УДК 519.87
DOI: 10.32626/2308-5916.2021-22.50-58

А. В. Гончаров*, канд. техн. наук,
С. О. Могілей**, аспірант

*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси,
**Східноєвропейський університет імені Рауфа Аблязова, м. Черкаси

МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ БІЗНЕС-МОДЕЛЕЙ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

В умовах глобалізації світової економіки все більш гостро постає проблема якісного транспортного забезпечення підприємницької діяльності. В першу чергу це актуально для великих бізнес-структур, транснаціональних корпорацій та інших суб’єктів господарювання національного та міжнародного масштабу. При цьому процес реалізації логістичних перевезень обов’язково передбачатиме використання багатьох видів транспорту. Особливий науково-практичний інтерес в цьому контексті представляють мультимодальні транспортні перевезення, — тобто, такі перевезення, які передбачають одночасне (паралельне) використання кількох засобів доставки вантажів.

Крім того, в дослідженні велику увагу приділено критеріям оптимізації мультимодальних транспортних перевезень — це, в свою чергу, дає змогу сформулювати досліджувану задачу (модель) як багатокритеріальну задачу оптимізації. Розглянуто ряд відомих методів реалізації такої задачі та окреслено основні особливості їх застосування. Також розкрито питання використання спеціальних програмних засобів для реалізації наведеної бізнес-моделі.

При постановці задачі дослідження бізнес-модель сконструйована максимально універсально — таким чином, щоб результати досліджень можна було поширити на увесь клас аналогічних моделей без внесення суттєвих змін в алгоритм їх реалізації.

Тому об’єктом даного дослідження є бізнес-модель мультимодального транспортного підприємства, а предметом — методи реалізації такої моделі. Мета дослідження полягає у вивченні різноманітних підходів до розв’язання задач багатокритеріальної оптимізації та аналізі особливостей їх застосування до реалізації прикладних моделей транспортної логістики. В роботі визначено найбільш оптимальний з запропонованих методів та наведено його алгоритм для розв’язання двокритеріальної мультимодальної транспортної задачі. Для демонстрації роботи алгоритму використано як реальні, так і модельні дані.

Ключові слова: *бізнес-модель, мультимодальна транспортна задача, багатокритеріальна оптимізація, транспортне підприємство.*

Вступ. Останнім часом як в теоретичній науці, так і у господарській практиці доволі популярним методом дослідження став процесний підхід, який полягає у створенні і аналізі бізнес-моделі та бізнес-процесів того чи іншого підприємства з метою підвищення ефективності його роботи [1]. Такий підхід особливо поширений в торгівельній [2], а також транспортній галузях. Стосовно останньої можна говорити про наявність досліджень в сферах автотранспорту [3], судноплавства [4] та авіації [5].

Втім, відносно транспорту більш цікавими є насамперед комплексні дослідження підприємств цієї галузі. Зокрема, таких суб'єктів господарської діяльності, які в своїй роботі послуговуються кількома видами транспорту, — або мультимодальних транспортних підприємств.

Приклад бізнес-моделі мультимодального транспортного підприємства наведено в [6]. Дана модель передбачає наявність трьох засобів доставки вантажів — автомобільного, залізничного та річкового (внутрішнього водного). В основі такої бізнес-моделі лежить мультимодальна транспортна задача, яка полягає у визначенні оптимального плану мультимодальних перевезень вантажів з пунктів відправки до пунктів доставки. Головною особливістю задачі є наявність в її постановці кількох цільових функцій мінімізації (собівартості та ризику перевезень). Тобто, дана мультимодальна транспортна задача відноситься до багатокритеріальних задач оптимізації.

Алгоритми побудови опорних планів такої задачі за кожним з критеріїв оптимізації є відомими [6-8] і в межах даного дослідження окремо обговорюватися не будуть. Достатньо припустити, що такі оптимальні опорні плани отримано для кожної цільової функції, — і залишається розв'язати саме задачу багатокритеріальної оптимізації. Результатом реалізації такої задачі буде опорний план транспортних перевезень, оптимальний для всіх оптимізаційних критеріїв.

