization, which increases the quantity of human capita, as well as the process of knowledge transfer. The accelerated development of science and everyday introduction of new technological solutions in the production process open new vacancies and look for new educational profiles. It is believed that 90% professions should be complemented with certain knowledge of digital skills (Nikolić, 2021). The processes of necessary changes in the educational system and longer-term and subject to comprehensive administrative procedure. Quick changes may be implemented more easily by the institutions with a more flexible approach to education and often strictly oriented towards the needs expressed by

economy and workers. In the world, this role is most frequently assumed by alternative and informal educational institutions and business subjects. However, there is often a problem regarding legal regulation and recognition of degrees as the basis of employment and progress at work. That is why it is necessary for educational institutions to cooperate with education policy creators, enterprises and other business subjects in order to realize a more flexible education concept. Of increasing importance is also independent learning that is necessary almost for every new workplace (Nikolić, 2021).

In the newly created conditions, the universities have a particularly important role, and it is more and more often emphasized that the university need to adjust to the market requirements, because the modern economic structure requires experts with broad education and new knowledge. One of the key tasks is to develop experts' openness for novelties in science, interdisciplinary cooperation and innovativeness. At the same time, it is necessary to increase the number of interdisciplinary study programmes and to integrate information technologies in basic professions.

2. Apart from the effect of education on the development of technological innovations, it should also be kept in mind that new technologies directly affect education – from adjustment of educational institutions to new technologies, via modifications of curricula and programmes, introduction of new technologies in the teaching process, changes in the teaching methods, to the obligation of permanent acquisition of new knowledge by teachers at all levels of education, so that new technologies create an “intelligent educational environment” (Grech, 2016). However, technologies also change people's everyday life because they are more and more pressurized in the dynamic technological environment so that without certain technological ICT skills they function with increasing difficulty and feel more and more like “reconvalescents”.⁵ That is why the EU development projections emphasize as the goal until 2030 that as many as 80% of the population in Europe should acquire basic digital skills (EC, 2019).

Technologies I4.0 and I5.0 substantially change the learning manner, which was particularly manifested during the COVID-19 pandemic, when remote learning was the only way of maintaining the educational process. That is when the “synergy of technology with education” could be seen, and that is how the smart environment was created with an impact on the organizational structure in schools as well (Radun, 2020). Simultaneously, the accelerated development occurred of various software and tools for remote learning, which was particularly reflected in the mass use of mobile telephones for the purpose of learning (M-learning). Such tendencies were also visible before the COVID-19 pandemic, primarily in the highly developed technological societies, e.g., Taiwan, where interesting experiences were recorded in the use of mobile telephones in learning (Chou, et al., 2019,

⁵ In Serbia, E-administration was established, which contributed to more efficient work of state administration and communication between different government bodies, institutions and public services, business subjects, as well as citizens in communication with the public sector. Still, the problem is that many people cannot use the services of E-administration because they have no basic knowledge of ICT technologies. That is why there are still long queues at the counters in government institutions, post offices, banks etc. The process of introducing E-administration should also be accompanied by the process of simultaneous adequate training, especially for senior citizens, which could be realized through associations of pensioners, local self-governments, non-governmental sector etc.

pp. 66–76). In addition, technology in the teaching process during the COVID-19 pandemic had a digital leap towards Industry 4.0 as well (Alakrash & Razak, 2021).

In more recent literature, from different parts of the world it is increasingly pointed to the characteristic experiences of the effect of technological innovations of I4.0 and I5.0 on education, but at the same time to the activities that should be undertaken in educational institutions to adjust them to new circumstances determined by new technologies. First of all, various experiences are stated as to how the educational institutions became adjusted to new circumstances, from adjusting their infrastructure, the change of working environment and the introduction of new teaching contents and technologies, as well as the training of employees for using these technologies (Chou, et al., 2018; Pangestu, 2019), their development that would lead to the improved quality of teaching (Nga, et al., 2018), to the introduction of efficient management standards (Recalde et al., 2020). Moreover, schools and other educational institutions concurrently develop more and more innovative and creative models of collaboration with industry (Tjiptady & Yoto, 2019), which brings them closer to the technologies of I4.0 and I5.0.

Apart from the changes in educational institutions, the literature also points to a multitude of different questions regarding electronic learning. The literature also points to the increasing synchronization of the educational sector and the introduction of electronic learning because, as it is asserted, electronic learning also enables easier collaboration among schools (Azhari et al., 2020). Some authors give great significance to the selection of media for learning by the standards of I4.0 in order to be able to test the levels of attractiveness and efficiency of mobile web based on the learning plan (Mukhadis et al., 2021), as well as the development of mobile applications for learning at schools (Fadzil et al., 2020). In that context, the need is stressed for developing students' motivation and cognitive abilities for the sake of improving the quality of *online* learning, whereas it is necessary to build constantly new learning models in order to improve students' success (Putra et al., 2019).

