

2. ՆՈՐԱՍՏԵՂԾԱԿԱՆ ԶԱՐԳԱՑՈՒՄ. ՆՎԱՃՈՒՄՆԵՐ ԵՎ ԽՆԴԻՐՆԵՐ

ԳՈՐԾԱԿԱԼՆԵՐԻ ԳՈՐԾԱՐԱՐ ՎԱՐՔԱԳԾԻ ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄ ՇՐՋԱՆԱԶԵՎ ՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԱՆՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՈՒՄ

ԼԻԱՆԱ ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ ՄՈՒՇԵՂ ՀԱԿՈՔՅԱՆ

Հոդվածը ստացվել է՝ 10.03.25, ուղարկվել է գրախոսման՝ 21.03.25, երաշխավորվել է տպագրության՝ 11.07.25

Ներածություն: Ժամանակակից աշխարհում տնտեսության զարգացումը ուղեկցվում է ռեսուրսների մեծ ծախսով և թափոնների աճով: Արդյունքում առաջանում են խնդիրներ, որոնք վերաբերում են ոչ միայն տնտեսական արդյունավետությանը, այլև շրջակա միջավայրին ու հասարակության բարեկեցությանը: Վերջին տասնամյակներում ավելի ու ավելի շատ է խոսվում այն մասին, որ պետք է անցում կատարել շրջանաձև տնտեսության, որտեղ նյութերն ու ռեսուրսները հնարավորինս երկար ժամանակ մնում են շրջանառության մեջ և նվազագույնի է հասցվում թափոնների ծավալը: Հայաստանում ևս այս հարցը կարևոր է: Տնտեսության որոշ ճյուղերում նկատվում է արտադրության աճ, սակայն թափոնների կառավարման համակարգերը դեռևս բավարար մակարդակի վրա չեն: Մասնավոր հատվածում կան որոշ հաջողված նախաձեռնություններ, սակայն պետական քաղաքականությունը հիմնականում ձևավորման փուլում է: Այս համատեքստում **արդիական** է և կարևորվում է շրջանաձև տնտեսության (ՇՏ) մոդելի զարգացումը: ՇՏ նորարարական մոդել է, որը հակադրվում է ավանդական գծային տնտեսությանը, հիմնված է ռեսուրսների առավել արդյունավետ օգտագործման, թափոնների կրճատման և դրանց վերամշակման միջոցով տնտեսության շրջանառության մեջ վերադարձնելու վրա: Այն ունի ոչ միայն բնապահպանական, այլև տնտեսական և սոցիալական նշանակություն: ՇՏ նպաստում է ոչ միայն ռեսուրսների խնայողությանը և վնասակար արտանետումների նվազեցմանը, այլև նոր աշխատատեղերի ստեղծմանը, արդյունավետության բարձրացմանը և տնտեսական աճի կայունացմանը:

ՇՏ անցման գործընթացը բարդ է ու բազմաշերտ: Այն պահանջում է համակարգային մոտեցում, որտեղ միաժամանակ ներգրավված են շղթայի արտադրական, մատակարարման, սպառման և պետական կառավարման բոլոր օղակները: Այս գործընթացում առանձնահատուկ նշանակություն ունի այն հարցը, թե ինչպես են տնտեսական գործակալները՝ ընկերություններ, մատակարարներ, սպառողներ, արձագանքում փոփոխվող արտաքին պայմաններին, ինչպիսիք են պետական քաղաքական խթանները, բնապահպանական պահանջները կամ շուկայական ազդակները:

Այստեղ է, որ գործակալների վրա հիմնված մոդելավորումը՝ Agent-Based Modeling (ABM) դառնում է կարևոր և արդիական հետազոտական գործիք: ABM-ն թույլ է տալիս մոդելավորել տարբեր տնտեսվարող սուբյեկտների վարքագիծը, ուսումնասիրել նրանց փոխազդեցությունները և գնահատել դրանց ազդեցությունը ամբողջ համակարգի վրա: Այս մոդելավորումը կիրառելի է հատկապես այն դեպքերում, երբ համակարգը բարդ է, ներառում է բազմաթիվ դերակատարներ և ունի ոչ գծային փոխազդեցություններ:

Սույն հետազոտության նպատակն է առաջարկել մոդել, որի միջոցով հնարավոր կլինի գնահատել տարբեր քաղաքական մոտեցումների ազդեցությունը թե՛ տնտեսության, թե՛ շրջակա միջավայրի վրա: Դրա համար մշակվել են մի շարք ցուցանիշներ և գործակիցներ, որոնք թույլ են տալիս հաշվի առնել ոչ միայն տնտեսական արդյունքները, այլև բնապահպանական ու սոցիալական հետևանքները: Հետազոտության նպատակի իրականացումը հնարավոր է հետևյալ խնդիրների պարզաբանմամբ.

1. Ներկայացնել ՇՏ կազմակերպման կարևորությունը՝ թափոնների կառավարման գործում,
2. Վերլուծել «Agent-Based Modeling» գործիքը ՇՏ ներդրման նպատակով,
3. Ընտրել ՇՏ մոդելի արդյունավետությունը բնութագրող հիմնական տնտեսական ցուցանիշները,
4. Մշակել ABM սցենարներ ՇՏ սիմուլյացիոն մոդելի համար,
5. Դուրս բերել տնտեսական գործակալների վարքագիծը մոդելավորող գործոններ:

Ուսումնասիրության արդյունքները կարող են օգտակար լինել քաղաքականություն մշակողների, տնտեսագետների և կազմակերպությունների համար, որոնք ցանկանում են համատեղել տնտեսական շահը բնապահպանական պատասխանատվության հետ:

Գրականության ակնարկ: Մինչև 2050 թվականը աշխարհի բնակչության երկու երրորդը կբնակվի քաղաքներում, հաջորդ 40 տարիների ընթացքում ռեսուրսների պահանջարկը կրկնապատկվի, մինչդեռ արդեն այսօր ջերմոցային գազերի գլոբալ արտանետումների 70%-ը արտանետվում է քաղաքային տնտեսությունից: Թափոնների արտադրության նվազագույնի հասցնելը կենսական նշանակություն կունենա ջերմոցային գազերի արտանետումների կրճատման համար: Թափոնների շրջանաձև կառավարումը¹ կարող է խնայել էներգիա, վառելիք, աշխատուժ, պահպանման ծախսեր և, ի վերջո, կրճատել ջերմոցային գազերի արտանետումները՝ կախված թափոնների հեռացումից²: ՇՏ