Щодо вибору конкретного методу багатокритеріальної оптимізації, то в дослідженні [6] було запропоновано використати для реалізації даної задачі метод зважених сум. Проте, варто зазначити, що подібні методи (ті, які використовують згортку цільових функцій) часто піддаються критиці [9], а тому провідним методом даного дослідження обрано метод послідовних поступок [10].

Програмними засобами реалізації досліджуваної бізнес-моделі можуть бути такі відомі прикладні математичні пакети як MS Excel, Mathcad та Matlab [8]. Крім того, деякі вчені пропонують використовувати механізм web-сервісів, в тому числі і власної розробки [11, 12].

Постановка задачі. Оскільки задача умовної оптимізації може бути зведена до задачі безумовної оптимізації, то в постановці даної задачі не буде враховуватися множина обмежень. Критеріями оптимізації задачі визначено цільові функції мінімізації собівартості та ризику мультимодальних транспортних перевезень:

$$\begin{cases} S = \sum\limits_{i,j=1}^{m,n} a_{ij} x_{ij} + \sum\limits_{i,j=1}^{m,n} b_{ij} y_{ij} + \sum\limits_{i,j=1}^{m,n} c_{ij} z_{ij} \to \min, \\ R = \sum\limits_{i,j=1}^{m,n} f_{ij} x_{ij} + \sum\limits_{i,j=1}^{m,n} g_{ij} y_{ij} + \sum\limits_{i,j=1}^{m,n} h_{ij} z_{ij} \to \min, \end{cases} \quad (1)$$

де $i = \overline{1,n},\ j = \overline{1,m}$ — n пунктів відправки та m пунктів доставки; x_{ij}, y_{ij}, z_{ij} — кількість одиниць товару, що перевозиться з i-го пункту відправки до j-го пункту доставки відповідно автомобільним, залізничним та водним транспортом; a_{ij}, b_{ij}, c_{ij} — вартість перевезення одиниці товару з i-го пункту відправки до j–го пункту доставки відповідно автомобільним, залізничним та водним транспортом; f_{ij}, g_{ij}, h_{ij} — ризик аварії при перевезенні вантажу з i-го пункту відправки до j-го пункту доставки відповідно автомобільним, залізничним та водним транспортом; S, R — функції собівартості та ризику відповідно.

Як було зазначено вище, оптимальні опорні плани за критеріями мінімізації (1) вважатимемо відомими:

$$\begin{cases} T_S = (t_{ij}^S), \\ T_R = (t_{ij}^R), \end{cases} \quad (2)$$

де T_S, T_R — матриці оптимальних опорних планів за критеріями собівартості та ризику відповідно, а t_{ij}^S, t_{ij}^R — відповідно елементи цих матриць.

Позначимо матрицю шуканого оптимального плану через $T = (t_{ij})$ і визначимо метод її відшукання.

Очевидно, план T є «компромісним» відносно планів виду (2). В [6] до його відшукання застосовано метод зважених сум, згідно якого необхідно мінімізувати наступну функцію F:

$$F = w_S \cdot S + w_R \cdot R \to \min, \quad (3)$$

де w_S, w_R — вагові коефіцієнти (додатні) відповідних цільових функцій, причому $w_S + w_R = 1$.

Також вираз (3) можна подати в іншому вигляді:

$$\begin{gathered} T = K_S \otimes T_S + K_R \otimes T_R \to \min; \\ t_{ij} = k_{ij}^S \cdot t_{ij}^S + k_{ij}^R \cdot t_{ij}^R, \end{gathered} \quad (4)$$

де K_S, K_R — матриці вагових коефіцієнтів (додатних) відповідних опорних планів, причому $K_S + K_R = k_{ij}^S + k_{ij}^R = 1$ (по відповідних елементах).

