



Հոդվածի հղումը. Արտաշյան Ա., Գաբրիելյան Ա. (2025), Բազմաչափանիշ որոշումների կայացման STEM մեթոդի կիրառումը ներդրումային նախագծերի ընտրության գործընթացում, *Տնտեսություն և հասարակություն*, ՀՊՏՀ, Տնտեսագետ, 1(7), 148-163, DOI: 10.52174/29538114_2025.1-148
Ներկայացվել է խմբագրություն՝ 03.05.2025 թ.
Ուղարկվել է գրախոսության՝ 27.05.2025 թ.
Երաշխավորվել է հրապարակման՝ 13.08.2025 թ.

ԱՐԳԱՄ ԱՐՏԱՇՅԱՆ

ՀՊՏՀ ՏՏ բաժնի պետ,
տնտեսագիտության թեկնածու, դոցենտ
 <https://orcid.org/0000-0002-4550-3491>

ԱՆՆԱ ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

ՀՊՏՀ տեղեկատվական համակարգերի և տեղեկատվական
տեխնոլոգիաների բիզնեսի ամբիոնի ասիստենտ
 <https://orcid.org/0009-0009-9502-3291>

ԲԱԶՄԱԶԱՓԱՆԻՇ ՈՐՈՇՈՒՄՆԵՐԻ ԿԱՅԱՑՄԱՆ STEM ՄԵԹՈԴԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ՆԵՐԴՐՈՒՄԱՅԻՆ ՆԱԽԱԳԾԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՈՒՄ

Ներկայումս որոշումների կայացման գործընթացում հաճախ առկա են միաժամանակ մի քանի նպատակներ, որոնք նույնիսկ կարող են միմյանց հակասել: Օրինակ՝ ներդրումային նախագծի ընտրության ժամանակ հնարավոր է մի նախագծի դեպքում ապահովել ավելի մեծ շահույթ, որը, սակայն, կարող է ուղեկցվել բարձր ռիսկով, իսկ մյուսի դեպքում՝ ավելի ցածր շահույթ, բայց ավելի կայուն արդյունք ունենալ: Այսպիսի իրավիճակներում ավանդական միանպատակ գնահատումը բավարար չէ, քանի որ այն չի արտացոլում բոլոր գործոնների ազդեցությունը: Այս խմաստով, բազմանպատակ օպտիմալացման մեթոդները նպատակ ունեն միաժամանակ հաշվի առնելու և համադրելու տարբեր չափանիշներ՝ ի վերջո ընտրելով այն լուծումը, որը, հասանելի այլընտրանքների համեմատությամբ, լավագույնն է ընդհանուր համատեքստում:

Նման մեթոդների կիրառումն անհրաժեշտ է հատկապես այն ոլորտներում, որտեղ որոշումներն ունեն երկարաժամկետ հետևանքներ, ռեսուրսները սահմանափակ են, և սխալ ընտրությունը կարող է հանգեցնել զգալի կորուստների: Այսպիսով՝ բազմա-

նպատակ օպտիմալացման մոդելներն ապահովում են հիմնավոր մոտեցում՝ թույլ տալով կանխատեսել արդյունքները և արդյունավետ կերպով լուծել բարդ ու բազմաբնույթ խնդիրներ:

Հոդվածում ներկայացվում է STEM մեթոդը, որն ուղղված է Չեբիշևի հեռավորության մինիմալացման միջոցով օպտիմալ լուծման որոնմանը: Այս մեթոդը թույլ է տալիս որոշել, թե որ տարբերակն է ամենամոտը լավագույն որոշմանը՝ հաշվի առնելով բոլոր չափանիշների շեղումները: Մեթոդը կիրառելի է հապկապես այնպիսի իրավիճակներում, երբ որոշումները ենթակա են բազմակողմանի գնահատման, և անհրաժեշտ է գտնել հավասարակշռված մոտեցում հակասական նպատակների միջև:

Բացի գործնական օրինակի քննարկումից, ներկայացվում է նաև STEM մեթոդի տեսական հենքը, մաթեմատիկական մոդելավորման կառուցվածքը և կիրառությունը ներդրումային նախագծերի ընտրության գործընթացում՝ կենտրոնանալով փոքր և միջին ձեռնարկությունների վրա: Հարուկ ուշադրություն է դարձվում բյուջեպային սահմանափակումների, շուկայի անորոշության և ռեսուրսների արդյունավետ կառավարման վրա: Արդյունքները վկայում են, որ STEM մեթոդը նպաստում է հիմնավորված, կայուն և ռազմավարական որոշումների կայացմանը:

Հիմնաբառեր. բազմանպատակային որոշումների կայացում, STEM մեթոդ, մաթեմատիկական մոդելավորում, Չեբիշևի հեռավորություն

JEL: C44, G11

DOI: 10.52174/29538114_2025.1-148

Ներածություն: Տնտեսագիտական և կառավարչական որոշումների կայացումը ներկայումս հատկապես բարդ է՝ պայմանավորված տարբեր նպատակներով, բազմաթիրախային պահանջներով, սահմանափակ ռեսուրսներով և հաճախ միմյանց հակասող նպատակներով: Այս իրավիճակում բազմաչափանիշ որոշումների կայացման մեթոդները դառնում են կարևոր գործիք՝ թույլ տալով վերլուծել այլընտրանքներն ըստ միաժամանակ մի քանի՝ տնտեսական, ռիսկային, ներդրումային և սոցիալական չափանիշների:

Ներդրումների ուղղության ընտրության գործընթացում, երբ անհրաժեշտ է ընտրել ամենաարդյունավետ տարբերակը սահմանափակ բյուջեի պայմաններում, նման մեթոդների կիրառությունը դառնում է կենսական: STEM մեթոդը, որը հիմնված է Չեբիշևի հեռավորության մինիմալացման վրա, առաջարկում է համակարգված լուծում՝ նպաստելով հակասական նպատակների հավասարակշռված համադրմանը: Դա գնահատում է յուրաքանչյուր տարբերակի հեռավորությունը լավագույն լուծումից՝ օգտագործելով նորմավորված արժեքներ և կշռային գործակիցներ՝ ըստ չափանիշների:

Օրինակ՝ երբ ձեռնարկությունը կանգնած է տարբեր ներդրումների շահութաբերության մակարդակով (ROI), ռիսկով և ներդրումային ծավալով նախագծերի միջև ընտրություն կատարելու անհրաժեշտության առաջ, STEM մեթոդը հնարավորություն է տալիս հաշվարկելու, թե որ տարբերակն է ամենամոտը «կատարյալ» համադրությանը: Սա հատկապես օգտակար է փոքր և միջին բիզնեսների համար, որոնք գործում են ռեսուրսների սղության և անորոշության պայմաններում:

Այսպիսով՝ STEM մեթոդը կարելի է դիտարկել որպես արդյունավետ գործիք՝ ուղղված հիմնավորված, բազմակողմանի և օպտիմալ որոշումների կայացմանը:

Գրականության ակնարկ: Բազմանպատակ որոշումների կայացման (Multiple Objective Decision Making (MODM)) ուղղությունն ունի տարբեր տեսություններ և մեթոդաբանություններ, որոնք նախատեսված են որոշումների բարդ գործընթացների համար, որտեղ մի քանի հակասական նպատակներ պետք է օպտիմալացվեն միաժամանակ: Այս և նմանատիպ խնդիրների համար կիրառվում է բազմանպատակ օպտիմալացումը՝ հարաբերակցությունների վերլուծության միջոցով (Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis (MOORA)): Վերջինը որոշումների աջակցման համակարգ է, որը նախատեսված է բազմաթիվ չափանիշներ համադրելու համար: MOORA մեթոդաբանությունը ուսումնասիրվել է տարբեր ոլորտներում կիրառվելու տեսանկյունից, մասնավորապես՝ առողջապահության և ճարտարագիտական բնագավառներում¹:

Ինժեներական և բնապահպանական ոլորտներում ևս հաճախ օգտագործվում են բազմանպատակ օպտիմալացման մեթոդներ, ինչպիսին TOPSIS-ն է (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution): Այդ մեթոդները թույլ են տալիս արդյունավետ դասակարգել և ընտրություն կատարել այլ-ընտրանքների միջև՝ հիմնված բազմաթիվ չափանիշների վրա²: Օգտագործելով մոդելներ, որոնք միավորում են տարբեր շահառուների նախապատվությունները, որոշումների կայացման գործընթացը կարող է աուդիտի ենթարկվել՝ դրանով իսկ ապահովելով ավելի լավ արդյունքներ³:

Ավելին, ավտոմատացված ուսուցման մեթոդաբանության զարգացումը և տարածումը ապահովում է բավական խոստումնալից ուղիներ որոշումների կայացման արդյունավետությունը բարձրացնելու համար: Որոշ ժամանակակից մեթոդներ հնարավորություն են տալիս «սովորելու» փորձի ու հետադարձ կապի հիման վրա (այսպես կոչված՝ «հակադարձ ամրապնդման ուսուցում»), օգնում են պարզել, թե ինչ են նախընտրում որոշումներ կայացնող մարդիկ: Այս մեթոդների շնորհիվ համակարգերը կարողանում են հարմարվել տարբեր իրավիճակների՝ հիմնվելով նախորդ տվյալների և փորձի վրա, ու ժամանակի ընթացքում ավելի լավ ու ճշգրիտ որոշումներ կայացնել⁴: Արհեստական բանականության կիրառումը բազմակի նպատակներով որոշումներ կայացնելու մոդելներում ցույց է տալիս, թե ինչպես կարող են ժամանակակից տեխնոլոգիաներն օգնել՝ հասկանալու և կառավարելու տարբեր և երբեմն հակասող

¹ St'ua Ulfah A. and Hasugian A. (2023). Decision support system for selection of healthy toddler using MOORA method. Sinkron, 8(3), էջ 1736-1746, <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i3.12695>

² St'ua Phuangpornpitak W., Boonchom W., Suphan K., Chiengkul W., Tantipanichkul T. (2024). Application of topsis-lp and new routing models for the multi-criteria tourist route problem: the case study of Nong Khai, Thailand. Engineering Technology & Applied Science Research, 14(4), էջ 14929-14938, <https://doi.org/10.48084/etasr.7523>

Rashid M., Baba S., Shaheen F., Lone F., Raja T., Pathania S., ... Ahmad T. (2023). Multi-criteria decision making for water resource management: a case study of Anchar lake, j&am;k, India. Pollution Research, 42(04), էջ 473-475, <https://doi.org/10.53550/pr.2023.v42i04.011>

³ Fechete F. and Nedelcu A. (2022). Multi-objective optimization of the organization's performance for sustainable development. Sustainability, 14(15), էջ 9179, <https://doi.org/10.3390/su14159179>

⁴ St'ua Nishida R., Tanigaki Y., Onishi M., Hashimoto K. (2023). Multi-objective deep reinforcement learning for crowd route guidance optimization. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2678(5), էջ 617-633, <https://doi.org/10.1177/03611981231190635>.

Abdelfattah S., Kasmari K., Hu J. (2019). A robust policy bootstrapping algorithm for multi-objective reinforcement learning in non-stationary environments. Adaptive Behavior, 28(4), էջ 273-292, <https://doi.org/10.1177/1059712319869313>

նպատակներ, հատկապես փոփոխվող և անկայուն միջավայրերում⁵:

Հարմարվողական մեթոդների դերը բազմակի նպատակներով որոշումների կայացման մեջ շատ կարևոր է: Օրինակ՝ ներդրումների պլանավորման կամ ռեսուրսների բաշխման ժամանակ նման մեթոդները օգնում են գնահատել, թե ինչպես կարելի է հավասարակշռել տարբեր՝ տնտեսական, սոցիալական և բնապահպանական նպատակները⁶: Նմանապես՝ հիբրիդային մոտեցումները, որոնք համատեղում են էվոլյուցիոն ալգորիթմները կայուն օպտիմալացման տեխնիկայի հետ, աջակցում են բարդ մոդելների մշակմանը, որոնք ունակ են լուծելու որոշումների կայացման գործընթացներին բնորոշ անորոշությունները՝ դրանով իսկ ապահովելով առաջարկվող լուծումների կայունությունն ու արդյունավետությունը⁷:

Մեկ այլ կարևոր զարգացում բազմակի նպատակներով մեթոդների մեջ այն է, որ դրանք կարող են արդյունավետորեն կիրառվել համագործակցային միջավայրերում: Երբ որոշումների կայացման գործընթացում ներգրավված են բազմաթիվ մասնակիցներ կամ շահառուներ, կարևոր է համակարգված ձևով հասկանալ և համադրել նրանց նախապատվությունները՝ համընդհանուր համաձայնության գալու համար: Սա հատկապես կարևոր է այն ոլորտներում, որտեղ պահանջվում են համատեղ ներդրումներ, օրինակ՝ քաղաքաշինություն կամ բարդ ինժեներական նախագծեր⁸: Այս մեթոդը ոչ միայն նպաստում է համատեղ որոշումների կայացմանը, այլ նաև մեծացնում է ընտրված լուծման ընդունումը տարբեր շահառուների միջև⁹:

⁵ Տե՛ս **Han S., Cohen L., Blum A., Mansour Y., Saha A., Walter M.** (2023). Eliciting user preferences for personalized multi-objective decision making through comparative feedback, <https://doi.org/10.48550/arxiv.2302.03805>.

Hayes C. (2021). A practical guide to multi-objective reinforcement learning and planning... <https://doi.org/10.48550/arxiv.2103.09568>

⁶ Տե՛ս **Gui C., Lin W., Huang Z., Xin G., Jun X., Yang L.** (2022). A decision-making algorithm for concrete-filled steel tubular arch bridge maintenance based on structural health monitoring. *Materials*, 15(19), էջ 6920, <https://doi.org/10.3390/ma15196920>

Zavadskas E., Antuchevičienė J., Kar S. (2019). Multi-objective and multi-attribute optimization for sustainable development decision aiding. *Sustainability*, 11(11), էջ 3069, <https://doi.org/10.3390/su11113069>

Lind A., Elango V., Hanson L., Högborg D., Lämkuil D., Mårtensson P., ... Syberfeldt A. (2023). Virtual-simulation-based multi-objective optimization of an assembly station in a battery production factory. *Systems*, 11(8), էջ 395, <https://doi.org/10.3390/systems11080395>

⁷ **Khalifa H., Edalatpanah S., Božanić D.** (2024). On min-max goal programming approach for solving piecewise quadratic fuzzy multi-objective de novo programming problems. *Syst. Anal.*, 2(1), էջ 36-48, <https://doi.org/10.31181/sa21202411>

Sinha A. and Wallenius J. (2022). Mcdm, emo and hybrid approaches: tutorial and review. *Mathematical and Computational Applications*, 27(6), էջ 11, <https://doi.org/10.3390/mca27060112>

⁸ Տե՛ս **Yatsuka T., Ishigaki A., Kinoshita Y., Yamada T., Inoue M.** (2019). Control method of effect of robust optimization in multi-player multi-objective decision-making. *American Journal of Operations Research*, 09(04), էջ 175-191, <https://doi.org/10.4236/ajor.2019.94011>

Zintgraf L., Roijers D., Linders S., Jonker C., Nowé A. (2018). Ordered preference elicitation strategies for supporting multi-objective decision making, <https://doi.org/10.48550/arxiv.1802.07606>

⁹ Տե՛ս **Zheng J., Kou Y., Jing Z., Wu Q.** (2019). Towards many-objective optimization: objective analysis, multi-objective optimization and decision-making. *IEEE Access*, 7, 93742-93751, <https://doi.org/10.1109/access.2019.2926493>

Aburas H., Batarfi I., Bahshwan A., Alzahrani R., Qarout A. (2022). A multi-criteria decision-making based course assessment framework: development and application. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 33(4), <https://doi.org/10.7166/33-4-2549>

Մեթոդաբանություն: Որոշումը առկա այլընտրանքներից լավագույնի ընտրությունն է՝ հիմնված որևէ վերլուծական, հաշվարկային կամ կանխատեսող մեթոդի վրա: Հետևաբար՝ անհրաժեշտ է ուսումնասիրել յուրաքանչյուր այլընտրանք: Նույնիսկ եթե մենք գործ ունենք այնպիսի իրավիճակի հետ, երբ պետք է կայացնել մի քանի նպատակներին վերաբերող որոշումներ, հարկ է առանձին-առանձին ուսումնասիրել յուրաքանչյուր նպատակ, դրանց այլընտրանքները, դրանք պայմանավորող չափանիշները և այլն: Այս մեթոդը կոչվում է բազմաչափանիշ որոշումների կայացման մեթոդ (Multicriteria decision making method (MCDM))¹⁰: Ակնհայտ է, որ այս մեթոդը կիրառվում է թե՛ առօրյա կյանքում, թե՛ կազմակերպությունների մակարդակով և թե՛ մակրոմակարդակի խնդիրներ լուծելիս: Այսինքն՝ տվյալ մեթոդի կիրառումը չունի ոլորտային կամ այլ սահմանափակումներ:

Այս մեթոդն ունի մի քանի բնութագրիչներ.

- Մեկից ավելի չափանիշներ՝ յուրաքանչյուր խնդիր ունի մի քանի չափանիշ, որոնք կարող են լինել թե՛ նպատակներ և թե՛ բնութագրիչներ:
- Չափանիշների հակադրություն՝ նույնիսկ մեկ խնդրի շրջանակում կարող են գոյություն ունենալ հակասական չափանիշներ:
- Չափելիության անհամադրելիություն՝ այդ չափանիշները կարող են ունենալ տարբեր չափման միավորներ:
- Այլընտրանքներ՝ այս մեթոդի նպատակն է կամ ընտրել գոյություն ունեցող այլընտրանքներից, կամ ձևավորել այլընտրանքներ:

Ինչպես նշվեց, գոյություն ունեն երկու տեսակի չափանիշներ՝ նպատակներ և գործոններ: Հետևաբար՝ MCDM խնդիրները կարող են բաժանվել երկու խմբի.