Special attention is dedicated to the matters regarding continuous modifications of teaching contents, especially in mathematical and information education, in line with the paradigms of I4.0 (Sari & Wilujeng, 2020; Mariana, 2019), but also the introduction of different courses, such as those for data analysis etc. (Chou et al., 2018), and the development of higher education standards for training digital personnel in the conditions of I4.0 (Gerasimova et al., 2019). In that context, great importance is assigned to the improvement of engineering education through digital engineering and cooperation of the faculties, universities and business subjects, and then to the development of projects about autonomous robotics, where students are able to program on their own (Kovshov et al., 2020; Tosello et al., 2019).

Particular attention is dedicated to education and specialization of teachers at all levels of education. Various experiences may be observed in that respect, but what all of them have in common is that changes are necessary in the education of primary and secondary school teachers, as well as in the additional education programmes (Shukalov et al., 2020; Soenarto et al., 2020). On the other hand, however, it is also necessary to check teachers' development on a continuous basis, i.e., their progress in professional and technical specialization, particularly in the STEM area (Akgunduz & Mesutoglu, 2021). In that context, the need is also emphasized for developing standards of accreditation of pedagogical workers and the change in legal regulations regarding their professional qualifications and skills in line with development trends (Andres et al., 2020).

This brief look at the observed effect of technological innovations of I4.0 and I5.0 on education points to the tip of an iceberg of complex changes and challenges faced by education.

3. In the transformations generated by I5.0, education is required to develop intensive trainings and courses for its application, which may be achieved by the multidisciplinary approach, through the cooperation of economy with the educational and science sector. For that purpose, educational and scientific programmes were defined, as well as other initiatives within the European Research Area and the European Educational Area that are supposed to be achieved. The Skills Programme for Europe (EC, 2020b) recommends quick identification of required knowledge and skills, as well as their inclusion in national strategies. The educational system is expected to be more elastic and to duly recognize what skills are missing by the working population. The education and occasional training should also involve private companies in order to recognize the requirements regarding the missing knowledge and skills and help in adequate requalification and training; the educational system should improve creativity as a characteristic that cannot be replaced by machines. Moreover, the educational system is expected to teach young people how to run socially useful projects and how to take into account the social dimension in solving problems (Kuleto, 2021).

WHERE IS SERBIA?

In considering the state in Serbia regarding its inclusion in technological trends of I4.0 and I5.0, as well as the experiences of the developed countries in Europe and worldwide, it is impossible to ignore the fact that the infrastructure of Serbian industry was devastated in the transition processes. That is why it is recovering slowly, as “graphically shown by the fact that industrial production in 2015 was only 49.7% as compared to 1990” (Joković, 2020, p. 1782). During 2015, the ICT sector employed 3.7% of the total number of registered business subjects in Serbia (Stankić et al., 2018, p. 66). In such circumstances, it was difficult to create more serious technological innovations or to apply some of those that had already been implemented in the developed European countries. Another study of a more recent date about the status of the implementation of technologies of I4.0 in the processing sector in Serbia points out that such implementation was at a rather low level because only 12.6% enterprises introduced technologies of industrial robots, while production planning and managing supported by computers were recorded in 31.6% enterprises. Moreover, 2.8% enterprises introduced nanotechnologies in their production processes, while 2.1% introduced additive manufacturing technologies for quick production of prototypes. The enterprises that introduced some of I4.0 technologies in their production processes did that at a rather low level of the use of capacities (Joković, 2020, p. 1784).

In the past few years, great efforts have been made to create the conditions for the recovery of Serbian industry and its inclusion in modern development trends.⁶ Special

⁶ The Faculty of Mechanical Engineering in Belgrade has initiated and coordinated different activities since 2015 in order to include Serbia in European development projects I4.0 and I5.0, which resulted in defining the Digital Platform for Industry 4.0 and the Alliance for Industry 4.0 (Majstorović

attention is dedicated to the development of the information society, the educational system and scientific-technological development, which is defined in Serbia's development strategies⁷ that are mostly aligned with the European development strategies. That led to the development of the scientific infrastructure in Serbia, which is expressed in the development of fast Internet, modernization of scientific institutions and faculties, the establishment of the Science Promotion centre, the Fund for Science, excellence centres, scientific-technological parks; inclusion in the EU scientific and educational projects, public tenders for national projects, employment of younger scientific-research personnel etc. All this contributed to the faster socio-economic development, which is best illustrated by the results achieved in the ICT sector in 2020: the exports of services amounted to 1.44 billion Euros; 78,000 people were employed in this sector, while the average salary during 2020 was 180,000 dinars or approximately 1,600 Euros (Government of the Republic of Serbia, 2023). According to these data, the hypothesis is confirmed that "the key chance for our country lies in service sectors with a high content of knowledge and intangible creative products" (Đorić & Roganović, 2021, p. 118).