¹ Watson M. 2009, Waste Management, International Encyclopedia of Human Geography, [Waste Management - an overview | ScienceDirect Topics](#)

² Möslinger M., Ulpiani G., Vetter N. 2023, Circular economy and waste management to empower a climate-neutral urban future, Journal of Cleaner Production, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138454>

կազմակերպումը կարող է լուծել այս սոցիալ-տնտեսական խնդիրները³ և մեղմացնել դրանց հետևանքները: ՇՏ բիզնեսի կառավարման գործընթացները բնութագրվում են բարդ, դինամիկ և բազմաշերտ փոխազդեցություններով՝ տնտեսական, էկոլոգիական, տեխնոլոգիական և մարդկային գործոնների միջև⁴: Այդ բարդության պայմաններում «Agent-Based Modeling»-ը հանդես է գալիս հետազոտությունների համար որպես առավել նպատակահարմար և ճկուն մեթոդ⁵: ՇՏ մեջ որոշումների կայացումը բարդ է, ինչը դժվարացնում է գծային շղթայից հրաժարվելը՝ ավելի ռեսուրսարդյունավետ մեթոդների օգտին: Միմուլյացիոն մոդելների օգտագործումը հնարավորություն է տալիս վերլուծել ՇՏ համակարգերի անցման և դրանց կառավարման ընթացքում առաջացած խնդիրները⁶: ՇՏ վերաբերյալ գիտական հետազոտություններում կիրառվում են մի շարք մեթոդներ, մասնավորապես՝ «life cycle assessment», «input-output analysis», «material flow analysis», «emergy/exergy analysis», «system dynamics», «discrete event simulation», «agent-based modeling»⁷:

Agent-Based Modeling կիրառվում է ՇՏ և արդյունաբերական ցանցերի դինամիկ մոդելների կազմման նպատակով: Սույն մոդելում գործակալները փոխազդում են սահմանված կանոնների շրջանակում և համակարգը փոխվում է նրանց վարքագծից կախված: Մոդելը բազմաֆունկցիոնալ է, և որպես կարևոր արդյունք, առանձնանում է նվազագույն ծախսերով, թափոնների կրճատմամբ սցենարի դուրս բերումը⁸: ABM հնարավորություն է տալիս մոդելավորել ՇՏ մասնակցող բոլոր գործակալների՝ ընկերությունների, սպառողների, մատակարարների տնտեսական վարքագիծը: Բիզնեսի կազմակերպման ընթացքում ABM-ի միջոցով հնարավոր է մշակել հեռանկարային զարգացման տարբեր

³ Mukherjee P., Das B., Bhardwaj P., Tampha S. 2023, Socio-economic sustainability with circular economy — An alternative approach, The Science of The Total Environment 904(2), [DOI:10.1016/j.scitotenv.2023.166630](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166630)

⁴ Massimiliano R., Matteo L. 2024, A systematic review of agent-based modelling in the circular economy: Insights towards a general model, Structural Change and Economic Dynamics, <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2024.03.013>

⁵ Walzberg J., Frayret J., Eberle A., Carpenter A., Heath G. 2023, Agent-based modeling and simulation for the circular economy: lessons learned and path forward, Journal of Industrial Ecology, Volume 27, Issue 5, <https://doi.org/10.1111/jiec.13423>

⁶ Ibarra Vega D., Bautista-Rodriguez S. 2024, The impact of circular economy strategies on municipal waste management: A system dynamics approach, Cleaner Engineering and Technology, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100761>

⁷ Walzberg J., Lonca G., Hanes R.J., Eberle A.L., Carpenter A., Heath G.A. 2021. Do We Need a New Sustainability Assessment Method for the Circular Economy? A Critical Literature Review. Front. Sustain. 1:620047. doi: 10.3389/frsus.2020.620047

⁸ Raimbault J., Broereb J., Somveillec M., Sernad J. M., Strombome E., Mooref C., Zhug B., Sugarh L. 2020, A spatial agent based model for simulating and optimizing networked ecoindustrial systems, Resources, Conservation & Recycling, <https://shs.hal.science/halshs-02526201v1/document>

սցենարներ⁹, ինտուիտիվ կանխատեսման միջոցով մոդելավորել յուրաքանչյուր տնտեսական ցուցանիշին տրվող կարևորության աստիճանը, տնտեսավարողների վարքագիծը: Մոդելավորման ընթացքում որպես փոփոխականներ ընտրված տնտեսական ցուցանիշները արտահայտվում են դրանց կարևորությունը պայմանավորող գործակիցներով: Տնտեսական ցուցանիշների հաշվեկշռային այս մոտեցումը կիրառվում է Environmental Performance Index¹⁰, Sustainability balanced scorecard¹¹, Sustainable Society Index¹², Corporats sustainability Assessment¹³, Green Growth Index¹⁴ և այլն ցուցանիշների հաշվարկման մեթոդներում:

Մեթոդաբանություն: ՇՏ կազմակերպման և կառավարման գործընթացի վերլուծության համար խթանող առաջադեմ և կարևոր գործիք է ABM մոդելավորումը: Այն թույլ է տալիս ուսումնասիրել և վերլուծել, թե ինչպես են տնտեսական շղթայի մասնակից տարբեր գործակալներ վերաբերվում ՇՏ սկզբունքներին: ABM գործիքի միջոցով հնարավոր է հետևել, թե ինչպես է փոխվում գործակալների վարքագիծը՝ իրականացվող պետական քաղաքականության արդյունքում արձագանքելով տնտեսական խթաններին, էկոլոգիական չափանիշներին: ՇՏ բարդ համակարգում, որտեղ միաժամանակ համագործակցում են արտադրության մատակարարման շղթաների մասնակիցները, վերամշակող ընկերությունները, սպառողները և տնտեսությունը կարգավորող կառույցները, ABM մոդելավորումը ապահովում է մասնակիցների փոխկապվածությունը և հետադարձ կապը:

Իրականացվող քաղաքականության կարևորությունը ներկայացնելու համար՝ ՇՏ մոդելի տնտեսական արդյունավետությունը գնահատելիս կիրառվել է տնտեսական ցուցանիշների հաշվեկշռային մոտեցում, որի արդյունքում ընդհանուր օգտակարության ֆունկցիան կունենա հետևյալ տեսքը.

$$U_i(t) = \alpha * WB_i(t) - \beta * WC_i(t) + \gamma * TB_i(t) - \omega * GP_i(t) \quad ^{15} \quad [1]$$

