



INTELLIGENT SYSTEMS IN THE CIRCULAR ECONOMY

Prof. Nikolay Shterev, PhD
University of National and World Economy, Sofia

Associate Prof. Petya Biolcheva, PhD
University of National and World Economy, Sofia

Abstract: *Recent years have seen an increase in the frequency of monitoring reports issued by a variety of governmental and non-governmental organizations. These reports warn that the current business structures are "pushing" the world toward destruction. Because of this, it is necessary to seek out viable alternative models that, despite resulting in an "economic use" of resources, do not impede the economy's capacity for growth and development. In spite of the way that there is an impression of no other choice, there are still confusions and obstructions in the public eye to the change from the current (straight) model of business to the practical (round) one. Considering what was previously mentioned, this paper focuses on development in profoundly keen frameworks, one of the first concerns of the change to a round economy. The authors accept that wise data frameworks ought to advance the smooth (or not really smooth) change to a roundabout economy, regardless of the benefits and cons of the broad presentation of innovations into social and monetary life that are as of now the subject of progressing banter. To support the stated theses, the report is organized as follows: first, an explanation of why the circular economy model is necessary; Secondly, a list of smart systems that could be utilized in the circular economy; third, an evaluation of the impacts of the means taken to carry out contemporary intelligence systems in the business day to day. A Bulgarian example is used for results presentations.*

Keywords: *circular economy, intelligence systems, digital transformation*

1. Въведение в модела на кръговата икономика

Динамиката на средата показва, че досегашните неустойчиви и екологични модели на производство и потребление трябва да бъдат трансформирани. Необходимо е значително подобряване на ефективността и производителността на ресурсите (Rajput, R., Singh, S. 2019) и трансформацията към рационална кръгова икономика. Стремещт към постигането ѝ би гарантирал устойчивост на околната среда, включително във възстановителните и регенеративните аспекти, както и разрешаване на редица икономически проблеми (Rajput, R., Singh, S. 2019).

Без да се преекспонира значението на кръговата икономика, изследванията сочат, че именно чрез механизмите на кръговата икономика (CE) се постига напредък в подобряването ефективността на ресурсите и екологичните показатели на всички нива в веригата на доставките (Sarc, R. et al. 2019). Именно комплексното ѝ въздействие, и особено върху опазването на ресурсите, я превръща в глобален стратегически приоритет и (за момента) безалтернативно решение за замяна на съществуващия модел на линейната икономика (LE)

(Chauhan, C., Parida, V., Dhir, A. 2022), работеща на принципите за пълно оползотворяване на материалите и нулеви отпадъци и замърсявания. Съвременното разбиране за кръговата икономика е, че е това не е противоположен икономически подход спрямо съществуващия подход на „линейна икономика“, а е обръщане на поглед към проблеми, които са съществени за бъдещото на човешкото общество, но до сега са били „неглижирани“ като:

- непрекъснато намаляване на циклите на употреба и увеличаващо се търсене на нови продуктови решения;
- честа смяна на веригите на доставки, вкл. и увеличаване на сегментите на тези вериги, с цел да се постигне максимална печалба за сметка на други цели;
- създаване на регионална конкуренция, която повишава интензитета на износване на природните блага, което води до повече разходи и повишаване на отпадъците в природата.

Необходимостта от възприемане на подхода на кръгова икономика може да се демонстрира с дефиницията на Kirchherr et al. (2017, p.225) според които Кръговата икономика се основава на бизнес модели, които чрез повишаване на алтернативно повторно използване, рециклиране и възстановяване на материалите в процесите на производство/разпределение и потребление водят до създаване на екологични продукти, компании, потребители и в крайна сметка се постига устойчиво развитие, икономически просперитет и социална справедливост.

И въпреки обещаваната полза за настоящите и бъдещите поколения, налагането на модела на кръгова икономика има доста противници. Независимо от съпротивата към по-широкото навлизане на технологиите за устойчивост и кръговост на икономиката в бизнес-практиката, СЕ привлича вниманието на бизнес организациите, като начин за постигане на устойчив растеж и повишена ефективност. Прилагането ѝ обаче изисква промяна в досегашния бизнес модел на LE (Pagoropoulou, A., Pigossoa, D., McAlloone, T. 2017). Основното предизвикателство, за да осъществят прехода от линейна към кръгова икономика, е че компаниите се нуждаят от все по-иновативни продуктови и процесни решения. Един от безспорните пътища за достигането на подходящо ниво на иновативност е цифровизацията на процесите (Ajwani-Ramchandani, R. et al. 2021), употребата на големи данни (Big Data), въвеждане на технологиите на блокчейн изкуствен интелект (AI) и на интернет на нещата (IoT), както и използване на други интелигентни инструменти и технологии (Ghoreishi, M., Harponen, A. 2020). По този начин, компаниите ще могат да разработват „индивидуализирани“ бизнес модели, което ще улесни предсказуемия анализ на резултатите от тяхната дейност, и ще позволи подходящ мониторинг през целия жизнен цикъл на организациите (Chauhan, C. et al. 2021).