For the purpose of the development of technological innovations and their application, great changes have also been made in the educational system, at all levels of institutional education. It was mostly done through the modification of teaching contents and the introduction of new technologies in teaching. In the first cycle of elementary education, from the first to the fourth grade, there is a subject called From a toy to a computer. In the second cycle, from the fifth to the eighth grade, a new subject was introduced: Computing and informatics (2017). Informatics and computing is the subject taught in all grades of grammar schools, as well as in secondary vocational schools in the first grade. In the second, third, and fourth grades, there are computing subjects adjusted to the relevant profession (Stankić et al., 2018, pp. 67-68). In secondary vocational schools, there were greater changes because, apart from the modification of teaching contents, the subjects were more frequently replaced and new educational profiles were introduced, adjusted to technological changes and requirements of the labour market. In primary and secondary schools, 2,808 digital cabinets were set up, and 247 computing classes in secondary schools (Government of the Republic of Serbia, 2023). Further steps towards bringing professional education closer to economy were taken by the introduction of dual education (2017). This education model covers about ten thousand students schooled for one of 54 educational profiles in 150 secondary vocational schools. Moreover, this model also includes higher

et al., 2022, pp. 121-136). The Digital Strategy paved the way for digital transformation of Serbia. With the aim of strengthening industrial production, the Alliance for I4.0 gathered the relevant ministries, faculties of mechanical engineering, electrical engineering and technical faculties of the state-owned universities, as well as the Faculty of Economics in Belgrade, scientific institutes, business associations, software producers, public enterprises, military industry, private companies and NGO Digital Serbia. All these factors collectively and separately make huge efforts to develop innovative technologies in Serbian industry and economy.

⁷ Those are: 1) Information Society Development Strategy of Serbia until 2020 ("Official Gazette of the RS", No. 51/2010; 2) Education Development Strategy of Serbia until 2020 ("Official Gazette of the RS", No. 107/2012; and 3) Scientific and Technological Development Strategy of Serbia for the period 2016-2020 – Innovation Research ("Official Gazette of the RS", No. 25/2016).

education, so that since 2021, about 150 students have studied at one of 32 accredited study programmes (Sekulić, 2022, pp. 227-229).

In higher education, huge reform was conducted by the Bologna process standards, which was reflected in more flexible studying, an increased number of students with acquired degrees and their faster employment. On the other hand, economy and society have more experts who can be included faster in the work process. In higher education institutions, more attention is dedicated to studying computing. Apart from the faculties and academies for vocational studies, in the natural-mathematical and technical-technological field of science, informatics is also studied within other fields of science, through connecting with a certain profession: Informatics in education, Business informatics, Legal informatics, Application of ICTs in medicine etc. (Bazić, 2017, pp. 532-533). At the beginning of the academic 2021/2022 in Serbia, the total of 243,952 students were enrolled at all levels of studies at state-owned and private higher education institutions (Statistical Office, 2022, p. 12). Out of that number, 24,107 students (9.88%) were enrolled in the educational area of Information and Communication Technologies. If we add the number of students in other relevant areas, such as: a) Natural sciences, mathematics and statistics, with 15,270 enrolled students (6,26%) and b) Engineering, production and civil engineering, with 48,631 enrolled students (19,93%), it makes the total of 85.008 students (36.07%). These educational areas correspond to the philosophical foundations of Industry 4.0 – STEM (science, technology, engineering, mathematics), which indicates the direction in which education should go in order to achieve the goals of Industry 4.0 (Akgunduz and Mesutoglu, 2021). That is why the above-mentioned structure of enrolled students constitutes good intellectual potential for the development of I4.0 and I5.0 in Serbia, but it must definitely be increased. If we look at the condition in other educational areas, even more interesting proportions may be observed (see [Chart 1](#) and [Table 1](#) in the Appendix).

