

**А.О. Хомяк, магістр,
В.П. Розен, д.т.н., проф.,
Г.І. Старожилова, к.т.н., доц.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського**

МЕТОД МАКСИМАЛЬНО–СЕРЕДНЬОГО ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ОДНОРІДНОГО РЕСУРСУ

**A. Khomiak, master,
V. Rozen, Dr. Eng. Sc., Prof.,
H. Starozhilova, Cand. Eng. Sc., Assoc. Prof.,
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute**

METHOD OF MAXIMUM–AVERAGE REDISTRIBUTION OF A HOMOGENEOUS RESOURCE

В статті розглядається метод прийняття рішень, заснований на розподілі однорідних ресурсів між об'єктами з різними кількісними показниками впливу, у разі дефіциту залучених ресурсів. Метод може бути використаний у системах прийняття рішень у разі розподілу таких однорідних ресурсів, як: кошти, електрична та теплова енергія, вода тощо.

Мета та завдання: підвищення адекватності результатів розподілу дефіцитних ресурсів шляхом розроблення методу розподілу ресурсу в інтелектуальних системах прийняття рішень за умови дефіциту або надлишку однорідного ресурсу. Для вирішення мети необхідно розробити математичне забезпечення методу максимально–середнього перерозподілу ресурсу.

Розроблено метод максимально–середнього перерозподілу однорідного ресурсу, розглянуто приклад застосування методу. Метод дозволяє розподіляти весь наявний однорідний ресурс, отримувати перевагу в ефекті від впровадження перед іншими існуючими методами, за певних умов та початкових даних. За рахунок нового алгоритму розподілу однорідного ресурсу та простоти розрахунків даний метод може знайти широке застосування під час розподілу дефіцитних ресурсів. Метод має співставні результати з методом пропорційного ділення у випадках, коли об'єкти з великими запитуваними ресурсами мають значні показники впливу, і навпаки, показники погіршуються, коли об'єкти з невеликими запитуваними ресурсами мають значний вплив на систему.

Запропонована нова методика розрахунку перерозподілу однорідного ресурсу за встановленим критерієм. Вперше вирішена поставлена задача з використанням методу максимально–середнього перерозподілу однорідного ресурсу.

Метод максимально–середнього перерозподілу однорідного ресурсу може знайти широке застосування при розподілі коштів на впровадження енергозберігаючих заходів, а також в усіх галузях промисловості, економічній сфері та інших сферах, де існує необхідність в застосуванні інтелектуальних систем прийняття рішень. Застосування методу дозволяє вирішувати задачі з розподілом ресурсів за умови їх дефіциту або надлишку. У разі надлишку ресурсів алгоритм застосування методу залишається тим самим.

Ключові слова: *Інтелектуальні системи, прийняття рішень, розподіл ресурсів, збитки, максимально–середній перерозподіл ресурсу.*

ВСТУП

На теперішній час процес декарбонізації набуває світових масштабів, а отже чиста енергія та заходи з енергозбереження виходять на перший план. Для впровадження енергозберігаючих заходів використовують кошти виділені центром прийняття рішень. Під однорідними ресурсами розуміються: кошти, електрична енергія, вугілля тощо.

Важливим засобом вдосконалення управління в таких системах може слугувати перерозподіл ресурсів. Перерозподіл дозволяє більш ефективно використовувати наявні ресурси, коректувати їх плановий розподіл, забезпечувати скорочення дефіциту без залучення додаткових зовнішніх ресурсів. Відсутність ефективного перерозподілу ресурсу призводить до зниження продуктивності систем, виникненню надлишкових запасів ресурсу [5].

Значення такого роду перерозподілу ресурсів особливо зростає при наявності великої кількості власників ресурсу, так як створюються можливості для взаємного задоволення більшої кількості власників ресурсу [5].

На теперішній час існують методи розподілу однорідного ресурсу: метод аукціону, метод прямих пріоритетів, метод зворотних пріоритетів, метод ітераційного розподілу енергоресурсу, метод відкритого управління, конкурсний метод, пропорційний метод [3, 4]. Але кожен з цих методів мають недоліки, які, за певних обставин, не дозволяють розв'язати поставлену задачу. Тому було запропоновано використовувати метод максимально–середнього перерозподілу однорідного ресурсу.