За да могат успешно да се внедрят съвременните иновационни (информационни) технологии, е необходимо системите, адаптирани към клиентите, да бъдат координирани с индустриални компании (индустрията за възстановяване и техните доставчици) (Sarg, R. et al. 2019). Употребата на интелигентни системи за постигане целите на СЕ е осъзната и изследвана от множество учени. Така например, според Wilts et al., (2021) интелигентните технологии предоставят необходимата подкрепа за прилагане на принципите на СЕ, а според Awan и екипът му (2021) се установява нарастващ интерес към потенциала на интелигентните системи в производството и потреблението. Rosa



и екип (2020) считат, че дигиталната трансформация е успешно средство за елиминиране на бариерите пред СЕ, докато според Stock & Seliger (2016) по този начин може да се постигне повишаване на ефективността и мотивацията на работниците, изграждане на интелигентна производства, базирани на ефективност на ресурсите, производствени процеси със затворен цикъл. Според Ellen MacArthur Foundation (2019) интелигентите системи допринасят за циркуляцията на продуктите, интелигентно управление и предсказуема поддръжка.

2. Интелигентни системи прилагани в кръговата икономика

Интелигентните системи се основават на функционалността на различни инструменти на изкуствен интелект. AI осигурява способността на компютрите да изпълняват задачи, присъщи на хората. Прилага се при изграждането на системи с работещи с интелектуални процеси, имитиращи мисловни способности (Kunnathur, M., 2020), извършващи сложни анализи и извеждащи рационални заключения. Интелигентността на системите се изразява в способността им да възприемат, обработват и трансформират данни в информация от която се извличат знания за целенасочено поведение. Сред основните и функционалности е възможността за селективна комбинация от множество процеси, включително възприемане на околната среда, решаване на проблеми, разсъждения, учене, памет и действие за постигане на цели. (Paschen, J., Kietzmann, J., Kietzmann, T. 2019)

Категоризирайки ролята на интелигентите системи в СЕ могат да се открият три основни направления на действие:

- Усъвършенстване на процесите на фирмено равнище, чрез интелигентна логистична инфраструктура, минимизираща производствени дефекти и оползотворяване на ресурсите;
- Разширяване на иновативни кръгови бизнес модели, чрез комбиниране на данни в реално време и исторически данни от поведение на потребители и реализация на продукти. Усъвършенства механизмите на ценообразуване и прогнозиране на търсенето, прогнозна поддръжка;
- Спомага разработването на кръгови продукти, компоненти и материали, чрез бързо създаване на прототипи и тестване. (Ghoreishi, M., Harponen, A. 2020)

Систематично погледнато някои от основните функционалности на част инструментите, с които работят интелигентите системи в СЕ са обобщение в Табл. 1.

Таблица 1. Влияние на дигиталните инструменти в кръговата икономика

ИНСТРУМЕНТИ	ПРИНОС В КРЪГОВАТА ИКОНОМИКА
<i>Големи данни /Big data/</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Предоставя смислена информация на потребителя (Орозова, Д., Георгиева, М., 2014); - Основа за информирани решения в мрежите на веригата за доставки, поддържащи СЕ (Gupta, S.et al. 2019)
<i>Интернет на нещата /IoT-/</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Комуникация между устройства в интернет, с цел изпълнение на бизнес процеси и дейности, като автоматизирано производство, домашна автоматизация и интелигентно управление на отпадъците (Liu, Q. et. al. 2022); - Възможности за подобряване на контрол в СЕ; - Подпомага изпълнението на сложните изисквания на кръговите вериги за доставки; - Разширяване на употребата на продукта, усъвършенствайки поддържането му, чрез откриване на грешки и подобряване на техническа поддръжка; - намалява необходимостта от съхраняване на големи запаси от резервни части във физически складове.
<i>Blockchain</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Гарантира високи нива на прозрачност във веригата на доставки; - Осигурява проследимост, етично снабдяване, по-ефективни материални потоци.
<i>Machin learning</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Изготвяне на прогнози с висока степен на точност; - Употреба на огромните количества анализ на данни при проектирането на кръгови продукти; - Намаляването на човешките пристрастия при тестване и създаване на прототипи (Ghoreishi, M., Harponen, A. 2020); - Предлага систематични решения за индустриални приложения (Lee, J. et al. 2018)
<i>Computer Vision</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Автоматично извличане, анализ и разбиране на полезна информация от изображения или последователност от изображения.; - Автономно визуално разбиране.

