

Циркуларна економија и вјештачка интелигенција: покретачи одрживог економског развоја

Огњен Ерић, Драган Глигорић, Миленко Крајишник

Сажетак: Циркуларна економија (ЦЕ) и вјештачка интелигенција (ВИ) представљају два кључна концепта који могу значајно допринијети одрживом развоју. Први је заснован на остварењу циља максимизације искоришћења ресурса и минимизације отпада, стварајући услове за одржив и еколошки прихватљив економски развој. С друге стране, ВИ има за циљ оптимизацију различитих процеса и побољшање ефикасности у примјени ЦЕ, пружајући алате за иновације и побољшање ефикасности пословних процеса.

Акценат у овом истраживању јесте анализа индикатора успјешности примјене циркуларне економије (ЦЕ), вјештачке интелигенције (ВИ) и одрживих развојних циљева (енгл. *Sustainable Development Goals, SDG*) у земљама различитог степена економске развијености и у контексту глобалног територијалног обухвата. Циркуларна економија је кључна за одрживи развој кроз смањење отпада и максималну искоришћеност ресурса. Земље као што су Холандија, Данска и Њемачка показују високе стопе рециклаже и употребе секундарних сировина, док Румунија, Босна и Херцеговина и Албанија заостају у овим аспектима.

Цитирање: Ерић О, Глигорић Д, Крајишник М (2024) Циркуларна економија и вјештачка интелигенција: покретачи глобално одрживог економског развоја. У: Илић П, Пржуљ Н (уредници) Кружна економија. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LX:187–213

Cite as: Erić O, Gligorić D, Krajišnik M (2024) Circular Economy and Artificial Intelligence: Drivers of Globally Sustainable Economic Development. In: Ilić P, Pržulj N (eds) Circular Economy. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LX:187-213

Вјештачка интелигенција игра важну улогу у економском расту и иновацијама. Сједињене Америчке Државе, Кина и Јапан предњаче у улагањима, броју патената и броју стручњака у овој области, што их чини лидерима у ВИ технологијама. Мање развијене земље имају ограничене капацитете и потребна им је међународна подршка за развој ове области.

Одрживи развојни циљеви представљају свеобухватан приступ економском, социјалном и еколошком напретку. Земље са високим SDG индекси, попут Холандије, Данске и Њемачке, успјешно имплементирају стратегије одрживог развоја. Насупрот томе, најмање развијене земље суочавају се са значајним изазовима у постизању ових циљева.

Ово истраживање показује да су развијене земље успјешне у примјени циркуларне економије и вјештачке интелигенције, док мање развијене земље заостају и потребна им је додатна подршка. Глобална сарадња и размјена знања и технологија су кључни за постизање одрживог развоја и технолошког напретка у свим земљама.

Кључне ријечи: циркуларна економија, вјештачка интелигенција, глобални економски одрживи развој

7.1. Увод

Циркуларна економија (ЦЕ) и вјештачка интелигенција (ВИ) представљају важне компоненте савременог одговора на еколошке изазове и потребу за одрживим развојем. Ова два концепта, иако различита у својим основним технологијама, заједно представљају опцију за трансформацију индустријских и комплетних друштвених система. Циркуларна економија промовише модел најефикасније употребе ресурса, минимизацију отпада, гдје се производи и материјали поново употребљавају и рециклирају максимално. Вјештачка интелигенција, са друге стране, пружа алате за анализу великих количина података, оптимизује радне операције и аутоматизује пословне процесе, што може значајно унаприједити имплементацију циркуларне економије.

Циркуларна економија се заснива на принципима минимизације отпада, максималног искоришћавања ресурса и продужења вијека трајања производа. У наведеном концепту, сваки ресурс се користи на најпродуктивнији начин, а отпад постаје ресурс. Такав приступ не само да смањује утицај на околину, већ и повећава економску ефикасност и подстиче иновације. Према студији коју је објавила Ellen MacArthur Foundation (2020), примјена принципа циркуларне економије у Европи могла би додатно

повећати БДП континента и значајно смањити потрошњу сировина до 2030. године.

Вјештачка интелигенција може трансформисати скоро сваки аспект циркуларне економије, од дизајна производа преко оптимизације ланаца снабдијевања до управљања животним циклусом производа. ВИ омогућава и повећање способности предвиђања кварова или краја животног вијека производа, оптимизирање рециклажних и аутоматизацију процеса разврставања отпада. Тако, на примјер, технологије машинског учења могу анализирати и оптимизирати велике количине података о корисничкој употреби и обрасцима одлагања отпада, што омогућава компанијама да прецизније таргетирају ресурсе према производима високе вриједности за рециклажу (Erić et al. 2024).

Различите студије су истраживале како интеграција ВИ може унаприједити циркуларну економију. Истраживање које су провели Andeobu et al. (2022), показује да примјена ВИ у управљању отпадом може повећати стопу рециклаже за до 23% у индустријским секторима. С друге стране, неадекватна регулатива и недостатак техничких стандарда могу ограничити ефикасност ових технологија у пракси (Krajišnik 2014).

Досадашња истраживања на пољу вјештачке интелигенције и циркуларне економије јасно показују да технологија може имати трансформациону улогу у промовисању одрживог развоја. Студије попут оне које су спровели Andeobu et al. (2022) истичу како ВИ може драматично повећати стопе рециклаже у индустријским секторима кроз софистициране системе за сортирање отпада, чиме директно доприноси већој ефикасности ресурса. Ellen MacArthur Foundation (2020) наглашава битност циркуларне економије у подстицању економског раста редукцијом ресурсне потрошње и отпада, уз подршку ВИ технологија које оптимизују ланац снабдијевања и производне процесе. Ово се надовезује на став да функционисање Индустрије 4.0 може олакшати прелазак на одрживе операције, интеграцијом ВИ у управљање ресурсима и отпадом (De Mattos Nascimento et al. 2024). Wilson et al. (2022) показују како ВИ може побољшати дизајн производа за поновну употребу и рециклирање, што доприноси продужењу животног циклуса производа и смањењу њиховог еколошког отиска. Слично томе, Noman et al. (2022) разматрају како ВИ може унаприједити управљање ланцима снабдијевања у циркуларној економији, побољшавајући предикцију потражње и логистичку ефикасност. Nishant et al. (2020) истражују како ВИ може унаприједити циркуларне економске системе кроз оптимизацију употребе ресурса и продужење животног циклуса производа, док Zink и Geyer (2017) анализирају нежељене ефекте циркуларних економских пракси и предлажу како ВИ може

помоћи у њиховом ублажавању. Di Vaio et al. (2020) проучавају како интеграција одрживости уз помоћ ВИ може побољшати етичко доношење одлука и стратешко планирање унутар предузећа. Korhonen et al. (2018) такође расправљају о ограничењима циркуларне економије и како вјештачка интелигенција може превазићи ове изазове, побољшавајући системску ефикасност. Geissdoerfer et al. (2017) и Ghisellini et al. (2016) критички прегледају циркуларну економију као парадигму одрживости и показују како ВИ може убрзати њену примјену кроз напредне аналитичке и технолошке интервенције. Lieder и Rashid (2016) предлажу мултиобјективни оптимизациони приступ за циркуларне производне системе, где ВИ игра кључну улогу у оптимизацији ових система за еколошке и економске користи. Despeisse et al. (2017) и Moreno et al. (2016) истражују како 3Д штампање подржано ВИ може унаприједити циркуларну економију, омогућавајући производњу по захтјеву и смањење отпада, док Tukker (2015) разматра улогу система производа и услуга у циркуларној економији, наглашавајући како ВИ помаже у оптимизацији ових система за већу ефикасност ресурса. Ова истраживања заједно указују на широк спектар могућности кроз које вјештачка интелигенција може подржати и унаприједити имплементацију циркуларне економије, доприносећи тиме глобалним напорима ка одрживом развоју (Поповић и Ерић 2021а).

