

## Багатокритеріальна математична модель підтримки прийняття рішень вибору постачальників та обсягів закупівлі товарів

У статті розроблено багатокритеріальну математичну модель вибору постачальників та обсягів закупівлі товарів. Показано, що дана модель дозволяє вибрати економічно вигідних для торговельної організації постачальників з урахуванням витрат на доставку товарів. Доведено, що застосування даної математичної моделі створює умови для прийняття ефективного управлінського рішення, яке буде сприяти підвищенню прибутку торговельної організації.

**Ключові слова:** математична модель, невизначеність, багатокритеріальна оцінка, багатонаменклатурні товари, запаси, управлінське рішення.

### Вступ

Складність, невизначеність, велика кількість протирічних соціальних і економічних факторів, а також обмеження та недостатня повнота інформації призводять до того, що існуючі математичні моделі управління багатонаменклатурним запасом (УБЗ) не дозволяють оперативної і з необхідною точністю приймати ефективні управлінські рішення.

У зв'язку із цим, постає задача розробки та впровадження в роботу торговельної організації адекватним сучасним вимогам багатокритеріальних математичних моделей вибору постачальників товарів, обсягів закупівлі та маршрутів доставки товару до дистриб'ютора.

### Аналіз публікацій

Зважаючи на важливість проблеми управління запасами для будь-якого торговельного або промислового підприємства, аналізу таких аспектів роботи організації, як обґрунтування вибору постачальників та обсягів закупівлі товарів присвячені праці багатьох учених [1 - 7].

Разом із тим, аналіз наукових публікацій свідчить, що названі проблеми далекі від вичерпного вирішення, а отже дослідження різних аспектів процесу УБЗ в умовах ринкових відносин яким притаманні ризик та невизначеність є актуальними як з теоретичного, так і з практичного погляду.

### Мета і постановка задачі

Метою даного дослідження є підвищення ефективності роботи торговельної організації за рахунок розробки та впровадження багатокритеріальної математичної моделі вибору постачальників товарів, обсягів закупівлі та маршрутів доставки товару до дистриб'ютора.

Результатом використання даної математичної моделі буде визначення варіантів доставки необхідних об'ємів товарів від економічно вигідних постачальників із застосуванням мінімальної кількості вантажівок, що в свою чергу дозволить мінімізувати витрати, а отже підвищить прибуток підприємства.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: проаналізувати сутність проблеми управління товарними потоками; розглянути існуючі моделі і методи вибору постачальників товарів та маршрутів доставки; розробити алгоритм і багатокритеріальну математичну модель вибору постачальників товарів, обсягів закупівлі та маршрутів доставки товару до дистриб'ютора.

### Модель вибору постачальників та обсягів закупівлі товару

Ефективність роботи торговельного підприємства значною мірою залежить від вибору постачальників та врахування оптимальних обсягів і маршрутів доставки товару.

Для побудови математичної моделі, за допомогою якої можна розрахувати зазначені вище вимоги, які забезпечують конкурентоспроможність та прибуткову діяльність підприємства, введемо наступні позначення:

- множину типів товарів  $i = \overline{1, N}$  ;
- для кожного типу – множину видів  $v = \overline{1, \theta}$  товарів;
- загальний попит на товари  $i$ -го типу  $v$ -го виду  $S_{iv}$  у заданий період часу;
- множину територіально розподілених постачальників  $j = \overline{1, M}$  ;
- кількість наявного у постачальників асортименту товару  $x_{iv}^n$  ;
- кількість власних вантажівок  $\overline{TA}_{ij}$  у

дистриб'ютора для доставки товарів від постачальників;

– технічні характеристики автомобілів, такі як, вантажопідйомність  $TA^m$ , об'єм вантажного відсіку  $TA^V$  та об'єм палива  $V^P$ , що споживає машина на 100 кілометрів пробігу;

– марку  $M^P$  та вартість палива  $C^P$ , що споживає автомобіль;

– відстані між постачальниками та дистриб'ютором.

Постає завдання: розробити багатокритеріальну математичну модель УБЗ, що дозволить вибрати постачальників товарів; визначитися із обсягом закупівлі товарів у кожного із них; розрахувати необхідну кількість транспортних засобів і ефективні маршрути доставки товару від постачальника до дистриб'ютора з урахуванням заданих критеріїв та обмежень.

