

ФОРМУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

УДК 658.7

І.І. Білик, А.Б. Гайдук, Н.С. Косар
Національний університет “Львівська політехніка”

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДСЬКИХ ПРОЦЕСІВ ЯК НАПРЯМ ПОСИЛЕННЯ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ ПІДПРИЄМСТВА

© Білик І.І., Гайдук А.Б., Косар Н.С., 2009

Визначено якісні показники функціонування складу та встановлено методи їх покращання з метою зниження витрат і підвищення рівня обслуговування клієнтів. Подано моделі вибору місцерозташування розподільчого складу у певному географічному регіоні. З метою вирішення цієї проблеми запропоновано використання теорії розмитих множин, яка була трансформована для вибору логістичного оператора, що виконує у повному обсязі дистрибуційні функції з використанням власних чи орендованих складських приміщень.

It is determined qualitative indices of warehouse function of warehouse and it is elaborated methods of their improvement to decrease expenses and to improve the stage of customer's service. Models of place choice of distributive warehouse arrangement in some geographical region are done in this article . To decide this problem it is offered using theory of eroded plurals, which was transformed for the choice of logistic operator, which completely execute distributive functions with using its own or rented warehouse buildings.

Постановка проблеми

Сьогодення характеризується посиленою увагою до проблеми максимального задоволення потреб клієнтів з прийнятними для них витратами порівняно з конкурентами. Збереження якісних параметрів продукції значною мірою залежить від логістичних процесів, які істотно впливають також на собівартість та ціну товару. Вищезазначене свідчить про актуальність теми цієї статті.

Значення логістичного процесу для конкурентної позиції підприємств є незаперечним, оскільки він є інструментом раціоналізації і зниження витрат підприємства. Однак глобальні витрати логістики становлять від 10 до 40 % вартості товарів, що продаються, і мають найбільші резерви для економії.

Функціонування логістичного ланцюга починається зі складання замовлення клієнтом і закінчується, коли клієнт заплатить за задоволену потребу. Логістичний ланцюг показує рух продукту від постачальника через виробника та посередників до кінцевого споживача. Однією з основних його частин є склад, який є практично на кожному його рівні. Склад – або як склад сировини і матеріалів для виробництва, або як склад готових виробів – є інтегральною частиною ланцюга поставок, який доцільно розглядати, з одного боку, як місце виникнення витрат, з іншого – як елемент, який формує довіру клієнта до продукту.

Якщо приймаємо, що товаром є те, що переміщується в логістичному ланцюзі, транспорт є тим, як саме товар переміщується, то склад є тим, де він переміщується, є місцем, до якого і з якого перевозиться товар. Отже, можна стверджувати, що склад виконує чотири основні функції: організації прийому, складування, формування та організації поставок. Ці функції дають змогу утримувати запаси на складі. Завдяки цьому підприємство може забезпечити виробництво, а також фіксувати різницю між пропозицією і попитом як сировини і матеріалів, так і готових продуктів. Роль складу у логістичному ланцюзі однак полягає і в тому, що він повинен виконувати

управлінські функції, що впливає із ризику при незадовільній роботі складу. До найважливіших ризиків можна віднести пошкодження товару, його втрату, помилки у прийомах і видачах товарів, довгий час завантаження і розвантаження, час підготовки поставки, велика трудомісткість, відсутність місця на складі, затримка виробництва або поставок з причини відсутності відповідної продукції. Тому оптимізація складських процесів дає змогу забезпечити наявність необхідних для споживачів продуктів відповідної якості за прийнятною ціною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Стратегії досягнення конкурентних переваг підприємства на ринку достатньо повно висвітлені у науковій літературі [1–5]. Зокрема, М. Портер [1, 3, 5] виділяє такі стратегії досягнення успіху у конкурентній боротьбі: цінове лідерство (за витратами), диференціації та концентрації. У [4] автори розглядають п'ять сил конкуренції та стратегії досягнення переваг залежно від ролі фірми у конкурентній боротьбі. У [2, с. 207] Є.В. Крикавський виділяє такі різновиди стратегій досягнення конкурентних переваг, як лідерство за витратами, розвиток ключових компетенцій, кооперацію та стратегії, орієнтовані на час. До основних логістичних стратегій автор відносить стратегії мінімізації логістичних витрат, купівлю (чи продаж) логістичних послуг, вдосконалення логістичної системи у масштабі багатьох фірм та швидкий цикл.

Сьогодні, в умовах економічної кризи, найактуальнішою є стратегія досягнення лідерства за витратами, якій відповідає стратегія зниження логістичних витрат. У перспективі зростатиме роль і стратегії диференціації за рахунок покращання рівня обслуговування клієнтів. Проте в науковій літературі недостатньо уваги приділяється посиленню конкурентних переваг підприємства за рахунок оптимізації складських процесів у межах реалізації двох вищезгаданих стратегій: лідерства за витратами та диференціації.