Упркос потенцијалним предностима, постоје значајна ограничења и изазови који прате ширу примјену циркуларне економије и ВИ. Један од главних изазова је отпор промјенама унутар пословног и институционалног сектора. Такође, недостатак квалификоване радне снаге или технолошка незрелост неких ВИ апликација, могу успорити интеграцију и ефикасност ових технологија. Осим тога, потребно је успоставити јаче регулаторне оквире који ће осигурати етичку употребу ВИ, посебно у смислу заштите података и приватности.

Поред техничких, изазови се проналазе и у потешкоћама финансијске изводљивости таквих рјешења (Novaković et al. 2022). Имплементација ВИ захтијева значајне инвестиције у технологију и инфраструктуру, док циркуларна економија захтијева промјене у производним процесима, логистици и потрошачким навикама. Осим тога, постоји и проблем пристрасности података у ВИ системима, који може довести до неефикасних или неправедних одлука, посебно у глобалном контексту гдје су подаци често неуједначени.

Интеграција циркуларне економије и вјештачке интелигенције има потенцијал да значајно придонесе одрживости и економској ефикасности на глобалном нивоу (Krajišnik and Gojković 2021). Иако постоје изазови,

континуираним истраживањима, технолошким напретком и адаптацијом регулаторног оквира могу се превазићи наведене препреке (Ерић 2018). Кроз мултидисциплинарни сарадњу и иновативне приступе, могуће је остварити одрживи развој који ће користити како садашњим, тако и будућим генерацијама (Krajišnik et al. 2019).

За постизање пуног потенцијала циркуларне економије и ВИ, неопходно је развијати мултидисциплинарне стратегије које укључују економске, технолошке, еколошке и социјалне аспекте. Према томе, сарадња између различитих друштвених актера (владе, индустрије, академских кругова, цивилног друштва и др.) представљају кључне факторе потпуне примјене ова два приступа у стварању одрживог економског раста и развоја. Такође, важно је фокусирати се на образовање и оспособљавање радне снаге, који су неопходни за адекватно прилагођавање новим технолошким захтјевима, и оптимално искоришћење прилика које ове промјене доносе (Porović et al. 2019).

Са еколошке тачке гледишта, иако циркуларна економија има за циљ смањење негативних утицаја на околину, потребно је пажљиво планирање како би се избјегла прекомјерна употреба технологије која може захтијевати велике количине енергије или генерисати додатни отпад (Поповић и Ерић 2021а; Ерић и Лојовић 2017). Интеграција ВИ може помоћи у оптимизацији ових процеса, али је кључно развити правну регулативу које ће пратити константан технолошки напредак.

На глобалном нивоу, ЦЕ и ВИ се све више препознају као кључни елементи у постизању циљева одрживог развоја. Земље широм свијета, укључујући Европску унију, САД и Кину, активно раде на интеграцији ових концепата у своје развојне политике. ЕУ је један од лидера у примјени ЦЕ и ВИ. Усвојен је акциони план за циркуларну економију, који укључује мјере за смањење отпада, побољшање ефикасности ресурса и промовисање одрживих производних пракси (Поповић и Ерић 2021а; Krajišnik and Gojković 2017). Државе као што су Холандија и Њемачка предњаче у примјени ових мјера. Холандија је поставила циљ да потпуно заживи циркуларна економија до 2050. године, док Њемачка активно ради на дигитализацији и оптимизацији индустријских процеса помоћу ВИ (Mazur-Wierzbicka 2021). Кина је, такође, направила значајне кораке у примјени ЦЕ и ВИ. Кинеска влада је усвојила стратегију која укључује развој циркуларне економије као дио националног плана за одрживи развој (Mathews and Tan 2011). Велике инвестиције у ВИ омогућавају Кини да побољша управљање ресурсима и оптимизује индустријске процесе.

У САД, примјена ЦЕ и ВИ варира у зависности од државе. Калифорнија је један од примјера који предњачи у примјени циркуларних принципа и технологија вјештачке интелигенције, док остале државе заостају у примјени ових концепта (Rodriguez-Anton et al. 2019).

На регионалном нивоу, посебно у региону Западног Балкана, постоји све већа свијест о значају ЦЕ и ВИ за одрживи развој. Земље као што су Србија, Црна Гора, Босна и Херцеговина и Сјеверна Македонија су започеле имплементацију политика и стратегија које подржавају циркуларне праксе и употребу ВИ у различитим секторима привреде (Vasa et al. 2018).

Србија је започела примјену циркуларне економије кроз различите иницијативе за управљање отпадом и побољшање енергетске ефикасности. Међутим, још увијек постоји потреба за већим улагањима у технологију и инфраструктуру за примјену ВИ (Trenovski et al. 2023). Црна Гора је направила прве кораке ка циркуларној економији кроз пројекте рециклаже и одрживог туризма. ВИ се користи у ограниченом обиму, углавном у енергетском сектору. Ове земље се суочавају са изазовима у примјени ЦЕ и ВИ због недостатка финансијских средстава и технолошке инфраструктуре (Garaplija 2020; Vasa et al. 2018). Ипак, постоје иницијативе за побољшање управљања отпадом и енергетске ефикасности (Satrović et al. 2021).

На локалном нивоу, многе општине и градови у региону раде на развоју пројеката и иницијатива које промовишу ЦЕ и ВИ. Ово укључује пројекте за управљање отпадом, енергетску ефикасност и одрживи урбани развој. Локалне власти и заједнице све више препознају предности које ови концепти могу донијети у смислу ефикаснијег коришћења ресурса, смањења отпада и побољшања квалитета живота. Градови као што су Нови Сад и Подгорица раде на развоју паметних градова (smart cities), који укључују примјену ВИ у управљању градским ресурсима и инфраструктуром (Garaplija 2020). Многе локалне заједнице се суочавају са изазовима у примјени ових концепата због ограничених финансијских ресурса и недостатка технолошке подршке.

Глобално, постоји све већа подршка за развој и имплементацију циркуларних и интелигентних рјешења. Ово укључује повећање улагања у истраживање и развој, подршку иновацијама и промоцију одрживих пословних модела (Borović et al. 2020). Земље као што су Холандија, Њемачка и Јапан предњаче у примјени ЦЕ и ВИ. Ове земље имају напредне политике и стратегије које подржавају циркуларну економију и иновације у технологији. На примјер, Холандија активно промовише рециклажу и поновну употребу материјала, док Њемачка интегрише ВИ у индустријске процесе ради побољшања ефикасности (Mazur-Wierzbicka 2021). С друге стране, земље у развоју,

посебно у Африци и неким дијеловима Азије, имају значајне изазове у примјени ових концепата. Недостатак инфраструктуре, финансијских ресурса и технолошких капацитета ограничавају њихову способност да усвоје ЦЕ и ВИ.

Примјена ЦЕ и ВИ има значајан утицај на економски раст и развој (Gojković et al. 2023). На глобалном нивоу, ови концепти могу допринијети стварању нових радних мјеста, побољшању ефикасности и смањењу трошкова производње. На регионалном и локалном нивоу, примјена ЦЕ и ВИ може побољшати конкурентност предузећа и допринијети одрживом економском развоју (Škrinjaric 2020). Земље које активно примјењују ЦЕ и ВИ биљеже раст у секторима као што су рециклажа, управљање отпадом и паметна производња. Ово доводи до стварања нових радних мјеста и побољшања економских перформанси (Đogo et al. 2023). Интеграција ових концепата омогућава стварање одрживих пословних модела који доприносе дугорочном економском расту и заштити околине (Ерић и сар. 2023).