3. Влияние на проектното финансиране върху кръговостта на българската икономика

Следвайки Иванова (2019 и 2020), както и Sterew and Ivanova (2019) българската икономика значително изостава по отношение на прилагането на подхода на кръгова икономика в практиката. Това определя незавидното последно място в рамките на ЕС на българската икономика. Въпреки това, през последните 4 години, независимо от пандемичната обстановка 2020 – 2022 г., в реалната българска икономика по **Оперативна програма Иновации и конкурентоспособност 2014 – 2020** са инвестирани 1 212 млн. лева в 1 024 проекта (Табл.2), насочени към ефективно използване на материалите.

Независимо, че голяма част от тях са насочени към внедряване на енергийно ефективно оборудване и технологии, до голяма степен са изпълнение ангажименти на страната към създаване на една устойчива и кръгова икономика.



- Програма Енергийна и ресурсна ефективност
 - Процедури: BG16RFOP002-3.001 „Енергийна ефективност за малките и средни предприятия“, BG16RFOP002-3.002 „Повишаване на енергийната ефективност в големи предприятия“ и BG16RFOP002-3.004 „Подкрепа за пилотни и демонстрационни инициативи за ефективно използване на ресурсите“
 - Целта на процедурите е: предоставяне на фокусирана подкрепа на малките и средни / големите предприятия в България за изпълнение на мерки за енергийна ефективност с цел постигане на устойчив растеж и конкурентоспособност на икономиката, както и повишаване на ресурсната ефективност на предприятията чрез прилагане на нови решения, техники и методи
 - Сред допълнителните индикатори по процедурите са заложи и:
 - Намалване на количеството използвани суровини при производството на единица продукция преди/след изпълнение на проекта в проценти;
 - Намалване на количеството отпадъци, предвидени за депониране – количества генерирани отпадъци на годишна база преди/след изпълнение на проекта в т./год.;
 - Количество емисии преди/след изпълнение на проекта
 - Програма Технологично развитие и иновации
 - Над 10 различни процедури за подкрепа за създаване и внедряване на иновации в предприятията.
 - Целта на процедурите е: Предоставяне на фокусирана подкрепа на българските предприятия за повишаване на иновационната дейност в тематичните области на ИСИС.
 - Сред допълнителните индикатори по процедурите са заложи и:
 - Създаване на проекти за еко-иновации

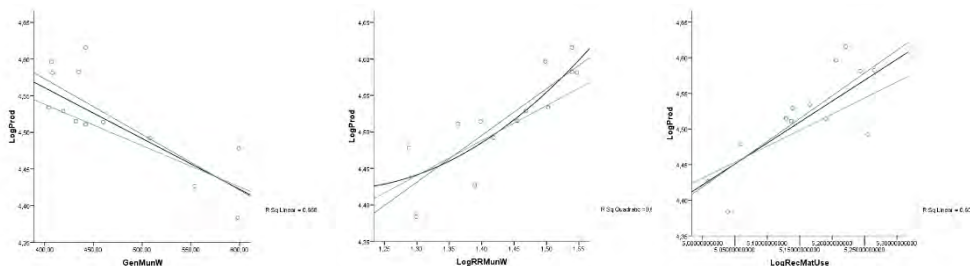
Таблица 2. Брой проекти и обща стойност, финансирани по ОПИК 2014–2020

	<i>Обща стой ност хил.л в.</i>	<i>БФ П хил. лв.</i>	<i>Собстве но съфинан сиране хил.лв.</i>	<i>Отн.д ял на изпъл нение</i>	<i>Брой прое кти</i>
<i>Програма Енергийна и ресурсна ефективност</i>	889 847	521 842	368 005	92,9%	609
<i>Програма Технологично развитие и иновации</i>	322 365	218 021	104 345	91,6%	415
<i>вкл. в проекти за внедряване на интелигентни системи</i>					
ОБЩО	1 212 213	739 863	472 350	92,5%	1 024

Източник: ОПИК, <https://2020.efunds.bg/>

С приемането на хипотезата, че Икономическият растеж на национално ниво (съответно растеж на Произведената продукция) зависи изцяло от промяната на дейностите на СЕ: събиране на отпадъци (MuW), степен на рециклиране (RR) и търговия с рециклирани суровини (TrRRM) (виж. Щерев 2020)