Формулювання цілей статті

Для розроблення пропозицій щодо оптимізації складських процесів необхідно встановити методи покращання якісних показників діяльності складу, визначити моделі щодо вибору місцерозташування розподільчого складу у певному збутовому регіоні з метою оптимізації виконання замовлення споживачів і зменшення кількості торговельних запасів, адаптувати теорію розмитих множин щодо вибору логістичного оператора та оцінювання місцерозташування розподільчого складу.

Виклад основного матеріалу

Управління складом є настільки складним, що виникло багато показників, які характеризують діяльність складу. Це є показники складських витрат, використання складської поверхні, ротації товару, ефективності працівників. Якісні показники діяльності складу стосуються переважно збитків, які виникли в результаті поганої якості праці. Впровадження системи управління якістю дає змогу краще зрозуміти чинники, пов'язані з якістю на складі. За цим підходом можна не лише обмежити витрати складу, а і здобути тривалі конкурентні переваги підприємства. Якісні чинники на складі можна поділити на три групи: чинники, які пов'язані з часом і характеризують змінність процесу, чинники, пов'язані із компетенціями працівників, чинники, пов'язані з появою збитків. Знаходженням методів вимірювання і покращанням цих трьох груп якісних чинників допоможе управляти складом, а у результаті зменшити витрати і здобути конкурентну перевагу.

Більшість методів вимірювання чинників, пов'язаних з часом, обмежується визначенням середньої, але середня не характеризує змінність процесу, тому доцільно застосовувати методологію SPC (Statistical Process Control), яка за своєю суттю передбачає змінність процесу та його зміни. Це ж є підставою проведення дій, що запобігають виникненню втрат. На підставі даних, отриманих у поточному режимі, можна зробити висновки про майбутню поведінку процесу. Це є перевагою SPC над іншими інструментами обробки даних. Застосування SPC дає змогу: краще пізнати процеси і вплив різних чинників на їх перебіг, а це уможливорює відслідковувати стабільність цих процесів; результативніше діагностувати допущені помилки і перешкоди ще до

їхніх наслідків, а також витрати, з цим пов'язані; покращувати системи управління, неодноразово без дорогих інвестицій; швидко приймати раціональні рішення; реально оцінювати понесені витрати; керувати процесами у реальному часі; мати високу ймовірність довіри до висновків.

Досвід вказує, що приблизно 85 % усіх проблем ґрунтується на системі управління, а, отже, є залежними від підприємства. Решта – це причини об'єктивні (аварії, випадки тощо). Ці 85 % спричинені випадковою змінною процесу системи, що виникає з його природи, загального рівня технології, організації, використовуваних методів діяльності і управління системою.

Наступним чинником, який впливає на якість складських процесів – а, отже, і на витрати – є професіоналізм працівників. Цей аспект дуже важливий, але часто його недооцінюють. Одним з інструментів управління ним є “Система управління компетенціями працівників” (SZKP). Цей інструмент дає змогу планувати і оптимально підбирати людей на конкретні робочі місця. SZKP посилює роль керівників найнижчого рівня в системі управління, уможливорює поточний нагляд за процесами, що має вирішальне значення для результативності, ефективності і еластичності управління. Адже чим результативнішим є поточний нагляд за процесом, тим менше системних (і не лише) неузгодженостей. Внаслідок впровадження SZKP зростає ефективність використання потенціалу працівників. Додатковою перевагою цього методу є те, що можна загалом охопити підприємство.

Ризик можна виключити, контролювати, акцептувати або передати іншій організації. Процесний підхід до ризику дає змогу розглядати цю проблему в три етапи: загроза, безпосередньо ризик та втрати. Загроза – чинник або ситуація, яка може спричинити втрату. Ризик, що може трапитися, якою є його ймовірність, які можуть бути наслідки. Втрата – пошкодження товару, втрата товару, знищення товару, помилкова поставка, виробниче простоювання. За таким поділом можна створити карту ризиків, для прийняття найоптимальнішого рішення. Сутність представленого методу полягає у свідомому прийнятті або виключенні ризику ще перед виникненням негативних наслідків.

Підприємства, шукаючи витратні заощадження і створюючи конкурентну перевагу, все частіше скеровують свою увагу у бік складів. Це спричиняє розвиток сучасних методів управління складом за принципом “Пізнати – зрозуміти – формувати – управляти”.