9 Nicholls S., Amelung B., Student J. 2017, Agent-Based Modeling, Journal of Travel Research, DOI:10.1177/0047287515620490

¹⁰ About the EPI, <https://epi.yale.edu/>

11 Agarwal S., Kant R., Shankar R. 2022, Exploring sustainability balanced scorecard for performance evaluation of humanitarian organizations, Cleaner Logistics and Supply Chain, <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100026>

¹² Sustainable Society Index, <https://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/explorer/indices/ssi/sustainable-society-index>

¹³ S&P Global. CSA Methodology: Corporate Sustainability Assessment. Retrieved from, Methodology, <https://www.spglobal.com/esg/csa/methodology/>

¹⁴ S&P Global. CSA Methodology: Corporate Sustainability Assessment. Retrieved from, Methodology, https://greengrowthindex.gggi.org/wp-content/uploads/2020/02/05_Methodology.pdf

* կազմվել է հեղինակի կողմից՝ օգտագործելով տնտեսական ցուցանիշների հարաբերական կարևորությունը:

Որտեղ՝

$\alpha, \beta, \gamma, \omega$ - ընկերության արժեքային կողմնորոշման գործակիցներն են, որոնք ցույց են տալիս յուրաքանչյուր գործոնի կարևորությունը բիզնեսի համար ($\alpha + \beta + \gamma + \omega = 1$):

$WB_i(t)$ - թափոնների վերամշակումից ձևավորվող շահույթն է,

$WC_i(t)$ - չվերամշակված թափոնների վերացման ծախսերն է,

$TB_i(t)$ - ՇՏ անցման հարկային արտոնություններ,

$GP_i(t)$ - տույժ, տուգանքներ թափոնների առաջացման համար:

ՇՏ ներդրում կատարելու դժվար որոշման ընթացքում այս ցուցանիշը կարող է կողմնորոշել ընկերությանը, կատարել ներդրում թե ոչ:

Գործարարների վարքագիծը մոդելավորող գործոններ են ոչ միայն իրենց ներքին միկրոտնտեսական նպատակները, այլև պետական քաղաքականության խթանիչ կամ սահմանափակիչ մեխանիզմները^{16,17}: Գործակալների վարքագիծը մոդելավորող հիմնական գործոն կոլիտարկվի կառավարության ՇՏ կազմակերպմանը խթանող գործակիցը և կառավարության իրականացրած քաղաքականության օգտակարությունը կգնահատվի հետևյալ բանաձևով.

$$PCE_i(t) = \frac{R_i(t)}{W_i(t)} \quad * [2]$$

$R_i(t)$ - Վերամշակվող թափոնների քանակ,

$W_i(t)$ - չվերամշակվող թափոնների քանակը՝ ներառյալ վերամշակման չենթակա թափոնները, քանի որ նոր տեխնոլոգիական լուծումները կարող են ապահովել ամբողջապես անթափոն արտադրություն:

ABM մոդելները հարմար են ադապտիվ սոցիալ-տեխնիկական համակարգերի մոդելավորման և սիմուլյացիայի համար: Միմուլյացիայի արդյունքները ցույց են տալիս, թե որ քաղաքականության ռազմավարություններն են լավագույնս աշխատում արդյունավետությունը բարձրացնելու և տնտեսական խոչընդոտները նվազեցնելու համար՝ ցածր

¹⁵ European Commission, Competence Centre on Composite Indicators and Scoreboards, Step 6: Weighting, 2020, https://knowledge4policy.ec.europa.eu/composite-indicators/toolkit_en/navigation-page/10-step-guide_en/step-6-weighting_en

¹⁶ Robert L. Glicksman, Dietrich H. Earnhart. 2008, Effectiveness of Government Interventions at Inducing Better Environmental Performance: Does Effectiveness Depend on Facility or Firm Features?, GW Law Faculty Publications & Other Works by an authorized administrator of Scholarly Commons,

https://scholarship.law.gwu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1670&context=faculty_publications
¹⁷ Fitch-Roy O., Benson D., Monciardini D. 2021, All around the world: Assessing optimality in comparative circular economy policy packages, Journal of Cleaner Production, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125493>

* կազմվել է հեղինակի կողմից

ածխածնային տնտեսության անցման ընթացքում¹⁸: Մոդելավորված գործակալները ներկայացնում են սոցիալական, ինքնավար դերակատարներ, որոնք ունեն որոշակի վարքագիծ՝ գործընթացների ընտրության և իրականացման հնարավորություններ: Գործակալների վրա հիմնված մոդելավորումը և սիմուլյացիան հնարավորություն են տալիս ՇՏ բիզնես մոդելի կենսունակության փորձարկման՝ շրջակա միջավայրի, գործող անձանց և տեխնոլոգիաների միջև փոխազդեցությունները ուսումնասիրելու համար:

ABM մոդելավորումը ՇՏ ներդրման համար իրականացվում է 9 քայլերով¹⁹.

1. Շղթայի փոխազդող տարրերի ընտրություն, այս փուլում առանձնացվում են հումքի մատակարարման, արտադրական և սպառման գործընթացի կազմակերպման բոլոր բնութագրող ցուցանիշները,

2. ՇՏ ռազմավարության վերլուծություն, պետք է կատարել պետության կողմից նախատեսվող և իրականացվող ՇՏ ռազմավարության վերլուծություն,

3. ՇՏ ռազմավարության պահանջներին համապատասխան ընկերության հատկանիշների սահմանում, այս փուլում պետք է առանձնացնել ընկերության դինամիկ վարքագծի փոփոխականները,

4. Շրջական միջավայրի դինամիկ վարքագծի փոփոխականների սահմանում, ուսումնասիրվում են փոփոխականները և շղթայի պատճառահետևանքային կապերը

5. ABM մոդելի սահմանում, բազմաթիվ ներքին և արտաքին փոփոխականներից առանձնացվում են ուսումնասիրության համար էականները,

6. Սուբյեկտների շղթաների կառուցում, ուսումնասիրվում են շղթայի գործակալների գործողությունները,

7. Ծրագրաշարում սիմուլյացիոն մոդելի ներդրում, կախված փոփոխականների թվից՝ ընտրվում են ծրագրալեզուներ, որոնց միջոցով հնարավոր է կառուցել ՇՏ բիզնես մոդելներ,

8. Արդյունավետության թեստավորում, փոփոխականների փոփոխության դեպքում տարբեր սցենարների մշակում,

9. Քաղաքականության մշակում և գնահատում, մոդելների արդյունքների հիման վրա կարող են մշակվել ՇՏ նպաստող նոր քաղաքական որոշումներ:

18 Huo C., Mohsin M., Alidarous M. 2025, Agent-based modeling of energy efficiency policies: Enhancing sustainable development and economic growth, Energy Strategy Reviews, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101738>

19 Guevara-Rivera E., Osorno R., Zaldivar-Carrillo V., PerezOrtiz H. 2021, Dynamic simulation methodology for implementing circular economy: A new case study, Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM), <https://doi.org/10.3926/jiem.3609>

Ըստ շրջակա միջավայրի պահպանությանը ուղղված իրենց քաղաքականության՝ պետությունները դասակարգվում են²⁰.