Метод максимально–середнього перерозподілу однорідного ресурсу може знайти широке застосування в усіх галузях промисловості, економічній сфері та інших сферах, де існує необхідність в застосуванні інтелектуальних системах прийняття рішень. Застосування методу дозволяє вирішувати задачі з розподілом ресурсів за умови їх дефіциту або надлишку. У разі надлишку ресурсів алгоритм застосування методу залишається тим самим.

Мета та завдання: підвищення адекватності результатів розподілу дефіцитних ресурсів шляхом розроблення методу розподілу ресурсу в інтелектуальних системах прийняття рішень за умови дефіциту або надлишку однорідного ресурсу. Для вирішення мети необхідно розробити математичне забезпечення методу максимально–середнього перерозподілу ресурсу.

Огляд сучасної літератури та існуючих методів:

До найбільш поширених методів розподілу однорідного ресурсу відносять пропорційний метод [1, 2], який не завжди є коректним, в зв'язку з тим, що в залежності від умови задачі, може виникати необхідність враховувати додаткові параметри, які не закладені в алгоритм розрахунку методу. Відповідно до цих умов виникає необхідність застосовувати інші методи розрахунку, що задовольняють умовам задачі.

Метод зворотних пріоритетів [1, 2] базується на припущенні що, чим менше використовується однорідний ресурс, тим ефективніше він використовує свій ресурс. Основною перевагою даного методу є те, що не відбувається невинного завищення заявок на однорідний ресурс. Недоліком є те, що кожен із споживачів скоріш за все отримає ресурс менше, ніж заявляє.

Конкурсний метод [1, 2] застосовується тоді, коли недоцільно задовольняти заявки споживачів в неповному об'ємі. В цьому методі центр прийняття рішень проводить конкурс заявок. Переможці конкурсу повністю отримують необхідний ресурс, а решта не отримують нічого. Недоліком даного механізму в тому, що без ефективного контролю споживачі можуть завищувати ефект від свого проекту, на який виділено ресурс.

У разі використання методу відкритого управління [1, 2] розподілення ресурсів проводиться в декілька етапів. На першому етапі ресурс розподіляють порівну між усіма споживачами. Якщо заявки виявились меншими, ніж розподілені ресурси на першому етапі, то вони повністю задовольняються. Тим самим кількість споживачів зменшується. За таким принципом проходять наступні етапи. На одному з наступних етапів ресурсу, що залишився, може не вистачити, тому решту поділять порівну між усіма споживачами, що залишились.

Як правило, замовники енергозберігаючих заходів замовляють більше значення коштів, ніж кількість коштів, якою володіє центр прийняття рішень.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Матеріал та результати досліджень.

Змістовне формулювання задачі.

Нехай досліджувана складна система містить скінчену множину підсистем, що мають спільний однорідний ресурс: кошти, які використовуються для впровадження енергозберігаючих заходів. В умовах дефіциту однорідного ресурсу виникає необхідність розподілу за встановленим критерієм. Тому виникає необхідність розробки нових методів прийняття рішень, які б значно підсилювали можливості у розв'язанні подібних задач.

Математичне формулювання задачі.

Нехай досліджувана система складається зі скінченної множини об'єктів i_n . Кожен об'єкт характеризує: S_i – запитуваний ресурс, A_i – ефект від впровадження енергозберігаючих заходів S_i . В умовах дефіциту однорідного ресурсу, що підлягає розподілу, виникає необхідність визначення кількості ресурсу для кожного з об'єктів. В результаті застосування методу максимально–середнього перерозподілу однорідного ресурсу для вирішення задачі отримуємо наступні параметри: y' – кількість збитків, яких вдалось уникнути, y – реальні збитки, завдані недофінансуванням, x – отримана кількість ресурсу об'єктом

Алгоритм застосування методу максимально–середнього перерозподілу однорідного ресурсу:

- 1) Знаходимо недоотримані ресурси за формулою:

$$\Delta S = \sum S_i - S_3 \quad (1.1)$$

де

ΔS – недоотримані ресурси;

$\sum S_i$ – сума усіх запитуваних ресурсів;

S_3 – залучені ресурси.