При това се наблюдава промяна в зависимостите за последните 4 години (респ. 2017 – 2020 вкл.), което може да се обясни с инвестициите, респ. публични и частни, в прилагане на иновации в **кръговата икономика, както и в приложението на Интелигентни системи в тях (Фиг.1).**



Фигура 1. Линейна регресионна зависимост между Изменението на произведената продукция (Prod) и изменението на събиране на отпадъци (GenMuW), степен на рециклиране (RRMunW) и търговия с рециклирани суровини (RecMatUse)

Конкретните разлики се наблюдават в следната Табл.3.

Таблица 3. Коefициенти на (линейна) зависимост между променливите на СЕ

Model	Coefficients 2008-2020					Coefficients 2008-2020					% изменение на коef.В
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error				Beta	B				
1 LogMatFoot	0,851	0,262	0,700	3,247	0,008	0,371	0,434	0,308	0,856	0,421	129%
2 LogGenMunW	-0,867	0,187	-0,814	-4,640	0,001	-0,648	0,150	-0,852	-4,311	0,004	34%
3 LogWGen	-0,590	0,276	-0,691	-2,140	0,085	-0,292	0,346	-0,437	-0,842	0,461	102%
4 LogRRMunW	0,640	0,120	0,849	5,336	0,000	0,478	0,189	0,691	2,532	0,039	34%
5 LogRecMatUse	0,639	0,143	0,803	4,463	0,001	0,450	0,177	0,693	2,541	0,039	42%

Източник: Евростат

Данните (от Фиг.1 и Табл.2) показват, че с въвеждането на ресурсоспестяващи технологии с 34% се увеличава влиянието на генерираните отпадъци върху произведената продукция. Същият относителен дял (34%) е наблюдавания положителен ефект и на степента на рециклиране на отпадъците върху растежа на производството в индустрията. Всичко това се отразява положително и с увеличаване на търговията с рециклирани суровини с 42% се наблюдава ръст в произведената продукция.

Заклучение

Безспорно бъдещата индустриална политика както в България, така и в Европейския съюз, ще се основава на принципите на кръговата икономика. Въпреки, че преминаването от линейна към кръгова икономика изисква значителна промяна не само в бизнес модела, но и в подмяна на машини,



технологии и хора, този преход може да се ускори при използване на насърчителни мерки от страна на държавата за неговото осигуряване.

Данните от последния програмен период показват, че инвестираните от държавата средства във въвеждане на нови технологии, ресурсоспестяващи машини и съоръжения, и най-вече във въвеждането на технологиите от Индустрия 4.0: интелигентни производствени системи, се възвръщат и те допринасят до значителен ръст в произведената продукция от Индустрията при намалени стойности на отпадъците и значително повишаване на търговията с рециклирани суровини. Всичко това следва да се има в предвид за новия програмен период като може да се препоръча:

- Разработване на Стрес тест на фирмите / проектите, финансирани по програмите на Националния план за възстановяване и устойчивост или финансирани чрез кохезионните фондове на ЕС/ като необходимо условие за участие в проектните конкурси.
- Въвеждане на целеви критерий при финансиране на проекти за подобряване на стойностите от стрес-теста преди и след проекта.
- Провеждане на национална кампания за обучение на МСП за прехода към кръговата икономика при създаване на Платформа /Национален регистър/ на фирмите /и техните добри практики/, свързани с кръговата икономика.
- Провеждане на рекламна кампания сред потребителите за намаляване на отпадъците и увеличаване на готовността за повторно използване на „отпадъците“ от бита и производството.
- Разработване на механизми за стимулиране навлизането и употребата на интелигентни инструменти в МСП.

Благодарности

Публикацията съдържа резултати от изследване, финансирано със средства от целева субсидия за НИД на УНСС по договор № НИД НИ 5/2023/А

Литература:

1. Ajwani-Ramchandani, R., Figueira, S., Torres de Oliveira, R., Jha, S., Ramchandani, A., Schuricht, L., 2021. Towards a circular economy for packaging waste by using new technologies: the case of large multinationals in emerging economies. *J. Clean. Prod.*, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125139
2. Awan, U., Sroufe, R., & Shahbaz, M. 2021. Industry 4.0 and the circular economy: A literature review and recommendations for future research. *Business Strategy and the Environment*, vol. 30, pp.2038–2060. DOI: 10.1002/bse.2731
3. Chauhan, C., Dhir, A., Akram, M., Salo, J. 2021, Food loss and waste in food supply chains. A systematic literature review and framework development approach, *Journal of Cleaner Production*, vol.295. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126438
4. Chauhan, C., Parida, V., Dhir, A. 2022. Linking circular economy and digitalisation technologies: A systematic literature review of past achievements and future promises, *Technological Forecasting & Social Change*, DOI: 10.1016/j.techfore.2022.121508