Интеграција ЦЕ и ВИ омогућава нове могућности за одрживи развој. ВИ може побољшати ефикасност циркуларних процеса кроз оптимизацију производних процеса, аутоматизацију управљања ресурсима и анализу података у реалном времену. На примјер, употреба ВИ у управљању отпадом може побољшати ефикасност сортирања и рециклаже, што доводи до смањења отпада и повећања рециклаже.

С друге стране, ЦЕ може пружити оквир за развој одрживих пословних модела који користе ВИ. Ово укључује развој нових производа и услуга који су дизајнирани за дуготрајну употребу, поновну употребу и рециклажу. На тај начин, интеграција ЦЕ и ВИ може допринијети стварању нових економских могућности и побољшању квалитета живота.

Циркуларна економија и вјештачка интелигенција представљају кључне покретаче одрживог развоја на глобалном, регионалном и локалном нивоу. Тренутна ситуација показује да постоји значајна подршка за развој и имплементацију ових концепата, а перспективе за будућност су веома обећавајуће. Интеграција ЦЕ и ВИ омогућава нове могућности за побољшање ефикасности ресурса, смањење отпада и стварање одрживих пословних модела. Као такви, ови концепти могу значајно допринијети постизању циљева одрживог развоја и побољшању квалитета живота широм свијета.

Циљеви одрживог развоја (SDG), које су Уједињене нације усвојиле 2015. године, представљају глобални оквир за постизање одрживог економског, социјалног и еколошког напретка до 2030. године (Sustainable Development Goals, 2023). SDG обухватају 17 циљева и 169 потциљева који адресирају широк спектар глобалних изазова, укључујући сиромаштво, неједнакост,

климатске промјене, деградацију животне средине, мир и правду. Ови циљеви су међусобно повезани и интегрисани, што значи да напредак у једном циљу може допринијети остварењу других.

Праћење остварења SDG врши се кроз низ индикатора које су дефинисале Уједињене нације. Ови индикатори омогућавају државама и међународним организацијама да мјере напредак и идентификују области које захтијевају додатне напоре (Nikolic et al. 2019; Krajišnik and Popović 2019). Подаци се прикупљају на националном и глобалном нивоу и редовно се саопштавају кроз извјештаје о напретку. Индикатори обухватају разноврсне аспекте као што су: приступ чистој води, квалитет образовања, стопа сиромаштва, родна равноправност, приступ енергији, одрживи економски раст, иновације и инфраструктура, и очување еко-система.

Кључни циљеви SDG могу се сублимирати путем слике 7.1.



Сл. 7.1. Кључни циљеви SDG (Sustainable Development Goals 2023)

Fig. 7.1. Key SDG Goals (Sustainable Development Goals 2023)

У овом поглављу се анализирају индикатори који су директно повезани са SDG, као што су стопа рециклаже, употреба секундарних сировина, улагања у вјештачку интелигенцију, приступ чистој води и стопа сиромаштва. Разумијевање напретка у овим областима омогућава да се оцијени како

различите земље доприносе глобалним циљевима одрживог развоја. Подаци о SDG такође омогућавају идентификацију изазова и потреба за додатном подршком и улагањима, посебно у мање развијеним земљама.

SDG су круцијални за стварање одрживе будућности, а ово истраживање показује како примјена циркуларне економије и вјештачке интелигенције може допринијети постизању ових циљева. Глобална сарадња и размјена знања су кључни за успјех, осигуравајући реализацију процеса одрживог развоја на глобалном нивоу.

Циљ овог истраживања је да се пружи јасна слика о томе како различите земље управљају својим ресурсима, примјењују вјештачку интелигенцију и напредују у постизању одрживих развојних циљева. Анализирани индикатори нам омогућавају да се упореде различите земље и идентификују области у којима су потребна побољшања. Подаци такође могу помоћи доносиоцима одлука у развоју политика и стратегија за побољшање одрживости, иновативности и економског развоја.

Анализа се заснива на подацима из различитих поузданих извора као што су Eurostat, OECD, European Environmental Agency, World Bank, LinkedIn Economic Graph, SDSN и др. Подаци су прикупљени, обрађени и упоређени како би се добила свеобухватна слика о успјешности земаља у овим областима.

7.2. Методолошки аспекти, анализе и резултати

У овом дијелу се проучавају различити индикатори који мјере успјешност примјене циркуларне економије (ЦЕ), вјештачке интелигенције (ВИ) и постизања одрживих развојних циљева (SDG) у различитим земљама. Изабрани индикатори су фундаментални за разумијевање ефикасности управљања природним ресурсима, иновативности и успјеха у достизању одрживог развоја.

Индикатор Стопа рециклаже (%) представља проценат укупног отпада који се рециклира у односу на укупну количину генерисаног отпада. Овај индикатор показује колико је ефикасан систем управљања отпадом у одређеној земљи и колико је висока свијест грађана о значају рециклаже.

Израчунавање овог индикатора се врши према следећој формули:

$$\text{Стопа рециклаже} = (\text{Количина рециклираног отпада} / \text{Укупна количина генерисаног отпада}) \times 100 \text{ (1)}$$

Када је у питању овај индикатор, анализирањем успјешности по земљама у Таб. 7.1 може се уочити да највише стопе рециклаже имају Холандија (75%), Данска (68%), Њемачка (67%), што указује на ефикасне системе за управљање отпадом и високу свијест грађана о важности рециклаже. Међутим, Румунија (11%), Босна и Херцеговина (10%), Албанија (12%) имају најниже стопе рециклаже, што указује на потребу за побољшањем инфраструктуре за управљање отпадом и подизањем свијести о значају рециклаже. Просјечна стопа рециклаже за све анализирани земље је око 35%, док је стандардна девијација око 18%. Ово указује на велику варијацију у стопама рециклаже међу земљама. Гледајући дистрибуцију података, могу се уочити неке кључне тенденције. Први квантил за стопу рециклаже је око 20%, што значи да четвртина земаља има стопу рециклаже мању од овог процента. Медијана је око 34%, што значи да половина земаља има стопу рециклаже нижу од ове вриједности, док је трећи квантил око 50%, што указује да је само четвртина земаља има стопу рециклаже изнад овог процента. Коефицијент квантилне варијације за стопу рециклаже је око 0.88, што указује на високу варијацију међу земљама.

Генерација отпада по глави становника је други анализирани индикатор који представља количину отпада коју генерише појединац у току једне године. Овај индикатор мјери ниво потрошње и производње отпада по становнику, тј. израчунава се као однос укупног генерисаног отпада и броја становника (приказано у формули 2).

$$\text{Генерација отпада по глави становника (kg/год)} = \frac{\text{Укупна количина генерисаног отпада (kg)}}{\text{Број становника (2)}}$$

Према овом индикатору Данска (840 kg/год), САД (821 kg/год), и Канада (706 kg/год) имају високе вриједности, што указује на високе нивое потрошње и индустријске активности. Док Индија (170 kg/год) и Албанија (260 kg/год) имају најниже вриједности у узорку анализираних земаља, што може указивати и на ниже нивое потрошње и индустријализације. Просјечна генерација отпада по становнику је око 450 kg/год, са стандардном девијацијом од 150 kg/год, што такође указује на значајне разлике међу земљама.