Окрім розуміння значення складу (вузлового об'єкта) як прямого джерела витрат, необхідно зрозуміти його значення як пряме джерело мультиплікації інших логістичних витрат (транспортних, інформаційних, ризику тощо). Тому одним із завдань розподілу, яке необхідно вирішити з метою покращання рівня обслуговування клієнтів, є розроблення моделей, пов'язаних із вибором місця розташування розподільчого складу в регіоні збуту. Необхідність утворення розподільчого центру обумовлюється насамперед можливістю формування “пакета замовлень”, причому поставлятимуть товар після 100 % заповнення автотранспорту. Отже, з'являється можливість скоротити затрати поставки одиниці товару. По-друге, можна регулювати терміни замовлень товару. Підприємство-виробник не потребує створення великих запасів та очікування відвантаження товару. Маючи свій розподільчий склад, виробник може організувати остаточний контроль продукції і поставляти клієнтам тільки якісний товар. І останнє: можна організувати рецикл тари і зекономити кошти.

Розрізняють два типи реалізації складських проектів: перший спосіб – компаніями, які працюють на ринку складської нерухомості, коли будують цілий комплекс і шукають орендаря. Другий спосіб – це реалізація складського проекту під замовника, який може його брати в оренду і навіть з часом викупити, причому проект виконується із врахуванням потреб замовника. Попередні переговори між виконавцем і замовником дуже важливі, бо не завжди клієнт розуміє, що саме він хоче отримати. Тому при розробленні проекту складу необхідно враховувати довгострокову стратегію замовника. Для вирішення питання, де саме повинен бути побудований розподільчий склад, необхідно врахувати можливість купівлі ділянки землі, що не завжди є можливим з погляду її вартості, існуючої транспортної інфраструктури, місцерозташування тощо.

Ринок складської нерухомості тільки розвивається, і сьогодні в Україні є мало розподільчих центрів, які б надавали якісний сервіс. Вимоги клієнтів до операторів на ринку логістичних послуг, як свідчить міжнародний досвід, стосуються: обробки великої кількості найменувань продукції,

комплектації одиницями, часу виконання замовлення (2–3 години), кількості пошкоджень (не більше 0,01 % на місяць), завантаження і розвантаження продукції (в межах 0,5 години), можливості адаптації інформаційної системи до системи замовника. Таку якість мало хто може забезпечити. Тому сьогодні багато виробничих і посередницьких підприємств займаються непрофільним бізнесом – самі створюють, обладнують і обслуговують склади, мають свій персонал і систему обліку. У західних країнах вже майже відмовились від непрофільного бізнесу, щоб всі свої зусилля скерувати на основний вид діяльності – виробництво. Основні проблеми, які існують в українських виробників і посередників, що пов'язані із складуванням, це: низький рівень обслуговування; недосконалий облік; низький контроль за товарорухом; застаріла механізація і автоматизація; великий відсоток пошкоджень товару і погіршення його якості; низька швидкість обробки вантажів; відсутність сучасної інформаційної системи, сумісної із системами усіх суб'єктів логістичного ланцюга.

Існує багато зовнішніх параметрів і чинників, що впливають на вибір місця локалізації дистрибуційного центру. Більшість авторів предметної літератури звертають особливу увагу на величину переміщення товарів, місця надання і прийому вантажів, а також довжину траси, яку долає транспортний засіб. Крім того, важливим чинником, що впливає на локалізацію такого центру, є вимога дуже доброго зв'язку з мережею автомобільних і залізничних доріг. Методи, що досліджуються авторами, свідчать про відсутність конкретних інструментів розрахунків, необхідних при проектуванні локалізації дистрибуційних центрів. Локалізація такого центру повинна бути докладно продумана, тому що будівництво такого об'єкта пов'язане із значними витратами, які часто перевершують фінансові можливості.

Певну вихідну користь становить метод рангів при локалізації дистрибуційного центру. На думку авторів, його доцільно використовувати для обґрунтування поетапного стратегічного розвитку дистрибуційних мереж національних виробників. Сутність цього методу полягає у тому, що систематизуються окремі регіони (області) відносно трьох чинників, що мають вплив на так званий логістичний тил центру даного регіону. До цих чинників належать: обсяг промислового виробництва в регіоні; кількість населення, загальна кількість торговельних закладів.

Метод встановлення рангів є простим і швидким методом, але його слід трактувати як один із вступних при проектуванні локалізації логістичних (дистрибуційних) центрів. Однаковою мірою рівень виробництва, як і населення, а також кількість магазинів є важливими параметрами, які беруться до уваги при локалізації центру, але ними не слід обмежуватися. До застосованого методу після вступного селекціонування належало б застосувати також методи, які беруть до уваги величину переміщення вантажів на трасах, витрати транспортування вантажів, відстані, які долаються засобами транспорту, термін доступності товару тощо.