In the development strategies adopted for the third decade of the 21st century, it can be observed that education, science and technological innovations are defined as key factors of the socio-economic development of Serbia.⁸

CONCLUSIONS

Technological innovations of Industry 4.0 and Industry 5.0 have their continuity with earlier knowledge, experiences and technological solutions, and they make a unique process of accelerated technological and socio-economic development. Technological innovations are centred on knowledge that is acquired in education and organized in the form of scientific-research activities, and then materialize in new technologies, products and services. The beginning of I4.0 is associated with the year of 2011 and it mostly denotes

⁸ Those are: 1) Industrial Policy Strategy of the Republic of Serbia from 2021 to 2030 (“Official Gazette of the RS”, No. 35/2021; 2) Scientific and Technological Development Strategy of the Republic of Serbia for the period 2021-2025 – Power of Knowledge (“Official Gazette of the RS”, No. 10/21; 3) Education Development Strategy of the Republic of Serbia until 2030 (“Official Gazette of the RS”, No. 63/21; and 4) Smart Specialization Strategy of the Republic of Serbia from 2020 to 2027 (“Official Gazette of the RS”, No. 21/2020).

a series of technological innovations that characterize autonomous cyber-physical systems mutually communicating by using the industrial Internet, artificial intelligence and huge quantities of data stored on the so-called clouds. I5.0 emerged several years later (in 2015), as a need for using new techniques in order to use the capacities of machines and humans to the maximum extent. In broader terms, as it is often pointed out, this is the promotion of a more just and sustainable society. However, it is not done at the expense of reducing profits and exploitation, but to find a solution to overcome climate change and biological diversity collapse.

I4.0 and I5.0 are development projects initiated under the aegis of the EU with the aim of increasing global competitiveness of European economy. In these projects, knowledge and technological innovations are recognized as growth drivers, while knowledge is determined as the basic resource of progress and development. Innovations depend on knowledge because knowledge is a specific good that is produced and transferred. The research sector and higher education are the main factors of knowledge generation, accumulation and transmission through the process of education and specialization. The accelerated development of science and everyday introduction of new technological solutions in production open new vacancies and look for new educational profiles. Therefore, it is necessary to permanently change educational programmes and shape flexible educational institutions that should be oriented towards the needs of economy. All this should be done in cooperation with the educational policy creators, educational institutions and business subjects. Furthermore, adequate requalification and trainings become more and more important, including independent learning that is necessary almost for every new workplace. However, it is often forgotten here that the educational system should also strengthen people's creativity as the only characteristic that cannot be replaced by machines, and teach young people how to manage socially useful projects that include a social dimension in solving problems.

Apart from the effect of education of the acquisition of knowledge and the development of technological innovations, new technologies directly affect the educational process as well – from the adaptation of the educational institutions and changes in their organizational structure, via modifications of curricula, introduction of new technologies in the teaching process, changes in the learning methodology, to the obligation of permanent specialization of teachers at all levels of education. During the COVID-19 pandemic, when remote learning was the only way of maintaining the educational process, many researchers noticed a digital leap towards I4.0.

Technologies I4.0 and I5.0 were introduced in Serbia first through educational and scientific-research processes. However, their inclusion in production was much slower because Serbian economy had no infrastructure for the application of new technological solutions or for producing them independently. In the past few years, huge efforts have been made to create normative, institutional and financial conditions for the recovery of Serbian industry and its inclusion in modern development trends. Special attention is dedicated to the recovery of the existing and the construction of new capacities, which also includes significant technological innovations of I4.0, as well as the introduction of its technological procedures and standards in economy. At the same time, substantial efforts were made in relation to reforming education and science, as well as the improvement of their infrastructure through the reconstruction of the existing and the construction of new

facilities, installation of modern equipment; and employment of younger teaching and scientific personnel in higher education and scientific institutes. In addition, much larger investments in education and science are needed because these Siamese twins can ensure more rapid socio-economic development and progress of the Serbian society on the whole.