– мінімальна загальна довжина маршрутів доставки товарів від постачальників до дистриб'ютора

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} \sum_{j=1}^M Dp_{ijv}(x_{ijv}); \quad (1)$$

– мінімальна кількість власного вантажного автотранспорту дистриб'ютора для доставки товарів від постачальників

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} \sum_{j=1}^M TA_{ijv}(x_{ijv}); \quad (2)$$

– мінімальна кількість орендованого вантажного автотранспорту для доставки товарів від постачальників

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} \sum_{j=1}^M TE_{ijv}(x_{ijv}); \quad (3)$$

– мінімальні загальні витрати на доставку товарів від постачальників до дистриб'ютора

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} \sum_{j=1}^M \bar{D}_{ijv}(x_{ijv}); \quad (4)$$

– мінімальна кількість водіїв вантажівок та експедиторів для доставки товарів від постачальників до дистриб'ютора

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} \sum_{j=1}^M [\bar{RV}_{ijv}(x_{ijv}) + \bar{RE}_{ijv}(x_{ijv})]. \quad (5)$$

Область допустимих значень задається наступними обмеженнями:

– кількість вантажного автотранспорту для доставки товарів від постачальників до дистриб'ютора не повинна перевищувати задану кількість  $\bar{TA}_{iv}^{zad}$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} \sum_{j=1}^M TA_{ijv}(x_{ijv}) \leq \bar{TA}_{iv}^{zad}; \quad (6)$$

– кількість орендованого вантажного автотранспорту для доставки товарів від постачальників до дистриб'ютора не повинна перевищувати задану кількість  $\bar{TE}_{iv}^{zad}$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} \sum_{j=1}^M TE_{ijv}(x_{ijv}) \leq \bar{TE}_{iv}^{zad}; \quad (7)$$

– кількість водіїв вантажівок для доставки товарів від постачальників до дистриб'ютора не повинна перевищувати задану кількість  $\bar{RV}_{iv}^{zad}$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} \sum_{j=1}^M \bar{RV}_{ijv}(x_{ijv}) \leq \bar{RV}_{iv}^{zad}; \quad (8)$$

– загальна кількість експедиторів для доставки товарів від постачальників до дистриб'ютора не повинна перевищувати задану кількість  $\bar{RE}_{iv}^{zad}$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} \sum_{j=1}^M \bar{RE}_{ijv}(x_{ijv}) \leq \bar{RE}_{iv}^{zad}; \quad (9)$$

– загальні витрати на доставку товару не повинні перевищувати задані  $\bar{D}_{iv}^{zad}$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} \sum_{j=1}^M \bar{D}_{ijv}(x_{ijv}) \leq \bar{D}_{iv}^{zad}. \quad (10)$$

Для реалізації поставленого завдання, перш за все, слід розробити алгоритм вибору постачальників і обсягів закупівлі товару у кожного постачальника, а також транспортних засобів, необхідних для доставки товару від постачальника до дистриб'ютора (рис. 1).