Серед методів локалізації складських об'єктів, що враховують лінійну функцію витрат, математичний запис має таку форму:

$$ПВ = KB + k_n \cdot M_t, \quad (1)$$

де $ПВ$ – повні витрати; k_n – змінні питомі витрати на одиницю продукції; M_t – величина продажу одиниць продукції; KB – постійні витрати.

Цей метод можна застосувати тільки для простих підрахунків. Над постійними і змінними витратами можна полегшувати, тому що не вдасться точно оцінити ці параметри в момент початкової локалізації певного складського об'єкта.

Серед методів локалізації об'єкта, що враховують чинник простору, можна знайти [8]:

- метод домінуючого пункту, званий методом модальної домінанти,
- метод центру ваги (мережевий),
- метод медіани.

Слід згадати, що разом із визначенням реальної траси, яку долає засіб транспорту $d(A_0; A_1)$ для двох точок $A_0[x_0; y_0]$ $A_1[x_1; y_1]$, виділяються два аналітичні підходи до питання відстані. Можна говорити про відстань:

– евклідівську, записану формулою

$$d_{01}^e = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2}; \quad (2)$$

– прямокутну, записану формулою

$$d_{01}^p = |x_0 - x_1| + |y_0 - y_1| \quad (3)$$

При довгих трасах між цими трьома величинами можна зауважити таку залежність:

$$d_{01}^e \leq d(A_0 A_1) \leq d_{01}^p \quad (4)$$

Якщо за методом доміанти використовується в підрахунках M – товарна маса, а також S_t – транспортний тариф, то домінуючим пунктом d в множині $n + 1$ точок (суб'єктів) є пункт, в якому добуток маси і транспортного тарифу дорівнює або більший від суми добутків мас і транспортних тарифів стосовно до інших пунктів. Цю залежність можна записати так:

$$M_1 S_{t1} + M_2 S_{t2} + \dots + M_n S_{tn} \leq M_d S_{td}, \quad (5)$$

де M – товарна маса, кг; S_t – транспортний тариф, грн/кг; $1 \dots d \dots n$ – індекси відповідних пунктів.

Цей метод можна застосувати тоді, коли транспортні ставки є однаковими для різного товарного асортименту і трас проїзду. Важко однак уявити собі ситуацію, в якій перевізники за таку саму ставку транспортуватимуть готові вироби і, наприклад, деталі до цих виробів, вартість яких часто є в сотні разів менша від готового виробу, хіба що перевізники мають підписані постійні угоди на поставки до логістичних центрів і витрати транспорту є формою окремих внутрішніх угод. Тому цей метод застосовується тільки в обмеженому діапазоні.

Натомість коли тарифи різні, можна застосувати метод центра ваги. За цим методом використовують концепції евклідівської відстані. Шукаючи оптимальну локалізацію складу, ми шукаємо його координати $[X; Y]$, використовуючи такі формули:

$$X = \frac{St_1 M_1 X_1 + St_2 M_2 X_2 + St_3 M_3 X_3 + St_p M_p X_p}{St_1 M_1 + St_2 M_2 + St_3 M_3 + St_p M_p} \quad (6)$$

$$Y = \frac{St_1 M_1 Y_1 + St_2 M_2 Y_2 + St_3 M_3 Y_3 + St_p M_p Y_p}{St_1 M_1 + St_2 M_2 + St_3 M_3 + St_p M_p}, \quad (7)$$

де St_n – транспортний тариф, нижній індекс означає відповідно тариф від виробника (постачальника) до центрального складу або від центрального складу до цього споживача; M_n – товарна маса, нижній індекс означає відповідно масу від виробника (постачальника) до центрального складу або від центрального складу до цього споживача; X_n , Y_n – координати суб'єктів, які беруться до уваги в даному аналізі.

Слід погодитися з думкою, що на практиці метод визначення центра тяжіння є дуже поширеним. Однак він має недоліки і, що важливо, не забезпечує досягнення мінімального значення цільової функції, яка повинна бути сформульована як мінімізація витрат перевезення певного обсягу продукції зі складу до великої кількості споживачів у певному регіоні. Цей метод дає змогу визначити координати центра тяжіння, а не оптимальні координати розміщення складу.

Цікавим є метод (модифікація попереднього), який ґрунтується на рівності суми векторів у векторному просторі, що виражають обсяги перевезень, нулю. Розглядаючи проекції векторів на осі абсцис і ординат, отримуємо такі вирази для визначення координат розміщення складу:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i T_i \frac{x_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^n Q_i T_i \frac{1}{d_i}}; \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i T_i \frac{y_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^n Q_i T_i \frac{1}{d_i}}, \quad (8)$$

де Q_i – обсяги перевезень з складу в i -й пункт споживання; T_i – чинні транспортні тарифи; d_i – віддаль від складу до i -го пункту споживання (або постачання); x_i , y_i – геометричні координати цих віддалей.