REFERENCES / ЛИТЕРАТУРА

- Akgunduz, D., Mesutoglu, C. (2021). Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education for Industry 4.0 in Technical and Vocational High Schools: Investigation of Teacher Professional Development. *Science Education International*, 32(2), 172–181. <https://doi.org/10.33828/sei.v32.i2.11>
- Alakrash, H. M., Razak, N. A. (2021). Education and the fourth industrial revolution: Lessons from COVID-19. *Computers, Materials and Continua*, 70(1), 951–962. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.014288>
- Alzahrani, B., Bahaitham, H., Andejany, M., Elshennawy, A. (2021). How Ready Is Higher Education for Quality 4.0 Transformation according to the LNS Research Framework? *Sustainability*, 13(9), 5169. <https://doi.org/10.3390/su13095169>
- Andres, P., Hrmo, R., Dobrovská, D., Albertová, B. (2020). Undergraduate Educational System of Technical Teacher Education in the Czech Republic. *R&E-SOURCE*. Available at: <https://journal.ph-noe.ac.at>
- Bazić, J. (2017). Trends in societal and educational changes generated by the Fourth Industrial Revolution. *Sociološki pregled*, 51(4), 526–546. DOI: [10.5937/socpreg51-15420](https://doi.org/10.5937/socpreg51-15420)
- Bazić, J., Knežević, M. (2016). Knowledge in EU Development Strategies. *Knowledge*, 15(1), 83–88. Available at: <https://ikm.mk/ojs/index.php/kij/article/view/4451>
- Chou, C. M., Shen, C. H., Hsiao, H. C., Shen, T. C. (2019). An Investigate of Influence Factor for Tertiary Students' M-learning effectiveness: Adjust Industry 4.0 & 12-Year Curriculum of Basic Education. *International Journal of Psychology and Educational Studies*, 6(2), 66–76. <https://doi.org/10.17220/ijpes.2019.02.007>
- Coelho, P., Bessa, C., Landeck, J., Silva, C. (2023). Industry 5.0: The Arising of a Concept. *Procedia Computer Science*. 217, 1137–1144. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.312>
- Đorić, Ž., Roganović, M. (2021). Industry 4.0: Exploring the concept and implications for business. *International Journal of Economic Practice and Policy*, 18(1), 95–123. <https://doi.org/10.5937/skolbiz1-34989>
- EC – European Commission. (2010). *Europe 2020: A strategy for smart sustainable and Inclusive growth*. Available at: <http://hdl.voced.edu.au/10707/89925>
- EC – European Commission. (2019). *A Europe fit for the digital age*. Available at: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age_en
- EC – European Commission. (2020a). *Sustainable Development Goals*. *European Commission*. Available at: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/international-strategies/sustainable-development-goals_en
- EC – European Commission. (2020b). *European Skills Agenda for sustainable competitiveness, social fairness and resilience*. Available at: <https://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1223&langId=en>

- EUCO – European Council. (2000). *Lisbon European Council 23 and 24 March: Presidency conclusions*. Available at: https://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_en.htm
- Evjemo, L. D., Gjerstad, T., Grøtli, E. I., Sziebig, G. (2020). Trends in Smart Manufacturing: Role of Humans and Industrial Robots in Smart Factories. *Current Robotics Reports*, 1, 35–41. <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00006-5>
- Fadzil, N. A., Hatim, S. M., Elias, S. J., Ismail, S. N., Khang, A. W. Y. (2020). Chemistry Education (Rate of Reaction) via E-learning Mobile Application. In: *2020 5th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE)*, 1–4. DOI: [10.1109/ICRAIE51050.2020.9358320](https://doi.org/10.1109/ICRAIE51050.2020.9358320)
- Gerasimova, E. B., Kurashova, A. A., Tupalina, M. V., Bulatenko, M. V., Tarasova N. V. (2019). New state standards of higher education for training of digital personnel in the conditions of Industry 4.0. *On the Horizon*. DOI: [10.1108/OTH-07-2019-0043](https://doi.org/10.1108/OTH-07-2019-0043)
- Government of the Republic of Serbia (Vlada Republike Srbije). (2023). *Serbia, the Country of Opportunities*. [In Serbian] Available at: <https://www.srbija.gov.rs/> [In Serbian]
- Grech, R. (2016). *Intelligent Automation–Smart Manufacturing*. Intelligent Environments IOS Press. Available at: <https://www.iospress.com/catalog/books/intelligent-environments-2016>
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M. C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N., Noble, I. (2013). Sustainable development goals for people and planet. *Nature* 495, 305–307. <https://doi.org/10.1038/495305a>
- Ibarra, D., Ganzarain, J., Igartua, J. I. (2018). Business model innovation through Industry 4.0: a review. *Procedia Manufacturing*, 22, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.002>
- Joković, J. (2020). Application of Industry 4.0 Concept in the Republic of Serbia. *Zbornik Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu*, 35(10), 1782–1785. DOI: <https://doi.org/10.24867/09GI12Jokovic> [In Serbian]
- Kovshov, E. E., Lesin, S. M., Kuvshinnikov, V. S. (2020). Digital engineering school on the way to digital production. In: *Journal of Physics: Conference Series*, 1691 (1). DOI: [10.1088/1742-6596/1691/1/012076](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012076)
- Kuleto, V. (2021). *Future technological development should be adjusted to people and protect workers and not vice versa; What does industry 5.0 bring (and what does it take away?)* Available at: <https://www.valentinkuleto.com/2021/03/buduci-tehnoloski-razvoj-treba-da-se-prilagodi-ljudima-i-da-stiti-radnike-a-ne-obrnuto-sta-donosi-a-sta-odnosi-industrija-5-0/> [In Serbian]
- Lorenzo, N., Gallon, R., Palau, R., Mogas, J. (2021). New Objectives for Smart Classrooms from Industry 4.0. *Technology, Knowledge and Learning*, 1–13, 719–731. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10758-021-09527-0>
- Majstorović, V. D., Đuričin, D., Mitrović, R. (2022). *Industry 4.0: Renaissance of Engineering*. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet. [In Serbian]
- Mariana, N. (2019). Transformation of research education at elementary school mathematics in the industry 4.0. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 5(5), 1–10. Available at: https://www.ijcc.net/images/vol5iss5/Part_2/55223_Mariana_2020_E_R.pdf
- Mitrović, R. (2019). *Serbia 4.0: Future that must not be missed*. Beograd: Zavod za udžbenike [In Serbian]