Проблема виникає в інтерпретації правих частин виразів (3) і (4). Її сутність полягає в тому, що собівартість вимірюється в грошових одиницях, а рівень ризику — в умовних. Тому важко в коректний спосіб встановити розмірність, наприклад, функції *F*. Для усунення даної суперечності необхідно додатково нормувати показники собівартості та ризику, чого в межах даного дослідження виконано не буде. Натомість, варто шукати інші методи багатокритеріальної оптимізації, алгоритми яких уникають побудови згортки цільових функцій. Одним з таких методів є метод послідовних поступок.

Реалізація задачі за допомогою методу послідовних поступок. Даний метод полягає у визначенні основного критерію оптимізації та поступовому «віддаленні» значення відповідної цільової функції від оптимального [10]. Визначивши в якості основного критерій мінімізації цільової функції собівартості *S*, наведемо алгоритм методу послідовних поступок для задачі (1):

1. Порівнюємо відповідні елементи матриць T_S, T_R. Фіксуємо ті елементи, що співпадають між собою, та в подальшому залишаємо їх без змін.

Щодо тих елементів, які між собою не співпадають, можливо два випадки:

1) якщо $t_{ij}^S > t_{ij}^R$, то $t_{ij}^S > t_{ij} > t_{ij}^R$;

2) якщо $t_{ij}^S < t_{ij}^R$, то $t_{ij}^S < t_{ij} < t_{ij}^R$.

2. Позначимо через $\Delta < \min | t_{ij}^S - t_{ij}^R |$ величину (крок) поступки, яку будемо послідовно застосовувати до основного опорного плану (оптимального за критерієм *S*). Тоді перша послідовна поступка буде:

1) якщо $t_{ij}^S > t_{ij}^R$, то $t_{ij}^S := t_{ij}^S - \Delta$;

2) якщо $t_{ij}^S < t_{ij}^R$, то $t_{ij}^S := t_{ij}^S + \Delta$.

3. Зазначимо, що змінюваний елемент t_{ij}^S можна обирати довільно. Проте, оскільки він знаходиться на перетині *i*-го рядка та *j*-го стовпчика, то суми елементів цих рядка та стовпчика з урахуванням поступок повинні залишатися незмінними. Отже, якщо змінюваний елемент t_{ij}^S, наприклад, збільшити на величину поступки Δ, то принаймні один елемент як *i*-го рядка, так і *j*-го стовпчика треба зменшити на Δ. Тобто, змі-

на одного елемента опорного плану приведе до утворення скінченної кількості нових опорних планів, серед яких необхідно обрати оптимальний за основним критерієм оптимізації. Тому, після отримання множини нових опорних планів, переходимо до наступного пункту.

4. Знаходимо новий оптимальний опорний план, обчисливши значення цільових функцій *S* та *R*. Якщо вони є задовільними з точки зору ОПР (особи, яка приймає рішення), то пункт 2 виконується ще раз, — допоки величина поступок не призведе до незадовільного значення принаймні одного з критеріїв оптимізації.

Остання задовільна поступка стосовно опорного плану T_S і є розв'язком задачі (1). Тобто, на цій ітерації $T_S = T$.

Більш детально продемонструємо роботу даного алгоритму на прикладі.

Приклад реалізації поставленої задачі. Для прикладу використаємо дані, отримані в дослідженні [6]. Так, матриці (2) будуть дорівнювати:

$$T_S = \begin{pmatrix} 0 & 400 & 80 \\ 320 & 100 & 0 \\ 0 & 0 & 300 \end{pmatrix}, \; T_R = \begin{pmatrix} 320 & 0 & 160 \\ 0 & 200 & 220 \\ 0 & 300 & 0 \end{pmatrix}.$$