Віддалі можна розраховувати не обов'язково по прямій, а як суму відрізків, вимірних по географічній карті, з врахуванням шляхів сполучення. Недоліком методу, на нашу думку, є те, що існує залежність між віддальми d_i і координатами x_0, y_0 , тобто розв'язання задачі вимагає застосування ітераційного процесу для визначення координат оптимального розташування складу. Непростим є і врахування змін тарифів перевезення, тобто на кожному ітераційному кроці необхідно їх уточнювати.

Наступним методом, пропонуваним у літературі, який дає змогу в достатньому ступені визначити географічне положення, а також врахувати величину попиту, є метод медіани. За цим методом на початку розрахунків приймають, що величина поставок до складу дорівнює замовленню споживачів. З метою визначення оптимальної локалізації логістичного об'єкта, позначеного символом M з координатами (x_0, y_0) , відстані розраховуються в системі прямокутних координат:

$$d_{0i}^p = |x_0 - x_i| + |y_0 - y_i|. \quad (9)$$

Координат локалізації об'єкта визначають для кожної потенційної координати окремо. В зв'язку з цим координати (x_0, y_0) визначають з таких залежностей:

$$x_0 = x_i + \frac{n_o - n_i}{n_j - n_i} \cdot (x_j - x_i); \quad (10)$$

$$y_0 = y_i + \frac{n_o - n_i}{n_j - n_i} \cdot (y_j - y_i), \quad (11)$$

де x_0, y_0 – шукані параметри локалізації об'єкта; x_i, y_i , а x_j, y_j – координати постачальників і/або споживачів за такої умови $x_i < x_0 < x_j$ і $y_i < y_0 < y_j$; n_o, n_i, n_j – значення, розраховані з наступної залежності (величина перевезення \times питомі витрати перевезення), і виконують умову $n_i < n_0 < n_j$.

Як і у вищеподаних методах, в цьому також не враховані величини товарів на складах підприємства. Тобто щоб відповісти на питання: де розмістити розподільчий склад – можна застосувати імітаційне моделювання, фактором впливу на розміщення вважаючи вирішення таких проблем: яким транспортом скористатись, як часто здійснювати поставки, як управляти запасами, який має бути маршрут перевезень і як його вибір впливатиме на заповнення автотранспорту, як управляти роботою складу, хто є клієнтом, яких обсягів товару він потребує, чи існує сезонність споживання тощо. Для застосування імітаційного моделювання необхідно за допомогою класів і об'єктів, чітких алгоритмів описати вхідні матеріальні потоки і потоки замовлень, їх частоту відповідно до запланованого сценарію, а також використати один із стандартних пакетів імітаційного моделювання, причому він має бути інтегрованим із програмним забезпеченням системи управління типу ERP.

Вищенаведені варіанти рішень щодо локалізації об'єктів вимагають додаткового обґрунтування за умов системного підходу, зокрема у випадку функціонування ланцюга поставок, який мультиплікує не тільки синергічний ефект, але і системний ризик. Одним із інструментів такого додаткового обґрунтування автори вважають потенціал теорії розмитих множин.

Розглянемо, як можна вирішити проблему розміщення розподільчого складу за допомогою теорії розмитих множин [6], трансформувавши її у вибір логістичного оператора, що може виконати в повному обсязі дистрибуційні функції, використовуючи власні чи орендовані складські потужності.

Кожний господарський об'єкт діє у певних умовах, у певному середовищі. Це середовище завжди пов'язане з системою обмежуючих умов. Рішення (план, альтернатива), яке враховує усі обмеження, а, отже, таке, яке можна брати до уваги, називається допустимим рішенням. У багатьох ситуаціях вибір рішення тільки за допомогою одного критерію є дуже важким, а часто неможливим. Тоді говоримо про багатокритеріальне прийняття рішень. Найчастіше вибір здійснюється і на підставі певного “загального” критерію, який має аддитивний або мультиплікативний характер і складається з часткових критеріїв.