- Mukhadis, A., Putra A. B. N. R., Kiong, T. T., Sutadji, E., Puspitasari, P., Sembiring, A. I., Subandi, M. S. (2021). The innovation of learning plan designer based mobile web to improve quality of learning media in vocational technology for education 4.0. In: *Journal of Physics: Conference Series*, 1833 (1). DOI [10.1088/1742-6596/1833/1/012030](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1833/1/012030)
- Nga, P. T. H., Le, T. T., Phan, T. T. (2018). Impacting the Industry 4.0 on the Training Quality and Student's Satisfaction at Lac Hong University. *Journal of Management Information and Decision Sciences*, 21(1), 1–18. Available at: <https://www.abacademies.org/abstract/impacting-the-industry-40-on-the-training-quality-and-students-satisfaction-at-lac-hong-university-7544.html>
- Nikolić, G. (2021). Robots and Unemployment. *Polytechnic and design*, 9(4), 270–276. DOI: [10.19279/TVZ.PD.2021-9-4-05](https://doi.org/10.19279/TVZ.PD.2021-9-4-05) [In Croatian]
- Oberhaus, D. (2015). *This Is What the Fourth Industrial Revolution Looks Like*. Available at: <https://www.vice.com/en/article/4x3p43/life-after-the-fourth-industrial-revolution>
- Pangestu, F. (2019). The Readiness of Automotive Workshop and Laboratory in Vocational Education High School in Facing 4.0 Industrial Era. In: *Journal of Physics: Conference Series*, 1273 (1). DOI: [10.1088/1742-6596/1273/1/012013](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1273/1/012013)
- Petrović, P. B. (2022). Industry 5.0 – New Nihilistic Platform for Sustainable Future of Europe. *Industrija*. Available at: <https://www.industrija.rs/vesti/clanak/industrija-5.0-nova-holisticka-platforma-za-odrzivu-buducnost-evrope> [In Serbian]
- Putra, R. B., Ridwan, M., Mulyani, S. R., Ekajaya, D. S., Putra, R. A. (2019). Impact of learning motivation, cognitive and self-efficacy in improving learning quality e-learning in Industrial Era 4.0. In: *Journal of Physics: Conference Series*, 1339 (1). DOI: [10.1088/1742-6596/1339/1/012081](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1339/1/012081)
- Rada, M. (Dec. 1, 2015). *Industry 5.0 – from virtual to physical*. Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/industry-50-from-virtual-physical-michael-rada>
- Radun, V. (2020). Transformation of Organizational Culture in Higher Education of Serbia in Terms of Smart Learning Environment. *Limes+*, (3), 97–130. doi: [10.5281/zenodo.4621489](https://doi.org/10.5281/zenodo.4621489)
- Recalde, J. M., Palau, R., Galíes, N. L., Gallon, R. (2020). Developments for Smart Classrooms: School Perspectives and Needs. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 12(4), 34–50. <https://doi.org/10.4018/IJMBL.2020100103>
- Sari, P. K., Priyatna, N. M., Fatonah, U., Laswandi, H., Susilawati, E. S., Fitria, E., Sallu S. A. (2019). A Need Analysis of Innovation in Educational Technology to Increase the Quality of Website Learning in Industrial Revolution Era 4.0 Using Waterfall Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1364(1). DOI: [10.1088/1742-6596/1364/1/012021](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1364/1/012021)
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution: What it means, how to respond*. Available at: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- Sekulić, B. (2022). Dual Education: Preparation for the Labour Market or Entry into the World of Labour. *Politička revija*, 74(4), 215–235. <https://doi.org/10.22182/pr.7442022.9> [In Serbian]
- Shukalov, A. V., Zakoldaev, D. A., Zharinov, I. O., Zharinov, O. O. (2020). Androgogy of Education 4.0 for university lecturers of technical subjects. *Journal of Physics: Conference Series*, 1691(1). DOI [10.1088/1742-6596/1691/1/012202](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1691/1/012202)