- հիմնական թափոնների կառավարում - կառավարությունը ունի թույլ միջամտություն՝ խորհրդատվական գործառնությամբ, սակայն չի պարտադրում ՇՏ, թափոնների կառավարման հանրային ծառայությունների հիմնական ապահովում՝ աղբավայրեր տեղափոխում կամ այրում, թափոնների կառավարման և ռեսուրսների օգտագործման միջև չկա կապ, գործակիցը ընդունվում է 0,1-0,3,

- թափոնների ինտեգրված կառավարում - գործում են որոշ կանոնակարգեր կամ սահմանափակ ոլորտներում տուգանքներ, թափոնների հավաքում և մշակում, թափոնների որոշակի սահմանափակ օգտագործում, թափոնների կառավարման և ռեսուրսների օգտագործման միջև առկա է սահմանափակ կապ - 0,3-0,5,

- կրճատում, վերականգնում, վերամշակում - հարկային ու իրավական ճնշումները ազդում են բիզնեսի որոշումների վրա, ռեսուրսների օգտագործման և թափոնների կառավարման մեջ թափոնների հիերարխիայի ներդրում, թափոնների կառավարման և ռեսուրսների օգտագործման միջև ամուր կապ - 0,5-0,7,

- ՇՏ - էկոլոգիական սկզբունքներին չհամապատասխանելու դեպքում բիզնեսը արգելվում է, նախագծման միջոցով թափոնների և աղտոտվածության նվազեցում, նյութերի արտադրության և սպառման ցիկլերի պահպանում՝ վերօգտագործման, վերամշակման և վերականգնման միջոցով, թափոնների կառավարման և ռեսուրսների օգտագործման ամբողջական ինտեգրում - 0,7-0,9,

- 1 գործակիցը վկայում է թափոնների կառավարման կատարյալ փաթեթի կիրառության մասին:

Վերլուծություն: Հայաստանի Հանրապետությունում կազմակերպությունների գործունեությունից շրջակա միջավայրին հասցված վնասի համար կիրառվում են բնապահպանական վճարներ և տուգանքներ, այս հիմքով պայմանավորված կառավարության ՇՏ կազմակերպմանը խթանող գործակիցը կարող ենք ընդունել 0,3: Տնտեսության զարգացման ռազմավարական ծրագրում շրջակա միջավայրի պահպանության գերակա խնդիրներից է թափոնների կրճատումը և բնական ռեսուրսների, արդյունավետ օգտագործումը: Մեր հանրապետությունում ՇՏ օրինակելի մոդել է «Գրանդ Մաստեր» թղթի թափոնների վերամշակման ընկերությունը²¹, որը հիմնվել է 2006 թ-ին: Իր գործունեության սկզբում ընկերությունը վերամշակում էր միայն Գրանդ

²⁰ Ignatyeva, M., Yurak, V., Dushin, A., Strovsky, V., Zavyalov, S., Malyshev, A., & Karimova, P. 2021. How Far Away Are World Economies from Circularity: Assessing the Capacity of Circular Economy Policy Packages in the Operation of Raw Materials and Industrial Wastes. *Sustainability*, 13(8), 4394. <https://doi.org/10.3390/su13084394>

²¹ Grand Holding (n.d.). Company Profile. Retrieved from <https://hr.grandholding.org/company-profile/10>

Հովիհնգի ընկերություններում առաջացած, իսկ այժմ արդեն ամբողջ հանրապետությունից tapon.am ծրագրի միջոցով ընդունում և վերամշակում է թղթի թափոններ:

ՇՏ մոդելների կառուցման ընթացքում ամենակարևոր փուլը համարվում է արդյունավետության թեստավորումը, փոփոխականների փոփոխության դեպքում տարբեր սցենարների մշակումը: ABM սիմուլյացիոն մոդելի միջոցով ներկայացնենք թղթի թափոնների վերամշակման տարբեր սցենարներ՝ հիմք ընդունելով առաջացած թղթի թափոններում վերամշակման թափոնների տեսակարար կշիռը, արտադրական ծախսերի կառուցվածքը²²:

Աղյուսակ 1^{23,*}

Պետական քաղաքականության ազդեցությունը բիզնեսի առաջնահերթությունների վրա

Քաղաքական միջամտության ինտենսիվության գործակից, δ	վերամշակվող թափոններից շահույթի ավելացման կարևորությունը,	չվերամշակվող թափոնների ծախսերի գերադասումը,	հարկային արտոնությունների ազդեցությունը բիզնեսի վրա,	Տուգանքների ազդեցությունը բիզնեսի վրա,
0,3	α	β	γ	ω
0,4	$\alpha 1$	$\beta 1$	$\gamma 1$	$\omega 1$
0,5	$\alpha 2$	$\beta 2$	$\gamma 2$	$\omega 2$
0,6	$\alpha 3$	$\beta 3$	$\gamma 3$	$\omega 3$
0,7	$\alpha 4$	$\beta 4$	$\gamma 4$	$\omega 4$

* Որքան $\delta > 0$ -ից, այնքան $\alpha < \alpha 1 < \alpha 2 < \alpha 3 < \alpha 4$, $\beta > \beta 1 > \beta 2 > \beta 3 > \beta 4$, $\gamma > \gamma 1 > \gamma 2 > \gamma 3 > \gamma 4$, $\omega < \omega 1 < \omega 2 < \omega 3 < \omega 4$

Սցենարների մշակման համար ընդունվել են ելակետային պայմանական արժեքներ.