1. Բազմանպատակ որոշումների կայացում (Multiobjective decision making (MODM)):
2. Բազմագործոն որոշումների կայացում (Multiattribute decision making (MADM)):

Այս երկուսի տարբերությունն այն է, որ վերջինը կենտրոնանում է որոշումների բազմության շարունակականության վրա (հիմնականում օգտագործում է բազմաթիվ նպատակային ֆունկցիաներով մաթեմատիկական մոդելավորումը), մինչդեռ առաջինը կենտրոնանում է ընդհատ որոշումների բազմության վրա: Բացի այդ, անհրաժեշտ է նշել, որ շատ MODM մոդելներում այլընտրանքները ձևավորվում են ավտոմատ մոդելի կողմից, իսկ MADM մոդելներում այլընտրանքները պետք է ձևավորվեն օգտագործողի (հեղինակի, որոշում կայացնողի) կողմից:

Բազմանպատակային ծրագրավորման մեթոդը՝ բազմանպատակային գծային ծրագրավորումը (Multiple Objective Linear Programming (MOLP)), բազմաչափանիշ որոշումների կայացման խնդիրների լուծման ամենատարածված եղանակն է:

¹⁰ Տե՛ս **Benayoun R. et al.**, Linear programming with multiple objective functions: Step method (STEM). Mathematical programming 1.1 (1971), էջ 366-375:

Ակնհայտ է, որ այսպիսի խնդիրների լուծման համար գործում է քայլային մոտեցումը, երբ խնդրի լուծման յուրաքանչյուր քայլում կատարվում է մեկ գործողություն կամ գործողությունների խումբ: Ամենաառաջին մոտեցումներից մեկը վերոնշյալ խնդրի լուծման համար STEM մեթոդն է (Step Method):

Ինչպես նշվեց, MODM մեթոդը MCDM-ի շարունակական տարբերակն է, որի կիրառման ժամանակ որոշում կայացնողները պետք է միաժամանակ հասնեն մի քանի նպատակների իրագործման, որոնք գտնվում են հակասական դաշտերում և ունեն տարբեր չափողականություն:

Վերլուծություն: MODM մոդելն ենթադրում է որոշման փոփոխականների վեկտոր, նպատակային ֆունկցիաներ և սահմանափակումներ: Որոշում կայացնողները պետք է փորձեն նպատակային ֆունկցիաները հասցնել էքստրեմումի (մաքսիմումի կամ մինիմումի): Ընդհանուր առմամբ, մաթեմատիկորեն դա կարելի է նկարագրել այսպես.

$$(MODM) \begin{cases} \max f(x) \\ s. t. x \in S \end{cases}$$

որտեղ՝

$f(x)$ -ը միմյանց հակասող n նպատակային ֆունկցիաներն են,

x -ը՝ որոշման փոփոխականների n -չափանի վեկտորը, $x \in R^n$:

Արդեն նշել ենք, որ բազմանպատակային գծային ծրագրավորումը MODM խնդիրների լուծման լավագույն տարբերակն է, որի համար սահմանվում են էքստրեմումի ձգտող նպատակային ֆունկցիաները և սահմանափակումները: Հետևաբար՝ մոդելը կարող է գրվել հետևյալ կերպ.

$$(MODM) \begin{cases} \max f(x) = Cx \\ s. t. x \in S = \{x \in R^n \mid Ax \leq b, x \geq 0\} \end{cases}$$

որտեղ՝

C -ն $k \times n$ նպատակային ֆունկցիաների մատրիցն է,

A -ն՝ $m \times n$ սահմանափակումների մատրիցը,

b -ն՝ m -չափանի վեկտորը,

x -ը՝ որոշման փոփոխականների n -չափանի վեկտորը:

Լիարժեք օպտիմալ լուծման համար մենք գործ ունենք հետևյալ հասկացությունների հետ.

Բավարարող լուծում: Դա ենթադրում է բոլոր հնարավոր այլընտրանքների կրճատված հավաքածուն: Այլ կերպ՝ դա ընդունելի տարբերակների հավաքածուն է:

Նախընտրելի լուծում: Սա որոշում կայացնողների համար ընդունելի լուծում է, որին հասնում են համապատասխան տեղեկատվության մշակման արդյունքում:

STEM մեթոդի խնդիրն է հաշվել այս երկուսի հեռավորությունը: Դրա համար վերցնում ենք θ կշռային վեկտորը, որտեղ՝ $\sum_{i=1}^k \theta_i = 1$ և $\theta_i \geq 0$: Սրանք որոշում են Չեբիշևի կշռված ցուցանիշները.

$$\|f^x - f(x)\|_{\infty}^{\theta} = \max_{i=1, \dots, k} \{\theta_i |f_i^* - f_i(x)|\}$$

STEM մեթոդը

Այս մեթոդի հիմքում Չերիշևի հեռավորության մինիմալացման գաղափարն է: Մեթոդի յուրաքանչյուր փուլում կարող են բարելավվել/փոփոխվել որոշ նպատակներ՝ ի հաշիվ այլ նպատակների: Սակայն այս գործողության համար պետք է ներկայացվեն փոփոխություններ կատարելու նախապատվությունները $\{f_i, i \in \{1, \dots, s\} - J^{(h)}\}$, ինչպես նաև այն նպատակային ֆունկցիաները, որոնք պետք է թուլացվեն $f_i, i \in J^{(h)}$, և դրանց համապատասխան պահանջները $\Delta_{f_i}^{(h)}, i \in J^{(h)}$:

Մոդելի ընդհանուր ձևակերպումը կլինի.

$$\begin{aligned} & \min a \\ & s. t. w_i(f_i^* - f_i(x)) \leq a, i \in \{1, \dots, s\} - J^{(h)}, \\ & f_i(x) \geq f_i(x^{(h-1)}) - \Delta_{f_j}^{(h)}, j \in J^{(h)}, \\ & f_i(x) \geq f_i(x^{(h-1)}), j \in \{1, \dots, s\} - J^{(h)}, \\ & x \in S^{(h)} \\ & 0 \leq a \in R \end{aligned}$$

Սակայն այս մոդելն ունի նաև բարելավված տարբերակ¹¹: Այդ նպատակով իրականացվում են հետևյալ քայլերը.