- Soenarto, S., Sugito, S., Suyanta, S., Siswantoyo, S., Marwanti, M. (2020). Vocational and senior high school professional teachers in Industry 4.0. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 39(3), 655–665. DOI: [10.21831/cp.v39i3.32926](https://doi.org/10.21831/cp.v39i3.32926)
- Stankić, R., Jovanović, B. G., Soldić, J. A. (2018). Information-Communication Technologies in Education as Encouragement for Economic Development. *Ekonomski horizonti*, 20(1), 61–73. <https://doi.org/10.5937/ekonhor1801061S> [In Serbian]
- Statistical Office of the Republic of Serbia (Republički zavod za statistiku/RSZ). (2022). *Higher Education 2021/2022*. Available at: <https://publikacije.stat.gov.rs/G2022/Pdf/G20226012.pdf> [In Serbian]
- Tadić, D. M. (2022). Impact of Industry 4.0 on changes in education. *Tehnika*, 77 (2), 257–263. DOI: [10.5937/tehnika2202257T](https://doi.org/10.5937/tehnika2202257T) [In Serbian]
- Tjiptady, B. C., Yoto, T. (2019). Improving the Quality of Vocational Education in the 4.0 Industrial Revolution by using the Teaching Factory Approach. *International Journal of Innovation*, 8(1), 7. Available at: https://www.ijcc.net/images/vol8iss1/8104_Tjiptady_2019_E_R.pdf
- Tosello, E., Castaman, N., Menegatti, E. (2019). Using robotics to train students for Industry 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, 52(9), 153–158. DOI: [10.1016/j.ifacol.2019.08.185](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.08.185)
- Verner, I. M., Cuperman, D., Reitman, M. (2021). Exploring Robot Connectivity and Collaborative Sensing in a High-School Enrichment Program. *Robotics*, 10 (1), 13. <https://doi.org/10.3390/robotics10010013>
- Verner, I., Cuperman, D., Romm, T., Reitman, M., Chong, S. K., Gong, Z. (2020). Intelligent Robotics in High School: An Educational Paradigm for the Industry 4.0 Era. In: M. Auer, & T. Tsiatsos (eds.). *The Challenges of the Digital Transformation in Education*. ICL 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 916. Springer, Cham. 824–832. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11932-4_76
- Vuksanović, D. (2020). *Factories of the Future through the Prism of the Latest Industrial Revolution*. (doctoral dissertation). Beograd: Univerzitet Singidunum. Available at: <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/17558> [In Serbian]
- WEF – World Economic Forum. (2023). *Annual Meeting*. Available at: <https://www.weforum.org/events/world-economic-forum-annual-meeting-2023>