- 2) Розподілимо порівну недоотримані ресурси між об'єктами

$$\Delta S_{qn} = \frac{\Delta S}{\sum i_n} \quad (1.2)$$

де

ΔS_{qn} – недоотримані часткові ресурси n -ої ітерації,

$\sum i_n$ – сумарна кількість підприємств відповідної ітерації

- 3) Порівнюємо S_i з ΔS_{qn} :

Якщо, $S_i \leq \Delta S_{qn}$, тоді об'єкт, що відповідає такій умові, ресурс отримувати не буде. У такому випадку необхідно розподілити недоотримані ресурси між об'єктами, що відповідають умові $S_i > \Delta S_{qn}$. Для цього, знайдемо різницю по модулю надлишково недоотриманих ресурсів за наступною формулою:

$$S'_i = |S_i - \Delta S_{qn}| \quad (1.3)$$

де S'_i – надлишково недоотриманий ресурс

Розподілимо надлишково недоотриманий ресурс між об'єктами, що відповідають вимозі $S_i > \Delta S_{чп}$ за формулою:

$$\Delta S_{ч(n+1)} = \frac{\sum S'_i}{i_{n+1}} + \Delta S_{чп} \quad (1.4)$$

Повторюємо даний пункт, до виконання умови $S_i > \Delta S_{чп}$ для всіх об'єктів, що залишились.

4) Знаходимо отриману кількість ресурсу об'єктом за наступною формулою:

$$x_i = S_i - \Delta S_{чп} \quad (1.5)$$

де

$\Delta S_{чп}$ – кінцеві часткові недоотримані ресурси між об'єктами після останньої ітерації.

5) Знаходимо кількість збитків, яких вдалось уникнути:

$$y'_i = \frac{A_i * x_i}{S_i} \quad (1.6)$$

6) Знаходимо реальні збитки, створені через недостачу ресурсу:

$$y_i = A_i - y'_i \quad (1.7)$$

7) Виконуємо перевірку отриманих результатів та записуємо відповідь:

$\sum y$ – сумарні реальні збитки, завдані недостачею ресурсу;

$\sum x$ – сумарна кількість використаного ресурсу.

Для перевірки отриманих результатів необхідно, щоб виконувалась умова с заданою точністю розрахунку: $\sum x \leq S_3$

Приклад.

На потреби впровадження енергозберігаючих заходів 15 загальних середніх закладів освіти (ЗСЗО) планують залучити зовнішні кошти S_i . Для цього кожен загальноосвітній заклад надав до верхнього рівня управління прогнозовані показники, необхідні для проведення заходів представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Зведені результати розрахунку

i	S_i , тис. грн	A_i , тис. грн	y'_i	y_i	x_i
1	4200	175	164,478	10,522	3947,46
2	3750	148	138,033	9,967	3497,46
3	3180	114	104,947	9,053	2927,46
4	2470	96	86,185	9,815	2217,46
5	2100	77	67,740	9,26	1847,46
6	1860	81	70,002	10,998	1607,46
7	1690	74	62,942	11,058	1437,46
8	1200	68	53,519	14,481	944,46
9	980	44	32,661	11,339	727,46
10	930	21	15,298	5,702	677,46
11	690	29	18,386	10,614	437,46
12	479	13	6,146	6,854	226,46
13	320	16	3,373	12,627	67,46
14	66,98	4,4	0	4,4	0
15	34	2	0	2	0

$$\sum S_i = 23\,950 \text{ тис. грн}$$

Проте, верхній рівень управління виділив суму S_3

$$S_3 = 20\,566 \text{ тис. грн}$$

Дефіцит однорідного ресурсу (коштів) складає:

$$\Delta S = \sum S_i - S_3 = 23\,950 - 20\,566 = 3\,384 \text{ тис. грн}$$

Отже, загальноосвітні заклади недоотримали майже 3,5 мільйони гривень.

Виникає питання, як розподілити залучені кошти між ними.

1) Розділимо недоотриману суму на кількість закладів освіти:

$$3\,384 : 15 = 225,6 \text{ тис. грн.}$$

2) Знаходимо загальноосвітні заклади, які надали дані, менші за недоотриману суму на кожен заклад освіти окремо. В даному прикладі такими є школи №14 та №15. Вважаємо, що внесок цих закладів освіти є несуттєвим і, тому, кошти їм надані не будуть. Фактично, школи №14 та №15 надалі не приймають участь у розподілі коштів, заклади що залишились розподіляють між собою недостачу.