Употреба секундарних сировина (%) представља показатељ који се добија као проценат укупних сировина које су рециклиране или поново коришћене у производњи. Овај индикатор показује колико ефикасно земља користи ресурсе кроз рециклажу и поновну употребу. Формула за израчун овог индикатора је:

$$\text{Употреба секундарних сировина (\%)} = (\text{Количина секундарних сировина коришћених у производњи} / \text{Укупна количина коришћених сировина}) \times 100$$

(3)

У узорку анализираних земаља, успјешније земље према употреби секундарних сировина, су: Холандија (30%), Данска (20%), Јапан (20%), што указује на ефикасне системе за рециклажу и поновну употребу материјала. Док, међутим, Румунија (5%), Босна и Херцеговина (5%) имају најниже стопе, што указује на потребу за побољшањем система за рециклажу. Просјечна употреба секундарних сировина је око 10%, са стандардном девијацијом од 6%. Поред земаља са екстремним вриједностима, треба поменути и земље као што су Италија (49%), Француска (65%) и Шпанија (29%), које имају умјерене али значајне стопе рециклаже и употребе секундарних сировина. Ове земље показују добар напредак у примјени принципа циркуларне економије, али имају простора за унапређење.

Подаци указују на велику варијабилност међу земљама у погледу циркуларне економије. Док неке земље постижу високе стопе рециклаже и употребе секундарних сировина, друге заостају и потребна су им значајна унапређења у овој области. Разлике у генерацији отпада по становнику додатно компликују ситуацију, што указује на потребу за прилагођеним приступима у унапређењу циркуларне економије широм свијета.

У табели 7.1 је дат детаљан преглед резултата претходно описана три показатеља.

Таб. 7.1. Индикатори циркуларне економије (Environmental Performance Index 2024; Eurostat 2024a; Eurostat 2024b; European environmental Agency 2022)

Table 7.1. Circular Economy Indicators (Environmental Performance Index 2024; Eurostat 2024a; Eurostat 2024b; European Environmental Agency 2022)

Земља	Стопа рециклаже (%)	Генерација отпада по ст. (kg/год)	Употреба секундарних сировина (%)
Аустрија	59	578	10
Белгија	54	453	11
Бугарска	25	370	9
Хрватска	30	404	6
Кипар	16	663	10
Чешка	37	504	8
Данска	68	840	20

Естонија	33	404	7
Финска	42	501	10
Француска	65	550	12
Њемачка	67	611	14
Грчка	17	523	7
Мађарска	35	379	6
Ирска	41	522	13
Италија	49	499	15
Латвија	32	400	8
Литванија	34	464	9
Луксембург	55	673	15
Малта	38	616	11
Холандија	75	525	30
Пољска	34	315	8
Португал	28	487	10
Румунија	11	272	5
Словачка	20	341	8
Словенија	48	486	12
Шпанија	29	455	11
Шведска	49	446	20
Србија	15	331	6
Црна Гора	18	320	7
С. Македонија	20	290	8
БиХ	10	280	5
Албанија	12	260	6
САД	34	821	12
Кина	22	422	10
Канада	27	706	15
Јапан	50	400	20
Бразил	20	380	8
Јужна Африка	15	200	5
Сингапур	61	365	17

Број патената везаних за ВИ је апсолутни број, који се добија од броја регистрованих патената који се односе на технологије вјештачке интелигенције. Овај индикатор указује на ниво иновација и технолошког напретка у области ВИ.

Када је у питању овај показатељ, очекивано доминантне земље су и економски најразвијеније – САД (са 200), Кина (150) и Јапан (100), те имају највише патената, што имплицира на постојање снажних система за истраживање и развој, те висок ниво иновација. Најмање развијене земље у узорку имају најмање патената, што указује на потребу за побољшањем капацитета за истраживање и развој. Просјечан број патената за све анализирани земље је око 20, док је стандардна девијација око 40, што указује на велику варијацију међу земљама. Медијана броја патената је 10, што значи да половина земаља има мање од 10 патената, док је први квартил 6 и трећи квартил 25, што указује на значајну разлику међу земљама.

Улагања у ВИ представљају укупна средства уложена у истраживање и развој вјештачке интелигенције. Висока улагања указују на стратешки фокус на развој и примјену ВИ технологија. Као и у претходном показатељу, улагања у ВИ доминирају у САД (20.0 млрд \$), Кини (15.0 млрд \$), и Јапану (10.0 млрд \$), те указују на стратешки приоритет и значајна средства усмјерена ка развоју ВИ. За земље у региону карактеристично је што имају најмања улагања у узорку, што указује на потребу за већом финансијском подршком. У погледу улагања у ВИ, просјек је око 2 млрд \$, са стандардном девијацијом од 4.5 млрд \$. Медијана улагања је 0.7 млрд \$, док је први квартил 0.2 млрд \$, а трећи квартил 2 млрд \$, што такође указује на велику варијацију. Земље као што су САД, Кина и Јапан значајно одскачу од осталих, док многе земље, укључујући Албанију, Босну и Херцеговину и Румунију, имају минимална улагања.

Број стручњака у ВИ мјери број особа које раде у области вјештачке интелигенције. Овај индикатор указује на капацитете за развој и примјену ВИ технологија. Према процјенама (извор) највећи број стручњака из овог сегмента је забиљежен у САД (300.000), Кини (250.000), Јапану (200.000), што имплицира на развијене образовне системе и велике инвестиције у развој кадрова. Просјечан број стручњака је око 22.500, са стандардном девијацијом од 58.000. Медијана броја стручњака је 5.000, док је први квартил 3.000, а трећи квартил 15.000, што указује на значајне разлике међу земљама. Висок број стручњака у водећим земљама указује на развијене образовне системе и велике инвестиције у развој кадрова.

Примјена ВИ у индустрији, представља проценат компанија које користе ВИ технологије у својим операцијама. Овај индикатор показује ниво иновативности и ефикасности у индустријској примјени ВИ. Веома значајан показатељ и који адекватно мјери стопу пропулзивности индустрије као кључног сектора сваке националне економије. Према овом показатељу такође доминирају свјетски економски колоси САД (70%), Кина (65%) и Јапан (60%).

Земље из региона због специфичности привредне структуре и образовања радне снаге имају неколико пута ниже стопе, те је нужна потреба за технолошким развојем и модернизацијом индустрије. Просјек примјене ВИ у индустрији је око 35%, са стандардном девијацијом од 18%. Медијана је 30%, док је први квартил 25%, а трећи квартил 45%, што показује значајне разлике међу земљама. Висок ниво примјене ВИ у индустрији у водећим земљама указује на иновативност и ефикасност у индустријској примени ВИ технологија.

Гледајући дистрибуцију података, могу се уочити неке кључне тенденције. Земље са високим бројем патената и великим улагањима у ВИ такође имају велики број стручњака и високу примјену ВИ у индустрији. Насупрот томе, земље са ниским бројем патената и малим улагањима заостају у броју стручњака и примјени ВИ технологија у индустрији. Земље као што су Њемачка (50 патената, 3.5 млрд \$ улагања, 30.000 стручњака, 60% примјена ВИ у индустрији), Француска (45 патената, 3 млрд \$ улагања, 25.000 стручњака, 52% примјена ВИ у индустрији) и Шведска (25 патената, 2 млрд \$ улагања, 20.000 стручњака, 55% примјена ВИ у индустрији) показују добар напредак у примјени ВИ технологија, али имају простора за унапређење. Генерално, подаци указују на велику варијабилност међу земљама у погледу примјене вјештачке интелигенције. Док неке земље постижу високе вриједности у свим индикаторима, друге заостају и потребна су им значајна унапређења у овој области. Разлике у улагањима и броју стручњака додатно компликују ситуацију, што указује на потребу за прилагођеним приступима у унапређењу вјештачке интелигенције широм свијета.