Քայլ 1: Մաքսիմալացվում է յուրաքանչյուր նպատակային ֆունկցիա:

Ենթադրենք՝ $f_j^+, j = 1, \dots, k$ k խնդիրների լուծումներն են.

$$\begin{aligned} f_j^+ &= \max f_j(x) \\ s. t. x &\in S \end{aligned}$$

Արդյունքում ձևավորվում է հետևյալ մատրիցը.

$$\begin{array}{ccccccc} & f_1 & f_2 & \cdots & f_k \\ f_1 & f_1^+ & f_{12} & \cdots & f_{1k} \\ f_2 & f_{21} & f_2^- & \cdots & f_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_k & f_{k1} & f_{k2} & \cdots & f_k^+ \end{array}$$

որտեղ՝

j -ն f_j նպատակային ֆունկցիան մաքսիմումի հասցնող x^{j+} լուծումների վեկտորն է:

Քայլ 2: Անհրաժեշտ է մաքսիմալացնել յուրաքանչյուր նպատակային ֆունկցիա և կառուցել մեկ այլ մատրից, որը կներառի բացասական չափանիշների վեկտորը՝

$$\begin{aligned} & f^- \in R^k \\ & \text{Ենթադրենք՝ } f_j^-, j = 1, \dots, k \text{ } k \text{ խնդիրների լուծումներն են.} \\ & f_j^- = \min f_j(x) \\ & s. t. x \in S \end{aligned}$$

¹¹ Տե՛ս Izadikhah M., S. A. H. E. L. Alikhani, An improvement on STEM method in multi-criteria analysis, 2012, էջ 21-39:

$$\begin{array}{ccccc}
 f_1 & f_2 & \cdots & f_k \\
 f_1 & f_1^- & z_{12} & \cdots & z_{1k} \\
 f_2 & z_{21} & f_2^- & \cdots & z_{2k} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 f_k & z_{k1} & z_{k2} & \cdots & f_k^-
 \end{array}$$

Պետք է նաև հաշվի առնել, որ x^- -ը f^- -ի հակառակ արժեքն է:

Քայլ 3: Ենթադրենք՝ m_i -ն i -երորդ սյան նվազագույն արժեքն է առաջին մատրիցում:

Հաշվարկում ենք π_i արժեքները, որտեղ.

$$\pi_i = \begin{cases} \frac{f_i^+ - m_i}{f_i^+} \left[\sum_{j=1}^n c_{ij}^2 \right]^{-1/2} & , if \ f_i^+ > 0, \\ \frac{m_i - f_i^+}{m_i} \left[\sum_{j=1}^n c_{ij}^2 \right]^{-1/2} & , if \ f_i^+ \leq 0, \end{cases}$$

որտեղ՝

c_{ij} i -երորդ նպատակի գործակիցներն են:

Հետևաբար՝ կշռային գործակիցները կարող են հաշվարկվել հետևյալ կերպ.

$$\lambda_i = \frac{\pi_i}{\sum_{j=1}^k \pi_i}, i = 1, \dots, k$$

Այս կշռային գործակիցները ցույց են տալիս նպատակների արժեքների տարբերության ազդեցությունը որոշումների կայացման վրա: Եթե $f_i^+ - m_i$ արժեքը համեմատաբար փոքր է, $f_i(x)$ նպատակային ֆունկցիան կլինի քիչ զգայուն x լուծումների փոփոխություններին:

Քայլ 4: Ենթադրենք՝ n -ն i -երորդ սյան առավելագույն արժեքն է երկրորդ մատրիցում:

Հաշվարկում ենք π_i արժեքները.

$$\pi'_i = \begin{cases} \frac{n_i - f_i^-}{n_i} \left[\sum_{j=1}^n c_{ij}^2 \right]^{-1/2} & , if \ f_i^- > 0, \\ \frac{f_i^- - n_i}{f_i^-} \left[\sum_{j=1}^n c_{ij}^2 \right]^{-1/2} & , if \ f_i^- \leq 0, \end{cases}$$

որտեղ՝

c_{ij} i -երորդ նպատակային ֆունկցիայի գործակիցներն են:

Հետևաբար՝ կշռային գործակիցները կարող են հաշվարկվել հետևյալ կերպ.

$$\lambda'_i = \frac{\pi'_i}{\sum_{j=1}^k \pi'_i}, i = 1, \dots, k$$

Նույնկերպ՝ այս կշռային գործակիցները ցույց են տալիս նպատակների արժեքների տարբերության ազդեցությունը որոշումների կայացման վրա:

Քայլ 5: Հաշվարկվում է յուրաքանչյուր այլընտրանքի համար ստացված Z արժեքը, որը ներկայացնում է տվյալ լուծման ամենաանբարենպաստ (ամենաբարձր) հեռավորությունը՝ համապատասխանեցված չափանիշների նորմավորված տարբերակվածության արժեքների հաշվարկին:

Այս փուլում յուրաքանչյուր այլընտրանքի համար հաշվարկված Z արժեքների համեմատության միջոցով ընտրվում է այն լուծումը, որի Z արժեքը նվազագույնն է, այսինքն՝ այն լուծումը, որը, ընդհանուր առմամբ, ապահովում է լավագույն հավասարակշռությունը բոլոր նպատակային ֆունկցիաների միջև:

Այսպիսով՝ վերջնական լուծումը համարվում է այն x լուծումների վեկտորը, որի դեպքում՝ $Z = \max\{w_i \times d_i\}$ արտահայտությունը ընդունում է ամենափոքր արժեքը:

- Պետք է նաև նշել, որ ստացված արդյունքներում.
- Եթե տարբեր լուծումներն ունեն հավասար նվազագույն z արժեքներ, հնարավոր է ընտրել այն լուծումը, որն ունի առավելագույն ROI կամ նվազագույն ներդրում՝ ըստ որոշում կայացնողի գերակայությունների:
 - Եթե կա մեկ հստակ նվազագույն z , ապա դա համարվում է առավել նախընտրելի լուծում:

Ներդրումային նախագծերի գնահատում STEM մեթոդով

Վերևում նկարագրված մեթոդը կիրառենք իրական խնդրի պարագայում¹²: Փոքր ձեռնարկությունը նախատեսում է ներդրում կատարել 6 տարբեր նախագծերում (հակիրճ լինելու համար կոչենք դրանք A–F): Յուրաքանչյուր նախագիծ ունի իր տնտեսական բնութագրերը՝ ROI (%), ռիսկ, ներդրում (միավոր), վերադարձի ժամկետ (տարի), սոցիալական ազդեցություն (0–100) և էկոլոգիական ազդեցություն (0–100): Կառավարչի խնդիրն է ընտրել նախագծերի համադրություն՝ մաքսիմալացնելու ROI, սոցիալական և էկոլոգիական ցուցանիշները և մինիմալացնելու ռիսկը, ներդրումը և վերադարձի ժամկետը. ներդրման ընդհանուր ծախսը չպետք է գերազանցի 150 միավորը: STEM մեթոդով լուծման հիմնական քայլերն են՝ նպատակային ցուցանիշների սահմանում (առավելագույն/նվազագույն), չափանիշների կշիռների հաշվարկ և Չեբիշևի հեռավորությամբ լավագույն լուծման ընտրություն:

Աղյուսակ 1

Նախագծերի բնութագրեր

Նախագիծ	ROI (%)	Ռիսկ	Ներդրում	Վերադարձի ժամկետ	Սոցիալական (0–100)	Էկոլոգիական (0–100)
A	18	8	50	4	70	40
B	22	10	60	5	50	60
C	28	15	40	3	65	25
D	12	5	70	6	80	75
E	24	12	30	2	90	45
F	20	9	45	4	55	85

Նախ՝ դուրս բերենք «կատարյալ» տարբերակը՝ ըստ ցուցանիշների, համապատասխանաբար՝ առավելագույն և նվազագույն արժեքներով:

¹² Ներկայացված տվյալները տրամադրված են «Է.Ս.Ա.Ա.» ընկերության կողմից:

- ROI = 30% (E)
- Ռիսկ = 5 (D)
- Ներդրում = 30 (E)
- Վերադարձի ժամկետ = 2 տարի (E)
- Սոցիալական ազդեցություն = 90 (E)
- Էկոլոգիական ազդեցություն = 85 (F)

Ինչպես նաև դուրս բերենք «վատագույն» տարբերակը.

- ROI = 12% (D-ն՝ ամենացածր ROI-ն)
- Ռիսկ = 15 (C-ի ռիսկը ամենաբարձրն է)
- Ներդրում = 70 (D)
- Վերադարձի ժամկետ = 6 (D)
- Սոցիալական ազդեցություն = 50 (B)
- Էկոլոգիական ազդեցություն = 25 (C):

Անհրաժեշտ է նաև հաշվել «կատարյալ» և «վատագույն» տարբերակների տարբերությունները.

Աղյուսակ 2
«Կատարյալ» և «վատագույն» տարբերակների տարբերությունները

	«Կատարյալ» տարբերակ (f^+)	«Վատագույն» տարբերակ (f^-)	Տարբերություն ($f^+ - f^-$)
ROI	30	12	18
Ռիսկ	5	15	10
Ներդրում	30	70	40
Վերադարձի ժամկետ	2	6	4
Սոցիալական ազդեցություն	90	50	40
Էկոլոգիական ազդեցություն	85	25	60

Հաշվենք փոխհարաբերական կշիռներն ըստ թվարկված տատանումների՝ հետևյալ բանաձևի օգնությամբ.

$$w_j = \frac{f_j^+ - f_j^-}{\sum (f_k^+ - f_k^-)}$$

Ստացվում են՝

- $w_{ROI} = 18/172 \approx 0.105$
- $w_{Risk} = 10/172 \approx 0.058$
- $w_{Inv} = 40/172 \approx 0.233$
- $w_{Payback} = 4/172 \approx 0.023$
- $w_{Social} = 40/172 \approx 0.233$
- $w_{Env} = 60/172 \approx 0.349$:

Չեբիշևի հեռավորության հաշվարկ

Նախա- գիծ	<i>maxROI</i>	<i>minRisk</i>	<i>minInvest</i>	<i>minPayback</i>	<i>maxSocial</i>	<i>maxEnv</i>	<i>Z</i> <i>(max)</i>
A	$\frac{30 - 18}{18} \cdot 0.105 = 0.0698$	$\frac{8 - 5}{10} \cdot 0.058 = 0.0174$	$\frac{50 - 30}{40} \cdot 0.233 = 0.1163$	$\frac{4 - 2}{4} \cdot 0.023 = 0.0117$	$\frac{90 - 70}{40} \cdot 0.233 = 0.1163$	$\frac{85 - 40}{60} \cdot 0.349 = 0.2616$	0.2616
B	$\frac{30 - 22}{18} \cdot 0.105 = 0.0465$	$\frac{10 - 5}{10} \cdot 0.058 = 0.0291$	$\frac{60 - 30}{40} \cdot 0.233 = 0.1745$	$\frac{5 - 2}{4} \cdot 0.023 = 0.0175$	$\frac{90 - 50}{40} \cdot 0.233 = 0.2326$	$\frac{85 - 60}{60} \cdot 0.349 = 0.1453$	0.2326
C	$\frac{30 - 28}{18} \cdot 0.105 = 0.0116$	$\frac{15 - 5}{10} \cdot 0.058 = 0.0581$	$\frac{40 - 30}{40} \cdot 0.233 = 0.581$	$\frac{3 - 2}{4} \cdot 0.023 = 0.0058$	$\frac{90 - 65}{40} \cdot 0.233 = 0.1454$	$\frac{85 - 25}{60} \cdot 0.349 = 0.3488$	0.3488
D	$\frac{30 - 12}{18} \cdot 0.105 = 0.1050$	$\frac{5 - 5}{10} \cdot 0.058 = 0.0000$	$\frac{70 - 30}{40} \cdot 0.233 = 0.2326$	$\frac{6 - 2}{4} \cdot 0.023 = 0.0233$	$\frac{90 - 80}{40} \cdot 0.233 = 0.0582$	$\frac{85 - 75}{60} \cdot 0.349 = 0.0581$	0.2326
E	$\frac{30 - 24}{18} \cdot 0.105 = 0.0698$	$\frac{12 - 5}{10} \cdot 0.058 = 0.0407$	$\frac{30 - 30}{40} \cdot 0.233 = 0.0000$	$\frac{2 - 2}{4} \cdot 0.023 = 0.0000$	$\frac{90 - 90}{40} \cdot 0.233 = 0.0000$	$\frac{85 - 45}{60} \cdot 0.349 = 0.2325$	0.2325
F	$\frac{30 - 18}{18} \cdot 0.105 = 0.0582$	$\frac{9 - 5}{10} \cdot 0.058 = 0.0233$	$\frac{45 - 30}{40} \cdot 0.233 = 0.0872$	$\frac{4 - 2}{4} \cdot 0.023 = 0.0117$	$\frac{90 - 55}{40} \cdot 0.233 = 0.2035$	$\frac{85 - 85}{60} \cdot 0.349 = 0.0000$	0.2326