Школа №14:

$$S'_{14} = |66,98 - 225,6| = 158,62 \text{ тис. грн}$$

Школа №15:

$$S'_{15} = |34 - 225,6| = 191,6 \text{ тис. грн}$$

3) Просумуємо дефіцит коштів 14 та 15 загальних середніх закладів освіти та розділимо між учасниками, що залишились.

$$S_H = 158,62 + 191,6 = 350,22 \text{ тис. грн.}$$

$350,22 : 13 = 26,94$ тис. грн – сума, яку необхідно додатково відняти від інвестиційних коштів.

4) Просумуємо дефіцитні суми на кількість закладів освіти:

$$225,6 + 26,94 = 252,54 \text{ тис. грн.}$$

Через те, що сума необхідних інвестицій в інші школи більша, ніж сума недоотриманих коштів – необхідності ще в одному перерозподілі немає. Якщо після перерозподілу недоотримана сума буде більша, ніж заявлена, тоді робимо ще один перерозподіл за принципом, який вказаний в пункті 2, 3 та 4.

5) Від заявлених коштів віднімаємо кінцеву недоотриману суму. $x_i = S_i - \Delta S_{\text{чкл}}$

Таблиця 2 – Отримана кількість ресурсу об'єктом

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
3947,46	3497,46	2927,46	2217,46	1847,46	1607,46	1437,46
x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	
944,46	727,46	677,46	437,46	226,46	67,46	

6) За допомогою пропорції знаходимо кількість збитків, яких вдалось уникнути. $y'_i = \frac{A_i \cdot x_i}{S_i}$

Таблиця 3 – Кількість збитків, яких вдалось уникнути

y'_1	y'_2	y'_3	y'_4	y'_5	y'_6	y'_7
164,478	138,033	104,947	86,185	67,740	70,002	62,942
y'_8	y'_9	y'_{10}	y'_{11}	y'_{12}	y'_{13}	
53,519	32,661	15,298	18,386	6,146	3,373	

7) Знаходимо реальні збитки завдані недофінансуванням.

$$y_i = A_i - y'_i$$

Таблиця 4 – Реальні збитки, отримані через дефіцит

y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7
10,522	9,967	9,053	9,815	9,26	10,998	11,058
y_8	y_9	y_{10}	y_{11}	y_{12}	y_{13}	
14,481	11,339	5,702	10,614	6,854	12,627	

$$\sum y = 138,69$$

$\sum x = 20\,562,98$ тис. грн.

$20\,566 - 20\,562,98 = 3,02$ тис. грн. було втрачено при округленні до 3 знаку після коми, що складає 0,01468% від загальної суми.



Рисунок 1 – Діаграма залежності запитуваного однорідного ресурсу від отриманого

З діаграми видно, що група стовпців діаграми, що відповідає отриманому однорідному ресурсу, після перерозподілу цього ресурсу, повторює форму групи стовпців діаграми, що відповідає запитуваному однорідному ресурсу.

ВИСНОВКИ

Отже, розроблено метод максимально–середнього перерозподілу однорідного ресурсу, розглянуто приклад застосування методу. Метод дозволяє розподіляти весь наявний однорідний ресурс, отримувати перевагу в ефекті від впровадження перед іншими існуючими методами, за певних умов та початкових даних. За рахунок нового алгоритму розподілу однорідного ресурсу та простоти розрахунків даний метод може знайти широке застосування під час розподілу дефіцитних ресурсів. Метод має співставні результати з методом пропорційного ділення у випадках, коли об’єкти з великими запитуваними ресурсами мають значні показники впливу, і навпаки, показники погіршуються, коли об’єкти з невеликими запитуваними ресурсами мають значний вплив на систему.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Б.Г. Литвак, *Экспертные оценки и принятие решений*. Москва: Патент, 2010, с. 13–24.
- [2] Б.Г. Литвак, *Разработка управленческого решения*. Учебник. Москва: Издательство «Дело», 2017.
- [3] А.В. Праховник, П.Я. Екель, и А.Ф. Бондаренко, *Модель та методи оптимізації і керування режимами систем електропостачання: Монографія* Киев: ІСДО, 1994.
- [4] В.П. Калінчик, І.В. Калінчик, А.Д. Лук’янук, та А.О. Ткачук, *Оптимальне управління електричним навантаженням*. Киев: НТУУ «КПІ», квіт. 2012.
- [5] М.Б. Кацнельсон, *Перераспределение ресурсов*. Москва: Издательство «Наука», 1985, с. 3–14.

Стаття надійшла до редакції 10.03.2021