У табели 7.2 је дат детаљан преглед резултата претходно описана четири показатеља.

Таб. 7.2. Индикатори успјешности примјене вјештачке интелигенције (OECD 2024a; OECD 2024b, LinkedIn Economic Graph 2024; McKinsey Global Institute 2024)

Table 7.2. Indicators of the Success of Artificial Intelligence Application (OECD 2024a; OECD 2024b; LinkedIn Economic Graph 2024; McKinsey Global Institute 2024)

Земља	Број патената везаних за ВИ	Улагања у ВИ (млрд \$)	Број стручњака у ВИ	Примјена ВИ у индустрији (%)
Аустрија	12	1,2	10000	45
Белгија	10	1	9000	40
Бугарска	8	0,2	3500	22

Хрватска	6	0,3	4000	25
Кипар	5	0,1	2000	20
Чешка	15	1,5	15000	38
Данска	15	1	12000	50
Естонија	7	0,2	3000	20
Финска	9	0,5	5000	30
Француска	45	3	25000	52
Њемачка	50	3,5	30000	60
Грчка	7	0,2	3000	25
Мађарска	10	0,5	5000	28
Ирска	14	0,9	8000	35
Италија	30	2	20000	48
Латвија	6	0,1	2000	20
Литванија	8	0,3	3000	25
Луксембург	17	1,2	11000	42
Малта	5	0,1	2000	18
Холандија	20	1,5	15000	55
Пољска	11	0,8	7000	30
Португал	9	0,7	6000	27
Румунија	5	0,1	2000	20
Словачка	10	0,3	5000	30
Словенија	13	0,6	6000	35
Шпанија	12	1,2	10000	40
Шведска	25	2	20000	55
Србија	10	0,2	5000	30
Црна Гора	5	0,1	2000	25
С. Македонија	8	0,2	3000	28
БиХ	5	0,1	2000	20
Албанија	4	0,1	1500	18
САД	200	20	300000	70
Кина	150	15	250000	65
Канада	80	5	80000	55
Јапан	100	10	200000	60
Бразил	30	1	50000	45
Јужна Африка	20	0,5	20000	35
Сингапур	50	2	60000	58

SDG Index мјери напредак земаља у постизању циљева одрживог развоја које су поставиле Уједињене нације. Индекс обухвата економске, социјалне и еколошке аспекте.

Овај показатељ представља композитни индекс и рачуна се као:

SDG Индекс = Композитни индекс заснован на постигнућима у испуњавању циљева одрживог развоја (SDGs) (4)

Према овом индикатору Холандија (82,2), Данска (80,7), Њемачка (80,1) имају највише индексе, што указује на свеобухватан напредак у постизању одрживих развојних циљева, док земље региона и најмање развијене земље имају најниже индексе, што указује на изазове у постизању циљева и потребу за међународном подршком.

CO₂ емисије по глави становника мјери количину емисија угљен-диоксида које генерише појединац у току једне године. Високе емисије указују на висок ниво индустријске активности и потрошње енергије, али и загађености ваздуха, који представља негативан индикатор за одрживи развој.

Израчунава се према формули:

CO₂ емисије по глави становника (тона/год) = Укупне CO₂ емисије (тона у години) / Број становника (5)

Највећи емитери CO₂ по становнику у анализираном скупу су САД (16,1), Канада (15,5), Њемачка (9,6), што указује на потребу за енергетском транзицијом ка обновљивим изворима енергије. Индија (1,8), најмање развијене земље (0,5), Бразил (2,2) имају најниже емисије, што може указивати на ниже нивое индустријализације и потрошње енергије. Просјечне CO₂ емисије по глави становника су 7,3 тона, са стандардном девијацијом од 4,2, што указује на значајну варијацију међу земљама.

Приступ чистој води мјери проценат становништва које има приступ чистој и безбједној води за пиће. Висок проценат указује на напредну инфраструктуру за водоснабдијевање.

Израчунава се према формули:

Приступ чистој води = (Број људи са приступом чистој води / Укупан број становника) × 100 (6)

У том контексту најуспјешније земље су Јапан (100%), Данска (100%), Њемачка (99.7%), које имају висок приступ чистој води, што указује на напредну инфраструктуру. И поред обилних водних ресурса, земље Западног Балкана имају заостатак према овом индикатору за развијеним земљама и најнижи приступ, што указује на озбиљне изазове у обезбјеђивању основних

услуга. Просјечан приступ чистој води је 96,8%, са стандардном девијацијом од 3,8, што указује на мање разлике међу земљама у овом аспект.

Стопа сиромаштва мјери проценат становништва које живи испод националне линије сиромаштва. Ниска стопа сиромаштва указује на успјешне економске и социјалне политике.

Овај показатељ се израчунава помоћу формуле:

$$\text{Стопа сиромаштва} = (\text{Број људи испод границе сиромаштва} / \text{Укупан број становника}) \times 100$$

Најлошије позициониране земље према овом показатељу су Босна и Херцеговина (27%), Јужна Африка (26%), које имају највише стопе сиромаштва, што указује на економске изазове и потребу за адекватним социјалним програмима. Сингапур (10%), Шведска (14,8%), Канада (14,5%) имају најниже стопе сиромаштва, што указује на успјешне политике и високи стандард живота. Просјечна стопа сиромаштва је 18,7%, са стандардном девијацијом од 4,7, што указује на умјерене разлике међу земљама. Узимајући у обзир све индикаторе, можемо закључити да земље са високим SDG индексом такође имају висок приступ чистој води и ниже стопе сиромаштва, али могу имати високе CO₂ емисије по глави становника. Земље са нижим SDG индексом имају веће изазове у обезбјеђивању основних услуга и смањењу сиромаштва. Варијације у овим индикаторима указују на различите нивое развоја и потребу за прилагођеним приступима у унапређењу одрживог развоја широм свијета.

У табели 7.3 дат је детаљан преглед резултата претходно описана четири показатеља.

Таб. 7.3. Индикатори успјешности у остварењу циљева одрживог развоја (Bertelsmann Stiftung – Sustainable development goals index 2019; Sustainable Development Solutions Network 2024; World Bank 2023)

Table 7.3. Indicators of Success in Achieving Sustainable Development Goals (Bertelsmann Stiftung - Sustainable Development Goals Index 2019; Sustainable Development Solutions Network 2024; World Bank 2023)

Земља	SDG Индекс (од 100)	CO ₂ емисије по глави становника (тона/год)	Приступ чистој води (%)	Стопа сиромаштва (%)
Аустрија	78,9	8,5	99,9	16,5
Белгија	77,5	8,4	99,8	15,9
Бугарска	73,5	6	95	24,2
Хрватска	75,2	5,1	98,5	22,3

Кипар	73,2	5,6	99,5	23,1
Чешка	76,4	8,8	99,7	21
Данска	80,7	7,7	100	12,5
Естонија	74,3	6,7	98,5	20,5
Финска	77,8	7,5	99,9	18
Француска	79,4	4,6	99,9	13,6
Њемачка	80,1	9,6	99,7	16,7
Грчка	72,8	7	98	22,2
Мађарска	74,5	6,8	98,7	19,5
Ирска	77	8,1	99,8	15,3
Италија	78,5	5,7	99,8	15
Латвија	73,8	4,8	98,6	22
Литванија	74,2	5,5	98,9	20
Луксембург	78,5	10	100	13,5
Малта	74	4,7	99,7	22
Холандија	82,2	8,4	99,8	15,8
Пољска	74,9	7,9	99,2	17,5
Португал	73,6	5,9	98,5	19
Румунија	71,3	3,8	87,4	25,4
Словачка	75,4	6,2	96,5	21
Словенија	77,1	5,3	99,6	16,9
Шпанија	76,5	6,4	98,9	19,2
Шведска	80,3	5,4	99,9	14,8
Србија	65,5	6,6	96,5	25
Црна Гора	67,3	5,5	95	23
С. Македонија	68,2	4,8	94,5	24
БиХ	64,3	4,2	92	27
Албанија	65	3,8	90	26,5
САД	76	16,1	99,2	18
Кина	72,1	7,4	94	24
Канада	77,5	15,5	99,8	14,5
Јапан	79,8	9	100	15
Бразил	69,8	2,2	97,8	25,4
Јужна Африка	66	8,9	93,2	26
Сингапур	78,2	7,6	100	10

Повезаност између циркуларних индикатора, индикатора животне средине и SDG индекса показује да постоји значајан утицај који ове групе индикатора имају на одрживи развој.