Особливе зацікавлення становить частина багатокритеріального аналізу, яка ґрунтується на поєднанні стандартного підходу до проблеми підтримки прийняття рішень з теорією розмитих множин. Використання розмитих множин у випадку оптимізації прийняття рішень полягає у тому, що як цілі і обмеження, які накладаються на рішення, так і їх оцінки, можуть бути розмитими множинами (зокрема цифрами). Також відносини, які дають змогу здійснити оптимальний вибір, у багатьох проблемах прийняття рішень можуть мати розмитий характер. Цей підхід доцільний у випадку, коли неможливим або некорисним є однозначне визначення кращої з альтернатив. Ця ситуація часто виникає, коли маємо справу з вибором на підставі багатьох критеріїв або оцінок багатьох експертів, або коли є кількісна і якісна оцінка об'єкта дослідження. Розглянемо суть процедури визначення оптимальної альтернативи при використанні розмитих множин, використовуючи загальні положення з тим, щоб адаптувати її до проблеми вибору альтернатив щодо логістичних операторів.

Нехай X буде скінченною, n -елементною множиною допустимих альтернатив (рішень). Припустимо, що той, хто приймає рішення (експерт) при визначенні розмитої множини, зуміє кожній парі (x, y) підпорядкувати певне число із закритого проміжку $[0, 1]$. Це число інтерпретується як ступінь, у якому той, хто приймає рішення, визнає, що альтернатива x не є гіршою від альтернативи y . З погляду математики визначаємо певну функцію $m_R : X \times X \rightarrow [0, 1]$, яка називається функцією приналежності розмитого відношення R . Вважатимемо, що кожний елемент є напевно не гірший від самого себе, тобто, що вищенаведене відношення є оберненим. Можна записати це твердження так: $\forall x \in X : m_R(x, x) = 1$. Відношень переваг, визначених у множині, може бути багато – стільки ж, скільки критеріїв оцінки.

Нехай K буде скінченною, m -елементною множиною критеріїв, згідно з якими оцінюються альтернативи. Приймаємо, що кожний об'єкт (альтернатива) x з множини X характеризується однозначно певним значенням $K_i(x)$, яке є мірою оцінки об'єкта x згідно з критерієм K_i . Так, саме у множині оцінок (які можуть бути не цифровими оцінками) визначаємо відношення слабкої преференції R_i , $i = 1, \dots, m$, дану через функцію приналежності $m_{K_i} : X \times X \rightarrow [0, 1]$.

Значення $m_{K_i}(x, y)$ інтерпретується як ступінь, в якому альтернатива x не є гіршою від альтернативи y згідно з критерієм K_i .

Оскільки окремі критерії не мають бути однакової ваги, приймемо, що у множині критеріїв визначено відношення W відносної важливості критеріїв, подане через функцію приналежності $m_W : K \times K \rightarrow [0, 1]$. Значення $m_W(K_i, K_j)$ слід розуміти як ступінь, в якому критерій K_i є щонайменше таким самим важливим, як критерій K_j . Вважаємо, що це є обернене відношення.

Ґрунтуючись на цих позначеннях, розглянемо, як виглядає порівняння окремих об'єктів на підставі слабких відношень за окремими критеріями, при врахуванні відносної важливості критеріїв. Основою міркувань буде поняття випадкової альтернативи згідно з розмитим відношенням. Розмита множина випадкових елементів X^{nd} у розмитому відношенні R визначається функцією приналежності

$$\mu_R^{nd}(x) = 1 - \sup_k \min \{ \mu_R(y_k, x), 1 - \mu_R(y_k, x) \} \quad (12)$$

Число $m_R^{nd}(x)$ називаємо ступенем випадковості елементу x .

Важливою є інтерпретація цієї величини: елемент x є щонайменше у ступені $m_R^{nd}(x)$ не гірший, ніж довільний елемент з множини X . Поняття множини випадкових елементів у цій розмитій множині є узагальненням класичної множини Парето. У випадку одного критерію і даного в ньому відношення слабкої преференції R , найраціональнішим є вибір альтернативи x^* з найбільшим ступенем випадковості $m_R^{nd}(x^*)$. У випадку багатьох критеріїв можна врахувати їх

відносну важливість. Це призводить до визначення відношень між двома альтернативами, яке враховує не лише їх важливість в окремих критеріях, але також відносні важливості критеріїв. Остаточно отримуємо відношення Q для об'єктів з множини X як формулу

$$m_Q(x, y) = \sup_{K_i, K_j \in K} \min(m^{nd}(x, K_i), m^{nd}(y, K_j), m_W(K_i, K_j)). \quad (13)$$

Створене у такий спосіб відношення Q дає змогу перейти від проблеми багато-критеріального вибору (при m критеріїв) до однокритеріального (агрегованого) критерію, який визначає відношення Q . Подальша процедура проходить у спосіб, поданий для одного критерію – на підставі відношення Q визначаються ступені випадковості окремих елементів $m_Q^{nd}(x)$. Оскільки однак, на відміну від чітко однокритеріального підходу, відношення Q є певною мірою агрегованим, то слід приймати додатково, що ступінь випадковості елементу x відносно Q не може перевищувати найбільшого ступеня випадковості елементу x за окремими критеріями K_i . Після визначення ступеня $m_Q^{nd}(x)$ слід, отже, визначити так звані “виправлені” ступені випадковості, згідно з формулою

$$m_Q^{ndp}(x) = \min \left\{ m_Q^{nd}(x), \sup_{K_i \in K} m^{nd}(x, K_i) \right\}. \quad (14)$$