Також наведемо значення так званих матриць Штейнера [6, 7]:

$$St_S = \begin{pmatrix} 372.02 & 230 & 38 \\ 331.36 & 223.6 & 76 \\ 404.32 & 296.4 & 88.16 \end{pmatrix}, \; St_R = \begin{pmatrix} 0.01 & 0.06 & 0.02 \\ 0.05 & 0.03 & 0.05 \\ 0.05 & 0.04 & 0.08 \end{pmatrix}.$$

Нагадаємо, що справедливі наступні рівності [6]:

$$\begin{aligned} S_{\min} &= St_S \times T_S; \\ R_{\min} &= St_R \times T_R. \end{aligned} \tag{5}$$

Результат відношення виду $A \times B$, де $A = (a_{ij}), B = (b_{ij})$ є матрицями однакової розмірності, є скаляром та має вигляд:

$$A \times B = (a_{ij}) \times (b_{ij}) = \sum_{i,j=1}^{m,n} a_{ij} b_{ij} . \tag{6}$$

Застосуємо наведений вище алгоритм методу послідовних поступок:

1. При порівнянні відповідних елементів матриць T_S, T_R робимо висновок, що всі вони різні, крім $t_{31} = 0$.
2. Припустимо, що $\Delta = 1$. Змінюваним елементом буде t_{11} .

Оскільки $t_{11}^S < t_{11}^R$, то $t_{11}^S := t_{11}^S + \Delta$. Тобто, $t_{11}^S := 1$.

3. Така поступка породжує множину нових опорних планів T_S :

$$T_S^1 = \begin{pmatrix} 1 & 400 & 79 \\ 319 & 100 & 1 \\ 0 & 0 & 300 \end{pmatrix};$$

$$T_S^2 = \begin{pmatrix} 1 & 399 & 80 \\ 319 & 100 & 1 \\ 0 & 1 & 299 \end{pmatrix};$$

$$T_S^3 = \begin{pmatrix} 1 & 399 & 80 \\ 319 & 101 & 0 \\ 0 & 0 & 300 \end{pmatrix}.$$

Насправді, цих планів набагато більше — тут наведені матриці лише тих з них, в яких кожен з елементів змінився на величину, не більшу за Δ. Так, наприклад, можливим є опорний план, в якому другий рядок матиме вигляд (319 99 2), проте, в такому випадку елемент t_{23} зміниться на $2 > \Delta$. Для більш якісної демонстрації ці випадки розглядатися не будуть.

4. Згідно (5) обчислимо:

$$S_{\min}^1 = St_S \times T_S^1 = \begin{pmatrix} 372.02 & 230 & 38 \\ 331.36 & 223.6 & 76 \\ 404.32 & 296.4 & 88.16 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 400 & 79 \\ 319 & 100 & 1 \\ 0 & 0 & 300 \end{pmatrix} = 249961.9;$$

$$S_{\min}^2 = St_S \times T_S^2 = \begin{pmatrix} 372.02 & 230 & 38 \\ 331.36 & 223.6 & 76 \\ 404.32 & 296.4 & 88.16 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 399 & 80 \\ 319 & 100 & 1 \\ 0 & 1 & 299 \end{pmatrix} = 249978.1;$$

$$S_{\min}^3 = St_S \times T_S^3 = \begin{pmatrix} 372.02 & 230 & 38 \\ 331.36 & 223.6 & 76 \\ 404.32 & 296.4 & 88.16 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 399 & 80 \\ 319 & 101 & 0 \\ 0 & 0 & 300 \end{pmatrix} = 249917.5.$$

Для контролю: згідно даних [6], значення $S_{\min} = 249829.2$.