Развијене земље са високим вриједностима у ЦИ и ВИ постижу боље резултате у SDG индексу, док земље у развоју и најмање развијене земље имају веће изазове у постизању ових циљева. Ова анализа указује на потребу за фокусирањем на унапређење циркуларне економије и заштите животне средине као кључних фактора за остваривање циљева одрживог развоја.

7.3. Дискусија

Њемачка, Холандија, Данска, Француска и Италија су водеће у примјени ЦЕ, имају високе БДП по глави становника, добро развијену инфраструктуру, образовање и истраживање и развој (Škrinjarić 2020). Њемачка, на примјер, има снажан програм рециклирања и промоцију обновљивих извора енергије, док Холандија и Данска предњаче у примјени иновативних технологија у управљању отпадом и енергетској ефикасности (Mazur-Wierzbicka 2021). Румунија, Грчка, Кипар, Словачка и Бугарска имају најслабије резултате у примјени ЦЕ на нивоу Европске уније. Ове земље се суочавају с већим нивоима корупције, нижом ефикасношћу владе и слабијим образовним резултатима (Škrinjarić 2020). Упркос настојањима да се побољша управљање отпадом и промовише рециклажа, ове земље још увијек заостају у односу на остале чланице ЕУ.

САД показује мјешовите резултате у примјени ЦЕ и ВИ. Док су неке државе, као што су Калифорнија и Њујорк, водеће у примјени одрживих пракси, друге државе заостају. Технолошке компаније, као што су Google и Microsoft, значајно улажу у развој ВИ рјешења која подржавају ЦЕ. Кина је направила значајан напредак у промоцији ЦЕ. Ова земља је усвојила бројне политике и стратегије које подстичу развој ЦЕ и примјену ВИ у управљању ресурсима и енергијом. Кинеска влада активно промовише пројекте који подржавају еко-индустријске иницијативе и циркуларне праксе.

Јапан је такође једна од водећих земаља у примјени ЦЕ и ВИ. Јапански модел ЦЕ укључује иновативне приступе управљању отпадом и рециклажи, као и употребу ВИ за оптимизацију производних процеса и управљање ресурсима. Јапан је познат по својим напорима у развоју одрживих технологија и енергетске ефикасности. Најмање развијене земље се суочавају са значајним изазовима у примјени ЦЕ и ВИ. Недостатак финансијских средстава, инфраструктуре и знања ограничава њихову способност да примјењују ове

концепте. Ипак, постоје бројни пројекти који покушавају да побољшају ове услове кроз међународну помоћ и сарадњу (Vasa et al. 2018).

Србија, Црна Гора и Македонија су направиле одређени напредак у примјени ЦЕ и ВИ. На примјер, Србија је покренула иницијативе за унапређење управљања отпадом и промоцију рециклирања. Македонија предњачи у коришћењу ИКТ-а за циркуларну пољопривреду, док Црна Гора ради на промоцији одрживих пракси у секторима туризма и пољопривреде (Vasa et al. 2018). Босна и Херцеговина и Албанија се суочавају са значајним изазовима у примјени ових концепата. Недостатак финансијских средстава, слаб институционални оквир и низак ниво свијести о значају ЦЕ и ВИ ограничавају њихов напредак (Vasa et al. 2018).

Циркуларна економија и вјештачка интелигенција имају потенцијал да значајно допринесу економском расту и развоју. Интеграција ових концепата може довести до:

- Повећања продуктивности: употреба ВИ за оптимизацију процеса и управљање ресурсима може значајно повећати продуктивност и смањити трошкове производње (Rodríguez-Antón et al. 2019);
- Смањења трошкова: циркуларна економија омогућава смањење трошкова кроз рециклажу, поновну употребу и оптимизацију употребе ресурса;
- Стварања нових радних мјеста: развој нових технологија и пословних модела у оквиру циркуларне економије може довести до стварања нових радних мјеста и економских могућности (Momete 2020).

Интеграција ЦЕ и ВИ представља значајан корак ка одрживом развоју и побољшању квалитета живота широм свијета. Напредак у примјени ових концепата варира међу земљама, али постоје значајне могућности за даљи развој и унапређење.

7.4. Закључак

У анализи индикатора успјешности примјене циркуларне економије, вјештачке интелигенције и одрживих развојних циљева, откривене су значајне разлике у постигнутим резултатима између земаља. Разматрајући аспекте као што су стопа рециклаже, генерисање отпада по глави становника, употреба секундарних сировина, број патената у вези са вјештачком интелигенцијом, улагања у ову област, број стручњака, примјена ВИ у индустрији, СДГ индекс, емисије CO₂ по глави становника, приступ чистој води и стопа сиромаштва, добили смо свеобухватну слику о глобалним

напорима и изазовима у остваривању одрживог развоја и технолошког напретка.

Циркуларна економија представља модел који тежи одрживости кроз смањење отпада и максималну искоришћеност ресурса. Развијене земље попут Холандије, Данске и Њемачке истакле су се у примјени овог концепта, показујући високе стопе рециклаже и употребе секундарних сировина. Ове земље су успоставиле ефикасне системе за управљање отпадом, развиле снажну инфраструктуру и подстакле свијест грађана о значају рециклаже. Насупрот томе, земље попут Румуније, Босне и Херцеговине и Албаније суочавају се са изазовима у примјени циркуларне економије, што указује на потребу за значајним улагањима у инфраструктуру и едукацију јавности.

У области вјештачке интелигенције, Сједињене Америчке Државе, Кина и Јапан су лидери са високим улагањима у истраживање и развој, великим бројем патената и значајним бројем стручњака. Ове земље су препознале стратешку важност ВИ и усмјериле значајне ресурсе ка њеном развоју. Као резултат, оне су постале центри иновација и технолошког напретка. Мање развијене земље имају ограничене капацитете у овој области, што указује на потребу за међународном подршком и сарадњом у циљу развоја и примјене ВИ технологија.

Одрживи развојни циљеви (SDG) представљају глобални оквир за постизање економског, социјалног и еколошког напретка. Високи СДГ индекси у земљама као што су Холандија, Данска и Њемачка указују на њихов свеобухватан приступ и успјех у остваривању ових циљева. Ове земље су имплементирале стратегије и политике које подржавају одрживи развој, што резултира високим нивоом квалитета живота, економском стабилношћу и заштитом околине. Насупрот томе, најмање развијене земље суочавају се са великим изазовима у постизању SDG-а, што захтијева додатне напоре и подршку од међународне заједнице.