Այնուհետև՝ հաշվարկվում են նախագծերի Z-հեռավորությունները՝ ըստ Չեբիշևի մեթոդի. յուրաքանչյուր նախագծի համար հաշվարկվում է յուրաքանչյուր չափանիշի բացարձակ տարբերությունը «կատարյալ» տարբերակից՝ ըստ հետևյալ բանաձևի.

$$d_{ij} = \begin{cases} \frac{f_j^* - f_j(i)}{f_j^* - f_j^-}, & \text{երբ չափանիշ } j - \text{ն մաքսիմալացվում է,} \\ \frac{f_j(j) - f_j^*}{f_j^- - f_j^*}, & \text{երբ } j - \text{ն նվազեցվում է} \end{cases}$$

Այնուհետև անհրաժեշտ է դա բազմապատկել համապատասխան w_j կշռով: Ստացված արժեքներից վերցնում ենք ամենամեծը՝ Z-ը՝ որպես Չեբիշևի հեռավորություն:

Աղյուսակ 3-ում Z-ը նախագծի Չեբիշևի հեռավորության գնահատականն է (տողում նշված չափանիշներից ամենամեծը): Ստացվում է՝

- $Z_A \approx 0.2616$
- $Z_B \approx 0.2326$
- $Z_C \approx 0.3488$
- $Z_D \approx 0.2326$
- $Z_E \approx 0.2325$
- $Z_F \approx 0.2326$

Հետևաբար՝ STEM մեթոդով հաշվարկելիս առավելագույնի մոտ լուծում է ապահովում F նախագիծը:

Եզրակացություն: Վերլուծության արդյունքները ցույց են տալիս, որ STEM մեթոդը՝ հիմնված Չեբիշևի հեռավորության մինիմալացման վրա, հուսալի և կիրառելի գործիք է ներդրումային որոշումների բազմաչափ ընտրության գործընթացում: Ուսումնասիրվող խնդրում, երբ կառավարիչը պետք է միաժամանակ մաքսիմալացնի ROI-ն, սոցիալական և էկոլոգիական ազդեցությունը և նվազեցնի ռիսկը, ներդրումն ու վերադարձի ժամկետը՝ սահմանափակ ռեսուրսների պայմաններում, STEM մեթոդը հնարավորություն տվեց հասնելու հավասարակշռված լուծման:

Կշիռների հաշվարկի միջոցով տարբեր չափանիշներին վերագրվեց հարաբերական կարևորություն՝ կախված դրանց փոփոխականության միջակայքից: Այնուհետև նախագծերը գնահատվեցին իրենց հեռավորությամբ լավագույն լուծումից, և դրանցից ամենափոքրը (Չեբիշևի հեռավորություն) հնարավորություն տվեց գտնելու օպտիմալ տարբերակը: Վերլուծության արդյունքում պարզվեց, որ F նախագիծն ունի ամենափոքր հեռավորությունը լավագույն լուծումից, ինչը վկայում է դրա առավելությունը՝ համադրելով ներդրումային արդյունավետությունը, միջին ռիսկայնությունը և բարձր էկոլոգիական ցուցանիշը:

Այս արդյունքները հաստատում են, որ STEM մեթոդը ոչ միայն տեսակա-նորեն հիմնավորված է, այլ նաև գործնականում արդյունավետ է հատկապես այնպիսի իրավիճակներում, երբ անհրաժեշտ է հաշվի առնել հակասական նպատակներ և ընտրել ռացիոնալ լուծում բազմակի չափանիշների հիման վրա:

Օգտագործված գրականություն

1. Abdelfattah S., Kasmarik K., Hu J. (2019). A robust policy bootstrapping algorithm for multi-objective reinforcement learning in non-stationary environments. *Adaptive Behavior*, 28(4), 273-292, <https://doi.org/10.1177/1059712319869313>
2. Aburas H., Batarfi I., Bahshwan A., Alzahrani R., Qarout A. (2022). An multi-criteria decision-making based course assessment framework: development and application. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 33(4), <https://doi.org/10.7166/33-4-2549>
3. Benayoun R et al., Linear programming with multiple objective functions: Step method (STEM). *Mathematical programming* 1.1 (1971): 366-375.
4. Fechete F. and Nedelcu A. (2022). Multi-objective optimization of the organization's performance for sustainable development. *Sustainability*, 14(15), 9179, <https://doi.org/10.3390/su14159179>
5. Gui C., Lin W., Huang Z., Xin G., Jun X., Yang L. (2022). A decision-making algorithm for concrete-filled steel tubular arch bridge maintenance based on structural health monitoring. *Materials*, 15(19), 6920, <https://doi.org/10.3390/ma15196920>
6. Han S., Cohen L., Blum A., Mansour Y., Saha A., Walter M. (2023). Eliciting user preferences for personalized multi-objective decision making through comparative feedback, <https://doi.org/10.48550/arxiv.2302.03805>
7. Hayes C. (2021). A practical guide to multi-objective reinforcement learning and planning, <https://doi.org/10.48550/arxiv.2103.09568>
8. Izadikhah M., S. A. H. E. L. Alikhani, An improvement on STEM method in multi-criteria analysis. (2012): 21-39.
9. Khalifa H., Edalatpanah S., Božanić D. (2024). On min-max goal programming approach for solving piecewise quadratic fuzzy multi-objective de novo programming problems. *Syst. Anal.*, 2(1), 36-48, <https://doi.org/10.31181/sa21202411>
10. Lind A., Elango V., Hanson L., Högberg D., Lämkuil D., Mårtensson P., ... Syberfeldt A. (2023). Virtual-simulation-based multi-objective optimization of an assembly station in a battery production factory. *Systems*, 11(8), 395, <https://doi.org/10.3390/systems11080395>
11. Nishida R., Tanigaki Y., Onishi M., Hashimoto K. (2023). Multi-objective deep reinforcement learning for crowd route guidance optimization. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2678(5), 617-633, <https://doi.org/10.1177/03611981231190635>
12. Phuangpornpitak W., Boonchom W., Suphan K., Chiengkul W., Tantipanichkul T. (2024). Application of totpsis-lp and new routing models for the multi-criteria tourist route problem: the case study of nong khai, thailand. *Engineering Technology & Applied Science Research*, 14(4), 14929-14938, <https://doi.org/10.48084/etasr.7523>
13. Rashid M., Baba S., Shaheen F., Lone F., Raja T., Pathania S., ... Ahmad T. (2023). Multi-criteria decision making for water resource management: a case study of anchar lake, j& k, india. *Pollution Research*, 42(04), 473-475, <https://doi.org/10.53550/pr.2023.v42i04.011>