Отже, новим оптимальним планом є T_S^3 . Обчислимо для нього сумарний рівень ризику:

$$R_{\min}^3 = St_R \times T_S^3 = \begin{pmatrix} 0.01 & 0.06 & 0.02 \\ 0.05 & 0.03 & 0.05 \\ 0.05 & 0.04 & 0.08 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 399 & 80 \\ 319 & 101 & 0 \\ 0 & 0 & 300 \end{pmatrix} = 68.53.$$

При цьому оптимальний рівень ризику за відповідним критерієм оптимізації складає:

$$R_{\min} = St_R \times T_R = \begin{pmatrix} 0.01 & 0.06 & 0.02 \\ 0.05 & 0.03 & 0.05 \\ 0.05 & 0.04 & 0.08 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 320 & 0 & 160 \\ 0 & 200 & 220 \\ 0 & 300 & 0 \end{pmatrix} = 35.4.$$

Таким чином, при збільшенні собівартості перевезень на 249917.5 – 249829.2 = 88.3 грошових одиниці, рівень їх ризиковості зріс майже вдвічі (68.53 / 35.4 = 1.94). Вважатимемо, що ОПР вирішила на цьому зупинитися, а тому задача розв'язана. З іншого боку, реалізацію методу послідовних поступок можна продовжити за наведеним вище алгоритмом.

Крім того, варто зазначити, що отримання повноцінного розв'язку даної задачі неможливе без застосування спеціалізованого програмного забезпечення. При цьому функціонал відомих засобів комп'ютерної математики є надто обмеженим для реалізації досліджуваної бізнес-моделі. Тому варто звернути увагу на створення якісно нових програм — насамперед тих, які використовують відкритий програмний код. Це необхідно для можливості безпосереднього створення та зміни потрібної функціональності.

Висновки. В дослідженні проаналізовано відомі методи багатокритеріальної оптимізації та описано алгоритм методу послідовних поступок для бізнес-моделі мультимодального транспортного підприємства, яка передбачає наявність двох цільових функції мінімізації собівартості та ризику транспортних перевезень. Показано, що даний метод є найбільш оптимальним для реалізації досліджуваної бізнес-моделі в порівнянні з тими методами багатокритеріальної оптимізації, які використовують згортку цільових функцій (метод зважених сум тощо).

Роботу методу послідовних поступок для реалізації багатокритеріальної бізнес-моделі мультимодального транспортного підприємства продемонстровано на реальних та модельних даних. Доведено, що повноцінна реалізація даного методу для подібних моделей можлива лише за допомогою розробки спеціалізованого програмного забезпечення, бажано з відкритим кодом.

Очевидно, що метод послідовних поступок не є єдиним методом реалізації досліджуваної бізнес-моделі. В подальшому варто зосередитися на вивченні та адаптації інших відомих методів багатокритеріальної оптимізації, які можна застосувати до розв'язування поставленої задачі.

Список використаних джерел:

1. Скриль В. В. Бізнес-моделі підприємства: створення та класифікація. *Економіка та управління підприємствами.* 2016. № 7. С. 490-497.
2. Розман А. Бізнес-модель підприємства роздрібної торгівлі. *Вісник КНТЕУ*. 2014. № 3. С. 15-34.