Генерација отпада по глави становника и емисије CO₂ су индикатори који директно утичу на околину и климатске промјене. Развијене земље као што су Данска, САД и Канада имају високе нивое генерације отпада и емисије CO₂, што је повезано са високим нивоом индустријске активности и потрошње. Ово указује на потребу за енергетском транзицијом и усвајањем одрживијих модела потрошње и производње. С друге стране, земље попут Индије и најмање развијених земаља имају ниже нивое отпада и емисија, што је често резултат нижег нивоа индустријализације.

Приступ чистој води и стопа сиромаштва су критични индикатори квалитета живота и социјалне правде. Развијене земље попут Јапана, Данске и

Њемачке имају скоро потпуни приступ чистој води, што је резултат добро развијене инфраструктуре и ефикасних јавних услуга. Насупрот томе, најмање развијене земље имају ограничен приступ овом основном ресурсу, што указује на потребу за значајним улагањима у водоснабдијевање и санитарну инфраструктуру. Стопа сиромаштва је такође висока у најмање развијеним земљама, што указује на потребу за економским и социјалним програмима који подржавају смањење сиромаштва и подизање стандарда живота.

Ова анализа наглашава значајне разлике у постигнутим резултатима између развијених и мање развијених земаља у областима циркуларне економије, вјештачке интелигенције и одрживог развоја. Док су развијене земље успјешно имплементирале стратегије и политике које подржавају одрживи развој и технолошки напредак, мање развијене земље суочавају се са бројним изазовима који захтијевају међународну подршку и сарадњу.

Међународна сарадња и размјена знања и технологија могу играти кључну улогу у подршци земљама у развоју да достигну глобалне стандарде у одрживом развоју и технолошком напретку. Ово укључује финансијску помоћ, технолошки трансфер и образовне програме који могу помоћи у развоју капацитета и инфраструктуре. Истовремено, развијене земље могу научити из изазова са којима се суочавају мање развијене земље и радити на побољшању сопствених стратегија за одрживи развој и управљање ресурсима.

У закључку, глобални напори ка одрживом развоју и технолошком напретку захтијевају свеобухватан и координисан приступ који укључује сарадњу између земаља, размјену знања и технологија, и улагања у образовање и инфраструктуру. Само кроз заједничке напоре свих актера могу се постићи циљеви циркуларне економије, вјештачке интелигенције и одрживих развојних циљева, осигуравајући бољу будућност становништва на планети.

Литература

- Andeobu L, Wibowo S, Grandhi S (2022) Artificial intelligence applications for sustainable solid waste management practices in Australia: A systematic review. *Sci. Total Environ.* 834:155389. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.155389
- Bertelsmann Stiftung. (2019) Sustainable development goals index. Доступно на: www.bertelsmann-stiftung.de/en/our-projects/sustainable-development-goals-index/, приступљено: 25. јула 2024

- Borović Z, Gligorić D, Trivić J (2020) Impact of economic freedom on total factor productivity in former socialist countries. *Econ. Anal.* 53(2):95–108. doi:10.28934/ea.20.53.2.pp 95–108
- De Mattos Nascimento DL, de Oliveira-Dias D, Moyano-Fuentes J, Maqueira Marín JM, Garza-Reyes JA (2024) Interrelationships between circular economy and Industry 4.0: A research agenda for sustainable supply chains. *Bus. Strat. Env.* 33(2):575–596. doi: doi:10.1002/bse.3502
- Despeisse M, Baumers M, Brown P, Charnley F, Ford SJ, Garmulewicz A, Knowles S, Minshall THW, Mortara L, Reed-Tsochas FP, Rowley, J (2017) Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A research agenda. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 115: 75–84. doi:10.1016/j.techfore.2016.09.021
- Di Vaio A, Palladino R, Hassan R, Escobar O (2020) Artificial intelligence and business models in the sustainable development goals perspective: A systematic literature review. *J. Bus. Res.* 121:283–314. doi:10.1016/j.jbusres.2020.08.019
- Đogo M, Gligorić D, Grujić M, Mekinjić B (2023) The impossible trinity of developing countries—the Greek example. *Zb. Rad. Ekon. Fak. Rij.* 41(1):271–297. doi:10.18045/zbfri.2023.1.271
- Ellen MacArthur Foundation. (2020) The circular economy: A transformative Covid-19 recovery strategy. Доступно на: www.ellenmacarthurfoundation.org/a-transformative-covid-19-recovery-strategy, приступљено: 25. јула 2024
- Environmental Performance Index (2024) Доступно на: <https://epi.yale.edu/epi-results/2022/component/rec>, приступљено: 25. јула 2024
- Ерић О (2018) Зонирање и развој у ери глобализације. Бања Лука: Природно-математички факултет Универзитета у Бањој Луци. ISBN: 978-9995-52-17-52
- Erić O, Gligorić D, Topić-Pavković B (2024) Green transformation of the European Union: Implications on the Economic Development of the Western Balkans.
- Erić O, Куртеш, С, Амиџић, С (2023) Зелена економија и климатска неутралност. У: Илић П, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) Животна средина. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LV:553–577. doi:10.7251/EORU2309553E
- Erić, O, Лојовић, М (2017) Оптимална локација слободних зона и нова економска географија. *Herald* 21:39–51. doi:10.7251/HER2117039E
- European Environmental Agency (2024) Circular material use rate. Доступно на: www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/circular-material-use-rate-in-europe, приступљено: 25. јула 2024
- Eurostat (2024a) Circular material use rate. Online data code: cei_srm030. doi:10.2908/CEI_SRM030 Доступно на: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_srm030/default/table?lang=en&category=cei.cei_srm, Приступљено: 25. јула 2024
- Eurostat (2024b) Municipal waste by waste management operations. Waste generated-kilograms per capita. doi: 10.2908/ENV_WASMUN Доступно на: <https://ec.europa.eu/eurostat/dat>, Приступљено: 25. јула 2024
[2024abrowser/view/env_wasmun_custom_9634214/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_wasmun_custom_9634214/default/table?lang=en)

- Garaplija A (2020) Integrated waste management in accordance with the 'ISO 31000' risk management standard and 'National sustainable development strategy' in the Republic of Serbia. *Serb. J. Eng. Manage.* 5(2):50–59. doi:10.5937/SJEM2002050G
- Geissdoerfer M, Savaget P, Bocken NMP, Hultink EJ (2017) The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *J. Clean. Prod.* 143:757–768. doi:10.1016/j.jclepro.2016.12.048
- Ghisellini P, Cialani C, Ulgiati S (2016) A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *J. Clean. Prod.* 114:11–32. doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.007
- Gojković, B S, Krsmanović, B, Krajišnik, M (2023) Impact of global movements on economic growth and fiscal stability in the Republic of Srpska. 17(1):33–44. doi:10.7251/ACE1727257K
- Korhonen J, Honkasalo A, Seppälä J (2018) Circular economy: The concept and its limitations. *Ecol. Econ.* 143:37–46. doi:10.1016/j.ecolecon.2017.06.041
- Krajišnik M, Gligorić D, Gojković B (2019) Effects of fiscal consolidation in Western Balkan Countries. *Zb. Rad. Ekon. Fak. Rij.* 37(2):527–551. doi:10.18045/zbefri.2019.2.527
- Krajišnik M, Gojković B (2017) Impact of the National Economy on financing the Health system of the Republic of Srpska. *Acta Econ.* 15(27):257–278. doi:10.7251/ACE1727257K
- Krajišnik M, Gojković B (2021) *Globalni izazovi i svjetska trgovina*. Banja Luka: Ekonomski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci. ISBN 978-99938-46-92-5
- Krajišnik M, Popović S (2019) Export Competitiveness of the Economic Sectors of Bosnia and Herzegovina. *Econ. Themes* 57(4):433–457. doi:10.2478/ethemes-2019-0025
- Lieder M, Rashid A (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *J. Clean. Prod.* 115: 36–51. doi:10.1016/j.jclepro.2015.12.042
- LinkedIn Economic Graph. (2024) Economic graph. Доступно на: <https://economicgraph.linkedin.com/>, приступљено: 25. јула 2024
- Mathews JA, Tan H (2011) Progress toward a circular economy in China: The drivers (and inhibitors) of eco-industrial initiative. *J. Ind. Ecol.* 15(3):435–457. doi:10.1111/j.1530-9290.2011.00332.x
- Mazur-Wierzbička E (2021) Circular economy: advancement of European Union countries. *Environ. Sci. Eur.* 33:1–15. doi:10.1186/s12302-021-00549-0
- McKinsey Global Institute (2024) AI insights. Доступно на: www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights, приступљено: 25. јула 2024
- Momete D (2020) A unified framework for assessing the readiness of European Union economies to migrate to a circular modeling. *Sci. Total Environ.* 718:137375. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137375