Найкращою альтернативою є альтернатива x^* з максимальним “виправленим” ступенем випадковості, тобто така, що

$$m_Q^{ndp}(x^*) = \sup_{x \in X} m_Q^{ndp}(x). \quad (15)$$

Покажемо застосування теорії розмитих множин для вибору логістичного оператора із семи пропозицій. Цей алгоритм можна використати і для оцінювання місцезоташування розподільчого складу. Оцінюватимемо 7 пропозицій за 9 критеріями. Очевидно, що кількість і вид критеріїв можна змінювати. Авторами за такі критерії прийнято: K_1 – досвід діяльності на логістичному ринку, роки; K_2 – ефективність власного капіталу (максимізований критерій, який визначає відношення між величиною надходження, отриманого підприємством в році, який випереджає аналіз, та вартістю постійних засобів, за допомогою яких це надходження було отримане); K_3 – повні витрати обслуговування, визначені на підставі питомих витрат, запропонованих операторами; K_4 – середній час реалізації стандартної поставки; K_5 – середній вік наявного транспортного парку; K_6 – ефективність праці як відношення величини надходження у попередньому році, і кількості зайнятих працівників; K_7 – частка підприємства на ринку послуг; K_8 – комплексність пропозиції як критерій, який оцінює у балах (від 0 до 12 балів) діапазон і вартість наданої логістичної послуги (цей критерій максимізується); K_9 – рівень кваліфікації працівників (за цей критерій прийнято частку кількості днів підготовки у сфері логістичної освіти, які припадають на рік на одного працівника).

Вихідні дані, сформовані авторами в результаті опитування експертів, подані у табл. 1.

Основною проблемою пропонованої методики є те, як з даних табл. 1 створити адекватне представлення у формі матриці розмитої множини, оскільки однозначної рекомендації не існує. Розмите відношення R_k на підставі показника W_k можна визначити за допомогою функції

приналежності $m_{R_i}(x, y) = \min \left\{ \frac{w_i(x)}{w_i(y)}, 1 \right\}$ у випадку, коли бажаною є максимізація показника W_i ,

або $m_{R_i}(x, y) = \min \left\{ \frac{w_i(y)}{w_i(x)}, 1 \right\}$ у випадку, коли бажаною є мінімізація показника W_i .

Значення оцінок за окремими критеріями

Критерій		Один. міри	Значення критерію для певного оператора						
			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
K ₁	Досвід	роки	3	9	18	9	9	8	8
K ₂	Ефективність власного капіталу	-	18,92	2,61	8,78	4,16	2,16	5,33	4,46
K ₃	Витрати обслуговування	тис. грн	22,117	8,748	16,411	14,009	10,815	12,371	12,183
K ₄	Час реалізації	години	24	24	24	24	48	72	24
K ₅	Середній вік парку	роки	2	2	3	4	8	7	5
K ₆	Ефективність праці	тис. грн./ос.	341,9	207,2	107,0	145,3	113,2	473,4	183,7
K ₇	Частка на ринку	%	0,67	1,20	2,76	0,84	0,22	0,76	5,50
K ₈	Комплексність пропозиції	бали	4,0	7,5	3,0	7,0	8,0	2,5	12,0
K ₉	Рівень кваліфікації працівників	дні/особу	70	3	8	0,39	32	50	3,2

Джерело: складено авторами з використанням [7, с. 65].

Тому спочатку для критерію K₁ отримуємо табл. 2.

Таблиця 2

Відношення слабкої преференції між альтернативами за критерієм K₁

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1	1/3	1/6	1/3	1/3	3/8	3/8
X ₂	1	1	0,5	1	1	1	1
X ₃	1	1	1	1	1	1	1
X ₄	1	1	0,5	1	1	1	1
X ₅	1	1	0,5	1	1	1	1
X ₆	1	8/9	4/9	8/9	8/9	1	1
X ₇	1	8/9	4/9	8/9	8/9	1	1

Аналогічні таблиці визначені для критеріїв K₂-K₉, де кожний елемент є відносною важливістю критеріїв (див. табл. 3).