5. Ellen MacArthur Foundation, Artificial intelligence and the circular economy - AI as a tool to accelerate the transition, <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications> (2019)
6. Ghoreishi, M., Happonen, A. 2020. New promises AI brings into circular economy accelerated product design: a review on supporting literature, E3S Web of Conferences, DOI: 10.1051/e3sconf/202015806002
7. Gupta, S., Chen, H., Hazen, B., Kaur, S., Gonzalez, E. 2019. Circular economy and big data analytics: A stakeholder perspective, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 144, pp. 466-474. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.06.030
8. Ivanova V., 2019, Circular Economy in Bulgaria – Perspectives and Challenges, *Nauchni trudove*, UNWE, Sofia, Bulgaria, issue 5, pages 203-215
9. Ivanova, V., 2020, Development of Circular Economy: Opportunities and Impediments. *Mednarodno Inovativno Poslovanje = Journal of Innovative Business and Management*, 12(1), 9-17. <https://doi.org/10.32015/JIBM/2020-12-1-2>
10. Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M., 2017. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling* 127, 221–232.
11. Kunnathur, M., 2020, Applying Artificial Intelligence techniques in Project Management, *Masters in Engineering and Management*, DOI: 10.13140/RG.2.2.15113.39526
12. Lee, J., Davari, H., Singh, J., Pandhare, V., 2018. Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems, *Manufacturing Letters*, 18, DOI: 10.1016/j.mfglet.2018.09.002
13. Liu, Q., Trevisan, A., Yang, M., Mascarenhas, J. 2022, A framework of digital technologies for the circular economy: Digital functions and mechanisms, *Business Strategy and The Environment*, vol.31, pp.2171–2192. DOI: 10.1002/bse.3015
14. Pagoropoulou, A., Pigossoa, D., McAloone, T. The emergent role of digital technologies in the Circular Economy: A review, *ScienceDirect, Procedia CIRP*, vol.64, pp. 19 – 24. DOI: 10.1016/j.procir.2017.02.047
15. Paschen, J., Kietzmann, J., Kietzmann, T. 2019. Artificial intelligence (AI) and its implications for market knowledge in B2B marketing. *Journal of Business & Industrial Marketing*, DOI: 10.1108/JBIM-10-2018-0295
16. Rajput, R., Singh, S. 2019, Connecting circular economy and industry 4.0, *International Journal of Information Management*. Vol. 49, pp. 98-113. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.002
17. Rocca, R., Rosa, P., Sassanelli, C., Fumagalli, L., & Terzi, S. (2020). Industry 4.0 solutions supporting circular economy. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc*
18. Sarc, R., Curtis, A., Kandlbauer, L., Khodier, K., Lorber, K., Pomberger, R. 2019, Digitalisation and intelligent robotics in value chain of circular economy oriented waste management – A review, *Waste Management*, Vol. 95, pp. 476-492. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.06.035
19. Sterev N., 2019, New industrial business models: from linear to circular economy approach, *Trakia Journal of Sciences*, Vol. 17, Suppl. 1, pp 511-523, 2019



20. Sterew N., Ivanova V., 2019, From sustainability to a model of circular economy - the example of Bulgaria, Proceedings of INTCESS 2019- 6th International Conference on Education and Social Sciences, 4-6 February 2019- Dubai, U.A.E., pp.757-766, ISBN: 978-605-82433-5-4
21. Stock, T., & Seliger, G. 2016. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing -Decoupling Growth from Resource Use, 40, 536–541.
22. Success in managing complexity: the role of the Internet of Things in creating a circular economy, available at: <https://ellenmacarthurfoundation.org/tech-enablers-series/part-3>
23. Wilts, H., Garcia, B.R., Garlito, R.G., Gomez, ' L.S., Prieto, E.G., 2021. Artificial intelligence in the sorting of municipalwaste as an enabler of the circular economy. Resources, vol.10. no4, DOI: 10.3390/resources10040028
24. ОПИК, <https://2020.eufunds.bg/>
25. Орозова, Д., Георгиева, М., 2014, Приложения на „Големите данни”, Компютърни науки и комуникации”, Том 3, № 4 БСУ, Бургас