3. Криворучко О. М., Сукач Ю. О. Формування бізнес-процесної моделі автотранспортного підприємства. *Економіка транспортного комплексу*. 2014. Вип. 23. С. 91-103. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ektk_2014_23_10.
4. Войченко Т. О. Моделювання бізнес-процесів як технологія планування витрат на паливно-мастильні матеріали в судноплавних компаніях. *Ефективна економіка.* 2018. № 2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2018_2_27.
5. Побережна З. М. Бізнес-модель авіакомпанії як інструмент забезпечення її конкурентоспроможності на ринку авіапослуг. *Бізнесінформ*. 2019. № 7. С. 190-197.
6. Su Jun, Przystupa K., Zabolotnii S., Pohrebennyk V., Mogilei S., Gil L., Song Wenguang. Constructing reference plans of two-criteria multimodal transport problem. *Transport and Telecommunication*. 2021. Vol. 22. № 2. P. 129-140. DOI: https://doi.org/10.2478/ttj-2021-0010.
7. Гончаров А. В., Могілей С. О. Застосування методу Штейнера для побудови опорних планів мультимодальних транспортних задач. *Обробка сигналів і негаусівських процесів*: зб. тез доп. учасників восьмої Міжнародної наукової конференції. Черкаси, 2021. С. 93-94.
8. Гончаров А. В., Могілей С. О. Реалізація мультимодальних транспортних задач в різних програмних середовищах. *Вісник ЧДТУ.* 2020. № 3. С. 67-74.
9. Куперман В. В. Методи багатокритеріальної оптимізації виробничої програми підприємства. *Вісник ЖДТУ*. 2011. № 3 (57). С. 302-307.
10. Марко М. Я., Цегелик Г. Г. Використання методу послідовних поступок для розв’язування задачі підвищення рентабельності виробництва малого підприємства. *Наукові записки.* 2017. № 1 (54). С. 141-146.
11. Триус Ю. В. Сучасні тенденції у розвитку методів і засобів розв’язування оптимізаційних задач. *Нові комп’ютерні технології.* Кривий Ріг, 2018. Т. XVI. С. 157-164. URL: https://ccjournals.eu/ojs/index.php/nocote/article/-view/832/862.
12. Tryus Y., Geiko A., Zaspa G. Web service for solving optimization problems using swarm intelligence algorithms. *II International Conference of Computational Methods in Engineering Science (CMES’17)*. *ITM Web Conf.* 2017. Vol. 15. DOI: https://doi.org/10.1051/itmconf/20171502009.

METHODS OF IMPLEMENTATION OF MULTICRITERIA BUSINESS MODELS OF MULTIMODAL TRANSPORT ENTERPRISES

Under globalizing processes in the international economy, the problem of perfect logistics in commercial projects is quite urgent. It's foremostly important in big business structures, transnational corporations and other economic structures in Ukraine and abroad. Logistics in this case would surely suggest numerous means of transportation. Multimodal logistics means are especially important as they mean simultaneous or parallel employment of several transportation means.

Besides, the investigation is concentrated on the optimization criteria of multimodal transportations, which enables to formulate the current model as a multicriteria optimization problem. The writing considers several methods for this problem solution, with their application. Applying special programming means for the business model is as well described.

The business model is designed universally, which enables it to extend the result within the whole class of analogous models without alternating the algorithm of solution. So the object of the investigation is a business model of a multimodal logistics company and the focus is on methods of its solution. Its objective is to determine various methods to solve multicriteria optimization problems in transportation logistics. The paper demonstrates the most effective of all methods suggested and signifies the algorithm to solve the two-criteria multimodal logistics problem. To illustrate the algorithm, both real and model data are provided.

Key words: *business model, multimodal transport problem, multicriteria optimization, transport enterprise.*

Отримано: 19.10.2021

UDC 004.056
DOI: 10.32626/2308-5916.2021-22.58-66

Sherzod Gulyamov*, D-r of Tech. Science, Professor,
Fotima Sagatova**

*Tashkent University of Information Technologies named after Al – Khorezmi, Tashkent, Republic of Uzbekistan,
**Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Republic of Uzbekistan

METHOD OF RISK DETECTION MODEL IN PACKET FILTERING

This article describes Petri net diagrams for fuzzy knowledge and reasoning. A mathematical model of fuzzy Petri nets to detect risks in rules by packet filtering is formed. A model of a two-level fuzzy packet filtering system that provides packet filtering performance is presented. This model uses fuzzy Petri net as a graphical method to describe the fuzzy logical control of the movement of packets through the firewall and allows it to determine the level of threat embedded in packets from the Internet and to change the order of ACLs by determining the rating of acceptance and rejection of packets. In the proposed model, the packet is represented by a token in place of fuzzy Petri nets, and the operation of the packet is illustrated by the transition of fuzzy Petri net, which is responsible for moving the packet from one place to another.

Key words: *tokens, Petri net, Access Control List (ACL), packet filtering, SYN-Flood, risks, Fuzzy logic, membership degree function.*