14. Sinha A. and Wallenius J. (2022). Mcdm, emo and hybrid approaches: tutorial and review. Mathematical and Computational Applications, 27(6), 112, <https://doi.org/10.3390/mca27060112>
15. Ulfah A. and Hasugian A. (2023). Decision support system for selection of healthy toddler using moora method. Sinkron, 8(3), 1736-1746, <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i3.12695>
16. Yatsuka T., Ishigaki A., Kinoshita Y., Yamada T., Inoue M. (2019). Control method of effect of robust optimization in multi-player multi-objective decision-making. American Journal of Operations Research, 09(04), 175-191, <https://doi.org/10.4236/ajor.2019.94011>
17. Zavadskas E., Antuchevičienė J., Kar S. (2019). Multi-objective and multi-attribute optimization for sustainable development decision aiding. Sustainability, 11(11), 3069, <https://doi.org/10.3390/su11113069>
18. Zheng J., Kou Y., Jing Z., Wu Q. (2019). Towards many-objective optimization: objective analysis, multi-objective optimization and decision-making. Ieee Access, 7, 93742-93751, <https://doi.org/10.1109/access.2019.2926493>
19. Zintgraf L., Roijers D., Linders S., Jonker C., Nowé A. (2018). Ordered preference elicitation strategies for supporting multi-objective decision making, <https://doi.org/10.48550/arxiv.1802.07606>

ԱՐԳԱՄ ԱՐՏԱՅԱՆ

Начальник отдела ИТ АГЭУ, кандидат экономических наук, доцент

ԱՆՆԱ ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

Ассистент кафедры экономической информации
и информационных систем в бизнесе АГЭУ

Применение метода STEM многокритериального принятия решений в процессе отбора инвестиционных проектов.— В настоящее время процессы принятия решений часто включают одновременно несколько целей, которые могут даже противоречить друг другу. Например, при выборе инвестиционного проекта один проект может обещать более высокую прибыль, но сопровождаться высоким риском, в то время как другой может принести более низкую прибыль, но обеспечить более стабильные результаты. В таких ситуациях традиционная одноцелевая оценка недостаточна, поскольку она не отражает влияние всех факторов. В этом смысле методы многоцелевой оптимизации направлены на одновременное рассмотрение и объединение различных критериев, в конечном итоге выбирая решение, которое является наилучшим в общем контексте по сравнению с другими доступными альтернативами. Применение таких методов особенно необходимо в областях, где решения имеют долгосрочные последствия, ресурсы ограничены, а ошибочный выбор может привести к

значительным потерям. Таким образом, многоцелевые оптимизационные модели обеспечивают обоснованный подход, позволяющий прогнозировать результаты и эффективно решать сложные и многосторонние задачи.

В статье представлен метод STEM, направленный на поиск оптимального решения путем минимизации расстояния Чебышева. Этот метод позволяет определить, какой вариант ближе всего к идеальному решению, учитывая отклонения по всем критериям. Метод особенно применим в ситуациях, когда решения требуют многосторонней оценки и необходимо найти сбалансированный подход между противоречивыми целями.

Помимо обсуждения практического примера, в статье также представлены теоретические основы метода STEM, структура его математического моделирования и применение в процессе выбора инвестиционных проектов, с акцентом на малые и средние предприятия. Особое внимание уделяется бюджетным ограничениям, рыночной неопределенности и эффективному управлению ресурсами. Результаты показывают, что метод STEM способствует принятию обоснованных, устойчивых и стратегических решений.

Ключевые слова: многоцелевое принятие решений, метод STEM, математическое моделирование, расстояние Чебышева

JEL: C44, G11

DOI: 10.52174/29538114_2025.1-148

ARGAM ARTASHYAN

Head of IT ASUE Department, PhD in Economics, Associate Professor

ANNA GABRIELIAN

Assistant, ASUE Chair of Economic Information and Information Systems in Business

Application of the STEM Method of Multi-Criterion Decision-Making in the Investment Project Selection Process.

Nowadays, decision problems often involve several simultaneous objectives, even incompatible ones. For instance, in selecting an investment project, one project can have higher profits but be uncertain, and another can have lower profits but more stable results. In such situations, the traditional single-objective analysis is not sufficient since it is not able to reflect the effect of every aspect. Multi-objective optimization methods, in this sense, attempt to simultaneously consider and combine various criteria, selecting the solution that, in a general sense, is best among other alternatives.

The application of such methods is particularly important in fields where decisions have long-term consequences, resources are limited, and an incorrect decision will lead to high losses. Multi-objective optimization models thus present a well-

established method, allowing outcome prediction and efficient solution of complex and multi-dimensional problems.

This paper introduces the STEM method, which seeks to find an optimum solution by minimization of the Chebyshev distance. The method allows one to determine which alternative is closest to the ideal decision, taking into account deviations on several criteria. The method has particular application where decisions are to be made on a multidimensional basis and a balance is required to reconcile conflicting objectives.

Aside from the real-world example discussion, the paper presents the theoretical foundation of the STEM approach, its mathematical modeling system, and its application to the selection of investment projects with a focus on small and medium-sized enterprises. Special attention is paid to budgeting limitations, market uncertainty, and efficient management of resources. The results indicate that the STEM approach allows one to make substantiated, stable, and strategic decisions.

Keywords: *Multi-objective decision-making, STEM method, mathematical modeling, Chebyshev distance*

JEL: C44, G11

DOI: 10.52174/29538114_2025.1-148