- Առաջացած ընդհանուր թափոններում վերամշակման առավելագույն տեսակարար կշիռը - 80%, առկա տեխնոլոգիական զինվածության պայմաններում:

- 10 % վերամշակվող թղթի թափոնի արժեքը որպես հումք 100 արժեքային միավոր,

²² Valdimarsdóttir S., 2021, Profitability study for a paper recycling facility in Iceland, School of Science and Engineering at Reykjavík University, https://skemman.is/bitstream/1946/39491/1/Thesis_Profitability%20study%20for%20a%20paper%20recycling%20facility%20in%20Iceland.pdf

²³ կազմվել է հեղինակի կողմից

- թղթի թափոնի 10 % վերամշակման դեպքում կարտադրվի նոր արժեք – 335 արժեքային միավոր,

- թղթի թափոնի 10 % վերամշակման դեպքում արտադրական ծախսերում ուղղակի ծախսեր՝ առանց հիմնական հումքի ծախսի – 50 արժեքային միավոր:

- 10-80 % վերամշակման արտադրական ծախսերում անուղղակի ծախսեր – 200 արժեքային միավոր:

- 80 % չվերամշակվող թափոնի հեռացման համար պահանջվում է ծախսեր – 487,17 արժեքային միավոր:

Պետական քաղաքական միջամտության գործակցի յուրաքանչյուր 0,1 միավորով ավելացումը ենթադրվում է տույժերի, տուգանքների, արգելքների ավելացում գծային բիզնեսի համար, հետևաբար գործարարների վարքագիծը կարող է փոխվել դեպի ՇՏ:

Աղյուսակ 2²⁴, *

Սիմուլյացիոն մոդել. թղթի թափոնների վերամշակման ABM սցենարներ

Ցուցանիշներ	Սցենար 1 10 % վերամշակում	Սցենար 2 20 % վերամշակում	Սցենար 3 30 % վերամշակում	Սցենար 4 40 % վերամշակում	Սցենար 5 50 % վերամշակում	Սցենար 6 60 % վերամշակում	Սցենար 7 70 % վերամշակում	Սցենար 8 80 % վերամշակում
Թափոնի վերամշակումից կարտադրվի նոր արժեք	335	670	1005	1340	1675	2010	2345	2680
Արտադրական ծախսերում ուղղակի ծախսեր՝ առանց հիմնական հումքի ծախսի	50	100	150	200	250	300	350	400

²⁴ կազմվել է հեղինակի կողմից՝ հիմնք ընդունելով Valdimarsdóttir կողմից հաշվարկված թղթի թափոնների վերամշակման արդյունավետությունը:

Թափոնների վերամշակումից ձևավորվող շահույթ, արժեքային միավոր	85	370	655	940	1225	1510	1795	2080
Վերամշակման չենթակա թափոնների հեռացման ծախսերը,	487.2	442.9	402.6	366.0	332.7	302.5	75	50
Հարկային արտոնություններ՝ սահմանված թափոնների վերամշակման դեպքում	TB_1	TB_2	TB_3	TB_4	TB_5	TB_6	TB_7	TB_8
Տույժ, տուգանքներ՝ թափոնների առաջացման համար	GP_1	GP_2	GP_3	GP_4	GP_5	GP_6	GP_7	GP_8
Կառավարության իրականացրած քաղաքականության օգտակարությունը դեպի CS , PCE_i	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

* Որքան $PCE_i > 0,1$, այնքան

$TB_1 < TB_3 < TB_4 < TB_5 < TB_6 < TB_7 < TB_8$,

$GP_1 < GP_2 < GP_3 < GP_4 < GP_5 < GP_6 < GP_7 < GP_8$

Պետությունը, որքան խիստ վարի շրջակա միջավայրի պահպանությանը ուղղված քաղաքականություն, այնքան բիզնեսում կպարտադրվեն և կկարևորվեն թափոնների վերամշակման ծավալների ավելացումը, չվերամշակվող թափոններ

առաջացնող արտադրությունից հրաժարումը, էկոներդրումների կարևորությունը: Քաղաքական ճնշումները և տնտեսական տրամաբանությունը կասիպեն բիզնեսին կենտրոնանալ ոչ միայն ծախսերի կրճատման վրա, այլև կատարել էկոլոգիական ներդրումներ: Շահույթը, որպես գերակա նպատակ, բիզնեսում կմնա առաջնային դիրքերում, սակայն դրա ավելացումը կալանավորվի ոչ թե ծախսերի կրճատմամբ, այլև ՇՏ կազմակերպմամբ: Պետական խթանող քաղաքականությունը՝ արտահայտված հարկային և իրավական մեխանիզմներով, կարող է խթանել ավելի արագ անցնել ՇՏ սկզբունքներով կառավարվող բիզնեսի: Այս գործակիցը համարվում է ABM շարժիչը, նրանից է կախված բիզնեսի տնտեսական արդյունավետությունը:

Ներկայացված սիմուլյացիոն մոդելի սցենարները էկոլոգիապաշտպան քաղաքականության համար կարող են դառնալ որպես հիմնավորում՝ շրջակա միջավայրի պաշտպանությանը ուղղված որոշումների ընդունման գործընթացում: Ինչպես նաև կարող են հիմք հանդիսանալ բիզնես ոլորտում՝ գծային տնտեսությունից դեպի շրջանաձև անցման դժվար որոշման համար:

Եզրակացություններ: Շրջանաձև տնտեսության ներդրումը է պահանջում է տնտեսագիտության հիմունքների և կիրառական մոտեցումների մանրամասն ուսումնասիրություն: Կարևոր է տեսնել, թե ինչպես են տարբեր տնտեսվարող սուբյեկտներ արձագանքում պետական քաղաքականությանը կամ բնապահպանական պահանջներին, հատկապես երբ իրենց անձնական շահերն ու պահանջները կարող են բախվել արտաքին պահանջների հետ: Շուկայական պայմաններում գործարարների որոշումները հաճախ կախված են շահույթի, ծախսերի և կայունության միջև հավասարակշռությունից:

Շրջանաձև կամ ավանդական մոդելի ընտրությունը, սովորաբար, հիմնվում է արդյունավետության վրա: Օրինակ, եթե վերամշակման ծախսերը գերազանցում են տնտեսական օգուտը, գործարարները սովորաբար նախընտրում են ավանդական արտադրությունը: Սակայն, երբ պետական խթանիչները ճիշտ ընտրված են՝ օրինակ, հարկային արտոնություններ կամ ֆինանսական աջակցություն, նրանք կարող են դրդել ներդրումներ կատարել վերամշակման և ռեսուրսների կրկնակի օգտագործման նախագծերում: Այսպիսով, քաղաքականությունը ուղղորդում է վարքագիծը՝ համադրելով անձնական շահը և հանրային լավը: Գործարարների որոշումների վրա ազդեցություն ունեն նաև արտաքին գործոնները: Օրինակ, եթե հարկերը ցածր են, հաճախ գերակշռում է շահույթը, իսկ երբ խթանման միջոցները ուժեղ են, բնապահպանական և կայունության գործոնը դառնում է կարևոր: Ճիշտ ընտրված քաղաքականությունը կարող է խթանել ոչ միայն շահույթը, այլև հասարակության ու շրջակա միջավայրի շահերը:

Շրջանաձև տնտեսությունը կարելի է դիտարկել ոչ միայն որպես բնապահպանական նախաձեռնություն, այլև որպես տնտեսական զարգացման ուղի: Երբ կառավարման մեխանիզմներն ու խթանները ճիշտ են ընտրված, այն կարող է ապահովել տնտեսական աճ, բնապահպանական կայունություն և

սոցիալական բարելավում: Այս մոտեցումը բարձրացնում է գործարարների պատասխանատվությունը և ստեղծում երկարաժամկետ, արդյունավետ ու կայուն տնտեսական մոդել: Թափոնների վերամշակման համար կառուցված ABM սցենարները կարելի է կիրառել ինչպես տնտեսագիտական, այնպես էլ էկոլոգիական տարբեր խնդիրների լուծման համար: Դրանք հնարավորություն են տալիս ավելի իրատեսական գնահատել գործընթացները և գտնել հավասարակշռված լուծումներ: Մասնավորապես.

1. Կարելի է որոշել վերամշակման օպտիմալ ծավալները, կազմել տարեկան արտադրական և երկարաժամկետ պլաններ, ինչպես նաև մշակել կայուն զարգացման ռազմավարություններ:

2. Սցենարները կարող են հիմք հանդիսանալ ներդրումային ծրագրերի համար, օգնել պատրաստել ավելի հիմնավորված բիզնես պլաններ:

3. Դրանք հնարավորություն են տալիս օպտիմալացնել ծախսերի կառուցվածքը՝ շնորհիվ ռեսուրսների վերօգտագործման և դրանց կյանքի ցիկլի երկարացման:

4. Հնարավոր է մշակել աստիճանավորված հարկային արտոնություններ, որոնք կախված կլինեն վերամշակված թափոնների քանակից:

5. Սցենարները կարող են օգտագործվել էկոլոգիական ստանդարտների խստացման և թափոնների կառավարման պարտադիր պահանջների սահմանման համար:

6. Դրանք խթանում են պետական-մասնավոր համագործակցությունը՝ հնարավորություն տալով իրականացնել պետություն-բիզնես համատեղ մոդելներ:

7. Կարելի է նվազեցնել ֆինանսական ռիսկերը՝ ներդնելով ապահովագրական մեխանիզմներ, որոնք կփոխհատուցեն էկոլոգիական ներդրումների հնարավոր անհաջողությունները:

8. Սցենարները կարող են նպաստել նորարարական տեխնոլոգիաների խթանմանը, օրինակ՝ պետական աջակցությամբ ներդնել նոր սարքավորումներ և նվազեցնել չվերամշակվող թափոնների ծավալը:

9. Վերջապես, դրանք կարող են ապահովել ավելի մեծ թափանցիկություն. ընկերությունները պարտավոր կլինեն հրապարակել տարեկան հաշվետվություններ իրենց թափոնների կառավարման վերաբերյալ:

Հետազոտության արդյունքում **առաջարկում ենք.**

1. Վաղուց արդեն բացահայտված է շրջանաձև տնտեսության ոչ միայն իր սկզբնական բնապահպանական նշանակությունը, այլև սոցիալ-տնտեսական ազդեցությունը: Մեր հանրապետությունում շրջանաձև տնտեսության սոցիալ-տնտեսական նշանակությունը ձեռներեցների շրջանում առավել կկարևորվի, քանի որ, հաշվի առնելով տնտեսական խնդիրների լուծման առաջնահերթությունը՝ այս համեմատությամբ բնապահպանական խնդիրները պարտվում են: Կառավարության կողմից կարող են առաջարկվել շրջանաձև տնտեսության կազմակերպման արտոնություններ:

Առաջարկում ենք կառավարության քննարկմանը ներկայացնել պետական գնումներում ՇՏ կազմակերպությունների կողմից արտադրված՝ «էկոնախապատվություն» ապրանքանիշով պիտակավորված ապրանքների մրցութային հավելյալ արտոնություններ :

2. ABM գործիքով ներկայացված ՇՏ սցենարները հնարավորություն կտան որոշել վերամշակման օպտիմալ ծավալները, կազմել տարեկան արտադրական և երկարաժամկետ պլաններ, ինչպես նաև մշակել կայուն զարգացման ռազմավարություններ: Ինչպես նաև սցենարները կարող են հիմք հանդիսանալ ներդրումային ծրագրերի համար, օգնել պատրաստել ավելի հիմնավորված բիզնես պլաններ:

Առաջարկում ենք նախարարությունների կողմից գնահատել ոլորտային շուկայի իրական պահանջները և տրամադրել տարեկան վերամշակման քվոտաներ:

3. Մշակված սցենարները կարող են օգտագործվել նաև պետական քաղաքականության մեջ, սրանց միջոցով հնարավոր է մշակել աստիճանավորված հարկային արտոնություններ, որոնք կախված կլինեն վերամշակված թափոնների քանակից: Ինչպես նաև սցենարները կարող են օգտագործվել էկոլոգիական ստանդարտների խստացման և թափոնների կառավարման պարտադիր պահանջների սահմանման համար:

Առաջարկում ենք կառավարության քննարկմանը ներկայացնել «ՇՏ նորաստեղծ կազմակերպություններին երկու տարվա շահութահարկի վերանայում», որը հնարավորություն կտա կատարված կապիտալ ներդրումների ժամկետի կրճատման:

4. Սցենարները խթանում են պետություն-մասնավոր հատված համագործակցությանը՝ հնարավորություն տալով իրականացնել պետություն-բիզնես համատեղ մոդելներ: Սրանք կարող են նպաստել նորարարական տեխնոլոգիաների խթանմանը, պետական աջակցությամբ նոր սարքավորումների ներդրմանը և նվազեցնել չվերամշակվող թափոնների ծավալը:

Առաջարկում ենք պետական սուբսիդավորվող ծրագրերի, համաֆինանսավորման ընդունում՝ ուղղված ՇՏ կազմակերպմանը:

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Agarwal S., Kant R., Shankar R. 2022, Exploring sustainability balanced scorecard for performance evaluation of humanitarian organizations, Cleaner Logistics and Supply Chain, <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100026>
2. Fitch-Roy O., Benson D., Monciardini D. 2021, All around the world: Assessing optimality in comparative circular economy policy packages, Journal of Cleaner Production, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125493>