- Moreno M, De los Rios C, Rowe Z, Charnley F (2016) A conceptual framework for circular design. *Sustainability*, 8(9):937. doi:10.3390/su8090937
- Nikolic M, Krajsnik M (2019) Impact of international country rankings on economic development of European countries in transition. *UTMS J. Econ.* 10(2):259–273. Доступно на: <https://hdl.handle.net/10419/281865>, приступљено: 25. јула 2024
- Nishant R, Kennedy M, Corbett J (2020) Artificial intelligence for sustainability: Challenges, opportunities, and a research agenda. *Int. J. Inf. Manage.* 53:102104. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2020.102104
- Noman AA, Akter UH, Pranto T H, Haque AKM (2022) Machine learning and artificial intelligence in circular economy: a bibliometric analysis and systematic literature review. *Ann. Emerg. Technol. Comput.* 6(2):13–40. doi:10.33166/AETIC.2022.02.002
- Novaković V, Milovanović M, Gligorić D (2022) Possibilities for public sector management improvement by the digitalization of financial management and control system in the Western Balkan countries. *J. Forensic Account. Prof.* 2(2):56–77. doi:10.2478/jfap-2022-0009
- OECD (2024) AI and innovation. Доступно на: www.oecd.org/innovation/, приступљено: 25. јула 2024
- OECD (2024) AI overview. Доступно на: www.oecd.ai/, приступљено: 25. јула 2024
- Поповић Г, Ерић О (2021а) Европска економска интеграција. Економски факултет Универзитета у Бањој Луци. ISBN: 978-99938-46-98-7
- Popović G, Erić O (2018) Economic development of the Western Balkans and European Union investments. *Econ. Res.-Ekon. Istraz.* 31(1):1539-1556. doi:10.1080/1331677X.2018.1498009
- Popović G, Erić O, Bjelić J (2020) Factor Analysis of Prices and Agricultural Production in the European Union. *Econ. Innov. Econ. Res.* 8(1):73–81. doi:10.2478/eoik-2020-0001
- Popović G, Erić O, Stanić S, Krajišnik M (2019) Education, technological changes, and economic development of Bosnia and Herzegovina. *Int. J. Cogn. Res. Sci. Eng. Educ.* 7(2):77–86. doi:10.5937/IJCRSEE1902077P
- Rodriguez-Anton JM, Rubio-Andrada L, Celemín-Pedroche MS, Alonso-Almeida MDM (2019) Analysis of the relations between circular economy and sustainable development goals. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* 26(8):708–720. doi:10.1080/13504509.2019.1666754
- Satrovic E, Muslija AJ, Abul S, Gligoric D, Dalwai T (2021) Interdependence between gross capital formation, public expenditure on R&D, and innovation in Turkey. *J. Balkan Near East. Stud.* 23(1):163–179. doi:10.1080/19448953.2020.1818027
- Sustainable Development Goals. (2023) Доступно на: <https://sdgs.un.org/goals>
- Sustainable Development Solutions Network. (2024) SDG index. Доступно на: www.sdgindex.org/, приступљено: 25. јула 2024

- Škrinjaric T (2020) Empirical assessment of the circular economy of selected European countries. *J. Clean. Prod.* 255, 120246. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120246
- Trenovski B, Gligorić D, Kozheski K, Merdzan G (2023) Do wages reflect growth productivity—Comparing the European East and West? *J. Balkan Near East. Stud.* 25(4):683–699. doi:10.1080/19448953.2023.2167167
- Tukker A (2015) Product services for a resource-efficient and circular economy – A review. *J. Clean. Prod.* 97:76–91. doi:10.1016/j.jclepro.2013.11.049
- Vasa L, Angeloska A, Trendov N (2018) Comparative analysis of circular agriculture development in selected Western Balkan countries based on sustainable performance indicators. *Econ. Ann.-XXI*, 168(9):95–108. doi:10.21003/ea.V168-09
- Wilson M, Paschen J, Pitt L (2022) The circular economy meets artificial intelligence (AI): Understanding the opportunities of AI for reverse logistics. *Manage. Environ. Qual. Int. J.* 33(1):9–25. doi: doi:10.1108/MEQ-10-2020-0222
- World Bank (2024) CO₂ emissions (metric tons per capita) Доступно на: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>, приступљено: 25. јула 2024
- World Intellectual Property Organization (2024) AI inventions. Доступно на: www.wipo.int/patentscope/en/programs/ai_inventions/, приступљено: 25. јула 2024
- Zink T, Geyer R (2017) Circular economy rebound. *J. Ind. Ecol.* 21(3):593–602. doi:10.1111/jiec.12545

Circular Economy and Artificial Intelligence: Drivers of Sustainable Economic Development

Ognjen Erić, Dragan Gligorić, Milenko Krajišnik

Summary

Circular Economy (CE) and Artificial Intelligence (AI) are two key concepts that can significantly contribute to sustainable development. The first is based on the goal of maximizing resource utilization and minimizing waste, creating conditions for sustainable and environmentally friendly economic development. On the other hand, AI aims to optimize various processes and improve efficiency in the application of CE, providing tools for innovation and enhancement of business processes.

The focus of this research is the analysis of performance indicators for the application of Circular Economy (CE), Artificial Intelligence (AI), and Sustainable Development Goals (SDGs) in countries with different levels of economic development and within the context of global territorial coverage. Circular Economy is crucial for sustainable development through waste reduction and maximum resource utilization. Countries such as the Netherlands, Denmark, and Germany demonstrate high recycling rates and use of secondary raw materials, while Romania, Bosnia and Herzegovina, and Albania lag in these aspects.

Artificial Intelligence plays an important role in economic growth and innovation. The United States, China, and Japan lead in investments, number of patents, and number of experts in this field, making them leaders in AI technologies. Less developed countries have limited capacities and need international support for the development of this field. Sustainable Development Goals represent a comprehensive approach to economic, social, and environmental progress. Countries with high SDG indices, such as the Netherlands, Denmark, and Germany, successfully implement sustainable development strategies. In contrast, the least developed countries face significant challenges in achieving these goals.

This research shows that developed countries are successful in applying Circular Economy and Artificial Intelligence, while less developed countries lag behind and need additional support. Global cooperation and the exchange of knowledge and technologies are crucial for achieving sustainable development and technological advancement in all countries.

Keywords: Circular Economy, Artificial Intelligence, Global Economic Sustainable Development