Іноді зустрічається рекомендація, щоб принаймні одне зі значень $m_W(K_i, K_j)$ і $m_W(K_j, K_i)$ дорівнювало б 1. Це однак не є вимогою методу. При так встановлених значеннях функції приналежності відношень між альтернативами, а також між критеріями ступеня нездомінування відповідно подані у табл. 3 та 4

Таблиця 3

Відношення відносної важливості критеріїв

W	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉
K ₁	1	0,9	0,5	0,6	0,9	0,9	0,8	0,5	0,9
K ₂	0,3	1	0,1	0,1	0,2	0,7	0,2	0,1	0,2
K ₃	1	1	1	0,9	1	1	1	0,9	1
K ₄	0,8	0,9	0,7	1	1	1	1	0,8	1
K ₅	0,3	0,8	0,3	0,2	1	0,8	0,8	0,1	0,8
K ₆	0,3	0,8	0,3	0,2	0,5	1	0,5	0,1	0,5
K ₇	0,2	0,8	0,2	0,2	0,5	0,7	1	0,1	0,5
K ₈	0,7	0,9	0,4	0,6	0,9	0,9	0,9	1	0,9
K ₉	0,3	0,1	0,1	0,7	0,7	0,7	0,5	0,3	1

Ступені недомінування окремих альтернатив у відношенні Q

Альтернатива	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
m_Q^{nd}	0,891	1	0,891	0,891	1	0,707	0,909
m_Q^{ndp}	0,891	1	0,891	0,891	0,809	0,707	0,909

Отже рейтинг альтернатив (від найкращої) X_2 , X_7 , X_1 , X_3 , X_4 , X_5 , X_6 , при цьому X_1 , X_3 , X_4 мають однаковий рівень. Звичайно, при зміні оцінок згідно окремих критеріїв або відносної важливості критеріїв рейтинг може змінитися.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Поданий метод щодо локалізації розподільчого складу з використанням теорії розмитих множин є альтернативним іншим методам, які підтримують рішення у ситуації багатокритеріального вибору. Ця процедура передбачає вміння порівнювати парами альтернативи або критерії (встановлювати ваги комплексу критеріїв є загалом важче). Обчислювати можна у калькуляційній таблиці Excel, визначаючи потрібні значення, що полегшує аналіз вибору залежно від змін значень окремих критеріїв або відношень важливості критеріїв. Слід пам'ятати, що маємо справу не із заміною людини, а лише наданням їй інструменту, який має на меті полегшити прийняття рішення. Це означає, що до альтернатив з однаковим рейтингом повинні бути застосовані інші методи, зокрема і перераховані вище, для підвищення рівня обґрунтування оптимального рішення щодо локалізації об'єкта.

Отже, вибір місця локалізації як рішення багатокритеріального характеру може бути трансформовано у вибір логістичного оператора, який має відповідні потужності щодо реалізації логістичних процесів (транспортування, складування тощо). У такому розумінні теорія розмитих множин дає змогу отримати бажане рішення, а для його додаткового обґрунтування можна використати один із методів обґрунтування місця локалізації складських об'єктів, наприклад, метод центра ваги, що буде предметом подальших досліджень. У будь-якому випадку варто очікувати зниження сукупних (повних) витрат.

1. Крикавський Є.В., Косар Н.С., Мних О.Б., Сорока О.А. Маркетингові дослідження: Навчальний посібник. – Львів: Національний університет “Львівська політехніка” (Інформаційно-видавничий центр “ІНТЕЛЕКТ+” Інституту післядипломної освіти), “Інтелект – Захід” 2004. – 288 с. 2. Крикавський Є.В. Логістика. Основи теорії: Підручник. – Львів: Національний університет “Львівська політехніка” (Інформаційно-видавничий центр “Інтелект+” Інституту післядипломної освіти), “Інтелект-Захід”, 2006. – 456 с. 3. Куденко Н.В. Стратегічний маркетинг: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 1998. – 158 с. 4. Маркетинговий менеджмент: Підручник / Ф. Котлер, К.Л. Келлер, А.Ф. Павленко та ін. – К.: Вид-во “Хімджест”, 2008. – 720 с. 5. Портер М. Стратегія конкуренції. Методика аналізу галузей і діяльності конкурентів / Пер. з англ. А. Олійника та Р. Скіпальського. – К.: Основи, 1997. – 390 с. 6. Łachwa A. Rozmyty świat zbiorów, liczb, relacji, faktów, reguł i decyzji. – Warszawa: AOW Exit, 2001. 7. Sawicki P. Wielokryterialny dobór operatora usług logistycznych. – W: Logistyka, 2001. – № 4. – S. 59–66. 8. Zarządzanie logistyczne w warunkach polskich / Pod redakcją I. Dembińskiej-Cyran. – Warszawa: Difin, 2004. – 246 s.