3. Guevara-Rivera E., Osorno R., Zaldivar-Carrillo V., PerezOrtiz H. 2021, Dynamic simulation methodology for implementing circular economy: A new case study, *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, <https://doi.org/10.3926/jiem.3609>
4. Huo C., Mohsin M., Alidarous M. 2025, Agent-based modeling of energy efficiency policies: Enhancing sustainable development and economic growth, *Energy Strategy Reviews*, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101738>
5. Ibarra Vega D., Bautista-Rodriguez S. 2024, The impact of circular economy strategies on municipal waste management: A system dynamics approach, *Cleaner Engineering and Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100761>
6. Ignatyeva, M., Yurak, V., Dushin, A., Strovsky, V., Zavyalov, S., Malyshev, A., & Karimova, P. 2021. How Far Away Are World Economies from Circularity: Assessing the Capacity of Circular Economy Policy Packages in the Operation of Raw Materials and Industrial Wastes. *Sustainability*, *13*(8), 4394. <https://doi.org/10.3390/su13084394>
7. Nicholls S., Amelung B., Student J. 2017, Agent-Based Modeling, *Journal of Travel Research*, DOI:10.1177/0047287515620490
8. Massimiliano R., Matteo L. 2024, A systematic review of agent-based modelling in the circular economy: Insights towards a general model, *Structural Change and Economic Dynamics*, <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2024.03.013>
9. Möslinger M., Ulpiani G., Vettters N. 2023, Circular economy and waste management to empower a climate-neutral urban future, *Journal of Cleaner Production*, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138454>
10. Mukherjee P., Das B., Bhardwaj P., Tampha S. 2023, Socio-economic sustainability with circular economy — An alternative approach, *The Science of The Total Environment* 904(2), [DOI:10.1016/j.scitotenv.2023.166630](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166630)
11. Raimbaulta J., Broereb J., Somveillec M., Sernad J. M., Strombome E., Mooref C., Zhug B., Sugarh L. 2020, A spatial agent based model for simulating and optimizing networked ecoindustrial systems, *Resources, Conservation & Recycling*, <https://shs.hal.science/halshs-02526201v1/document>
12. Robert L. Glicksman, Dietrich H. Earnhart. 2008, Effectiveness of Government Interventions at Inducing Better Environmental Performance: Does Effectiveness Depend on Facility or Firm Features?, *GW Law Faculty Publications & Other Works by an authorized administrator of Scholarly Commons*, https://scholarship.law.gwu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1670&context=faculty_publications
13. Valdimarsdóttir S., 2021, Profitability study for a paper recycling facility in Iceland, *School of Science and Engineering at Reykjavík University*, https://skemman.is/bitstream/1946/39491/1/Thesis_Profitability%20study%20for%20a%20paper%20recycling%20facility%20in%20Iceland.pdf

14. Walzberg J., Frayret J., Eberle A., Carpenter A., Heath G. 2023, Agent-based modeling and simulation for the circular economy: lessons learned and path forward, Journal of Industrial Ecology, Volume 27, Issue 5, <https://doi.org/10.1111/jiec.13423>
15. Walzberg J., Lonca G., Hanes R.J., Eberle A.L., Carpenter A., Heath G.A. 2021. Do We Need a New Sustainability Assessment Method for the Circular Economy? A Critical Literature Review. Front. Sustain. 1:620047. doi: 10.3389/frsus.2020.620047
16. Watson M. 2009, Waste Management, International Encyclopedia of Human Geography, [Waste Management - an overview | ScienceDirect Topics](#)
17. About the EPI, <https://epi.yale.edu/>
18. European Commission, Competence Centre on Composite Indicators and Scoreboards, Step 6: Weighting, 2020, https://knowledge4policy.ec.europa.eu/composite-indicators/toolkit_en/navigation-page/10-step-guide_en/step-6-weighting_en
19. Grand Holding (n.d.). Company Profile. Retrieved from <https://hr.grandholding.org/company-profile/10>
20. S&P Global. CSA Methodology: Corporate Sustainability Assessment. Retrieved from, Methodology, <https://www.spglobal.com/esg/csa/methodology/>
21. S&P Global. CSA Methodology: Corporate Sustainability Assessment. Retrieved from, Methodology, https://greengrowthindex.gggi.org/wp-content/uploads/2020/02/05_Methodology.pdf
22. Sustainable Society Index, <https://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/explorer/indices/ssi/sustainable-society-index>

ԳՈՐԾԱԿԱԼՆԵՐԻ ԳՈՐԾԱՐԱՐ ՎԱՐՔԱԳԾԻ ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄ ՇՐՋԱՆԱՁԵՎ ՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ԱՆՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՈՒՄ

ԼԻԱՆԱ ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ ՄՈՒՇԵՂ ՀԱԿՈԲՅԱՆ

Համառոտագիր

Տնտեսական գործունեության ինտենսիվացումը անխուսափելիորեն բերում է թափոնների ավելացման և բնական ռեսուրսների սպառման: Այս խնդիրն այսօր արդիական է, քանի որ ռեսուրսները սահմանափակ են, դրանց արդյունավետ օգտագործումը կենսական նշանակություն ունի, իսկ չվերամշակվող թափոնները պահանջում են նոր տարածքներ: Հայաստանում նույնպես նկատվում է նման միտում. արտադրությունը զարգանում է, բայց թափոնների կառավարման խնդիրները լուծված չեն ամբողջությամբ: Սույն հետազոտության **նպատակը** շրջանաձև տնտեսությանը անցման համատեքստում գործարարների վարքագծի մոդելավորումն է: Հետազոտության հիմքը **Agent-Based Modeling** է՝ գործակալների վրա հիմնված շրջանաձև տնտեսության մոդելավորումը: Հետազոտության շրջանակում ինտուիտիվ

կանխատեսման **մեթոդով** կառուցվել է սիմուլյացիոն մոդել՝ հիմնված թղթի թափոնների վերամշակման սցենարների վրա, հաշվի առնելով շահույթի, ծախսերի, շրջանաձև տնտեսության կայունության և պետական միջամտության գործոնները: Հետազոտության ընթացքում պարզաբանվել են մի շարք **խնդիրներ**, մասնավորապես ներկայացվել է շրջանաձև տնտեսության կազմակերպման կարևորությունը թափոնների կառավարման գործում, վերլուծվել է «Agent-Based Modeling» գործիքը շրջանաձև տնտեսության ներդրման նպատակով, ընտրվել են շրջանաձև տնտեսության մոդելի արդյունավետությունը բնութագրող հիմնական տնտեսական ցուցանիշները, մշակվել են Agent-Based Modeling սցենարներ շրջանաձև տնտեսության սիմուլյացիոն մոդելի համար և դուրս են բերվել տնտեսական գործակալների վարքագիծը մոդելավորող գործոնները:

Agent-Based Modeling մոդելը թույլ է տալիս գնահատել, թե ինչպես են տնտեսական գործակալները արձագանքում բնապահպանական քաղաքականություններին, ինչպես է փոխվում նրանց բիզնեսի ռազմավարական կողմնորոշումը՝ պետական խթանիչ գործոնների ուժեղացման պայմաններում: Մոդելում ներդրված են բազմաշերտ փոխկապակցված ցուցանիշներ՝ տնտեսական, էկոլոգիական և քաղաքական գործոնների համադրմամբ: Տարբեր սցենարների համեմատությամբ **բացահայտվել է**, որ շրջանաձև տնտեսության ներդրման արդյունավետությունը զգալիորեն պայմանավորված է քաղաքական միջամտության ինտենսիվությամբ, էկոլոգիական ներդրումների և թափոնների վերամշակման նկատմամբ գործակալների վերաբերմունքի փոփոխությամբ:

Հետազոտության արդյունքները ցույց տվեցին, որ ներկայացված սիմուլյացիոն մոդելի սցենարները էկոլոգիապաշտպան քաղաքականության համար կարող են դառնալ որպես հիմնավորում՝ շրջակա միջավայրի պաշտպանությանը ուղղված որոշումների ընդունման գործընթացում: Ինչպես նաև կարող են հիմք հանդիսանալ բիզնես ոլորտում՝ գծային տնտեսությունից դեպի շրջանաձև անցման դժվար որոշման համար:

Բանալի բառեր. շրջանաձև տնտեսություն, Agent-Based Modeling, թափոնների վերամշակում, սիմուլյացիոն մոդել, սցենարների մշակում, ցուցանիշների հաշվեկշռային մոտեցում:

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТОВ ВО ВРЕМЯ ПЕРЕХОДА К ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКЕ

ЛИАНА ХАЧАТРЯН
МУШЕГ АКОПЯН

Аннотация

Интенсификация экономической деятельности неизбежно приводит к увеличению объема отходов и истощению природных ресурсов. Эта проблема является актуальной сегодня, поскольку ресурсы ограничены, их эффективное

использование имеет жизненно важное значение, а для хранения неперерабатываемых отходов требуются новые земельные участки. Аналогичная тенденция наблюдается и в Армении: производство развивается, но вопросы обращения с отходами не решены в полной мере. Цель данного исследования – смоделировать поведение бизнесменов в контексте перехода к циркулярной экономике. Исследование основано на Agent-Based Modeling, моделирующем циркулярную экономику на основе агентов. В рамках исследования была построена имитационная модель с использованием интуитивного метода прогнозирования, основанного на сценариях переработки бумажных отходов, с учетом таких факторов, как прибыль, затраты, устойчивость циркулярной экономики и государственное вмешательство. В ходе исследования был прояснен ряд вопросов, в частности, продемонстрирована важность организации циркулярной экономики в сфере управления отходами, проанализирован инструмент «Agent-Based Modeling» с целью внедрения циркулярной экономики, выбраны ключевые экономические показатели, характеризующие эффективность модели циркулярной экономики, разработаны сценарии Agent-Based Modeling для имитационной модели циркулярной экономики, определены факторы, моделирующие поведение экономических агентов.

Agent-Based Modeling позволяет оценить, как экономические агенты реагируют на экологическую политику, как меняется их стратегическая ориентация в бизнесе в условиях усиления государственных стимулов. Модель включает многоуровневые взаимосвязанные показатели, объединяющие экономические, экологические и политические факторы. Сравнивая различные сценарии, было выявлено, что эффективность внедрения циркулярной экономики в значительной степени определяется интенсивностью политического вмешательства, изменениями в отношении агентов к экологическим инвестициям и переработке отходов.

Результаты исследования показали, что представленные сценарии имитационной модели могут служить обоснованием политики охраны окружающей среды в процессе принятия решений, направленных на защиту окружающей среды. Они также могут служить основой для принятия сложного решения о переходе от линейной к циклической экономике в бизнес-секторе.

Ключевые слова: циркулярная экономика, Agent-Based Modeling, переработка отходов, имитационная модель, разработка сценариев, взвешенный подход к показателям.

MODELLING THE BEHAVIOUR OF BUSINESS AGENTS IN THE TRANSITION TO A CIRCULAR ECONOMY

LIANA KHACHATRYAN
MUSHEGH HAKOBYAN

Abstract

The intensification of economic activity inevitably leads to increased waste generation and natural resources' depletion. This issue is particularly relevant today, as natural resources are finite, their efficient use is essential, and additional land is increasingly required for the disposal of non-recyclable waste. A similar pattern can be observed in Armenia, where production is expanding while waste management challenges remain insufficiently addressed.

The aim of this study is to model the behavior of entrepreneurs in the context of the transition to a circular economy. The research is based on "Agent-based modeling", which enables the simulation of circular economy dynamics through the interaction of heterogeneous economic agents. Within the framework of the study, a simulation model was developed using an intuitive forecasting approach based on paper waste recycling scenarios. The model incorporates key factors such as profitability, costs, circular economy sustainability, and government intervention. The study addresses several important issues. In particular, it demonstrates the significance of organizing circular economy practices in the waste management sector, examines the applicability of agent-based modeling as a tool for circular economy implementation, identifies key economic indicators that characterize the effectiveness of circular economy models, develops agent-oriented simulation scenarios, and determines the factors shaping the behavior of economic agents.

Agent-based modeling enables assessing how economic agents respond to environmental policy measures and how their strategic business orientations evolve under increased government incentives. The model integrates multi-level, interrelated indicators that combine economic, environmental, and policy dimensions. A comparison of alternative scenarios shows that the effectiveness of circular economy implementation largely depends on the intensity of government intervention and changes in agents' attitudes toward investment in environmental protection and waste recycling.

The findings indicate that the environmental policy scenarios developed in the simulation model can serve as a basis for informed decision-making in environmental protection. They may also support complex strategic decisions by businesses regarding the transition from a linear to a circular economic model.

Keywords: circular economy, agent-based modelling, waste recycling, simulation model, scenario development, balanced scorecard approach