APPENDIX / ПРИЛОГ

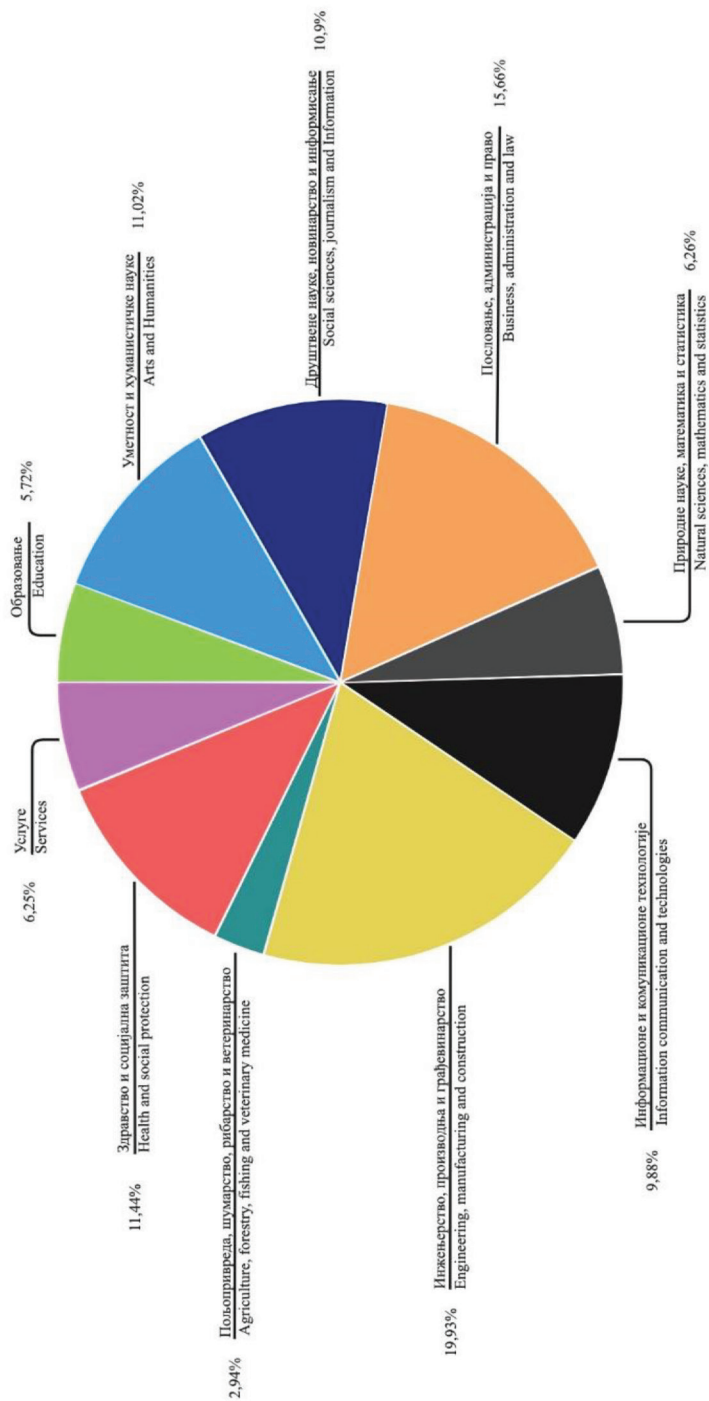
Табела 1. Структура студената према подручјима образовања и врсти високошколских установа, уписаних школске 2021/2022. године на свим нивоима едукације. / Table 1. Structure of students according to areas of education and type of higher education institutions, enrolled in the 2021/2022 school year. years at all levels of study.

	РЕПУБЛИКА СРБИЈА / REPUBLIC OF SERBIA	Државни универзитети / Public universities	Приватни универзитети / Private universities	Државне високе школе / Академије струковних студија / Public colleges/ Academies of vocational studies	Приватне високе школе / Private high school
УКУПНО IN TOTAL	243952 100%	174836 71,67%	30444 12,48%	32533 13,34%	6139 2,51%
Образовање / Education	13966 5,72%	9603 68,76%	564 4,04%	3799 27,20%	0
Уметност и хуманистичке науке / Arts and Humanities	26873 11,02%	19972 74,32%	3037 11,30%	3265 12,15%	599 2,23%
Друштвене науке, новинарство и информисање / Social sciences, journalism, and information	26597 10,9%	18289 68,76%	6753 25,39%	849 3,20%	706 2,65%
Пословање, администрација и право / Business, administration and law	38207 15,66%	24122 63,14%	9189 24,06%	4444 11,63%	452 1,17%
Природне науке, математика и статистика / Natural sciences, mathematics, and statistics	15270 6,26%	14479 94,82%	317 2,08%	474 3,10%	0
Информационе и комуникационе технологије / Information and communication technologies	24107 9,88%	13401 55,59%	4199 17,42%	5279 21,90%	1228 5,09%
Инжењерство, производња и грађевинарство / Engineering, manufacturing and construction	48631 19,93%	39516 81,26%	1488 3,06%	7627 15,68%	0
Пољопривреда, шумарство, рибарство и ветеринарство / Agriculture, forestry, fishing, and veterinary medicine	7163 2,94%	6618 92,39%	69 0,96%	476 6,65%	0
Здравство и социјална заштита / Health and social protection	27893 11,44%	21114 75,70%	1326 4,75%	3030 10,86%	2423 8,69%
Услуге / Services	15245 6,25%	7722 50,64%	3502 23,00%	3290 21,57%	731 4,79%

Извор: РСЗ. (2022). *Високо образовање 2021/2022*. Београд: Републички завод за статистику, стр. 12–30.

Source: RSZ. (2022). *Higher education 2021/2022*. Belgrade: Republic Institute of Statistics, pp. 12–30.

Графикон 1: Структура студената према подручјима образовања у Републици Србији 2021/2022. на свим нивоима студија
 Graph 1: Structure of students according to areas of education in the Republic of Serbia in 2021/2022 at all levels of study



← НАЗАД
 ← BACK