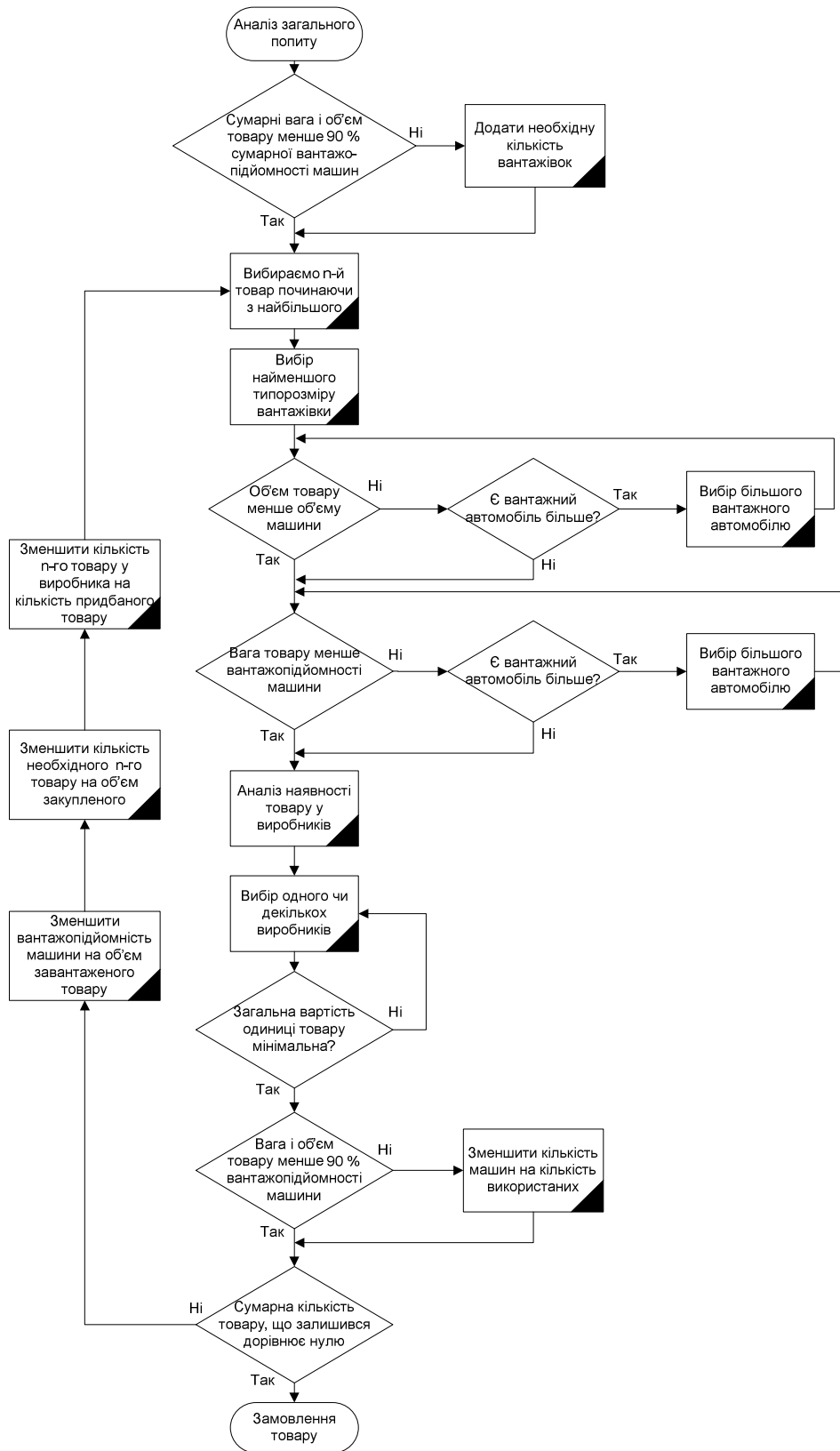


Рис. 1. Алгоритм вибору постачальників, об'ємів закупівлі товару та транспортних засобів для доставки товару від постачальника до дистриб'ютора

Так як номенклатура потрібного дистриб'ютору товару та розмір загального попиту на нього відомі, то слід розрахувати сумарну вагу і об'єм цих товарів на основі даних про типорозміри ящиків усієї необхідної номенклатури. Отримана інформація порівнюється із даними про загальний об'єм та вантажопідйомність наявних у дистриб'ютора вантажівок.

Далі розглядається: чи є необхідність додатково орендувати транспорт для перевезення товарів. Якщо для перевезення товару наявних у дистриб'ютора автомобілів не вистачає, то слід прийняти рішення про оренду необхідної кількості вантажівок та додати їх до загального автопарку дистриб'ютора виходячи з умов:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} x_{iv} V_{iv}^{mos} \leq 0,9 \sum_{b=1}^{\overline{TA}_{ij}} TA^V \\ \sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{\theta} x_{iv} m_{iv}^{mos} \leq 0,9 \sum_{b=1}^{\overline{TA}_{ij}} TA^m \end{cases}, \quad (11)$$

де  $V_{iv}^{mos}$  – об'єм одиниці товару  $i$ -го типу  $v$ -го виду;

$m_{iv}^{mos}$  – вага одиниці товару  $i$ -го типу  $v$ -го виду.

Потім вибираємо товар  $i$ -го типу  $v$ -го виду, починаючи з того, попит на який у заданий період часу найбільший.

Наступним кроком, вибираємо вантажівку з найменшим об'ємом вантажного відсіку, та аналізуємо: чи спроможна дана вантажівка перевезти замовлений товар. Цей об'єм залежить від технічних характеристик автомобілю та змінюється в залежності від об'єму завантаженого товару. Якщо необхідний для закупівлі та перевезення товар перевищує об'єм вільного вантажного відсіку автомобіля, то вибирається вантажівка з більшими розмірами вантажного відсіку. Якщо об'єм необхідного товару більше, ніж максимальний вільний об'єм вантажівки, то необхідна кількість товару зменшується до величини, що дорівнює 90% вільного об'єму найбільшої вантажівки. Дані умови вибору об'єму замовлення математично можна представити таким чином:

$$\begin{cases} V_{iv}^{зам} = x_{iv} V_{iv}^{mos}, x_{iv} V_{iv}^{mos} \leq 0,9TA^V \\ V_{iv}^{зам} = 0,9TA^V, x_{iv} V_{iv}^{mos} > \max(0,9TA^V) \end{cases}, \quad (12)$$

де  $V_{iv}^{зам}$  – об'єм замовлення товару  $i$ -го типу  $v$ -го виду.

Слід також перевірити відповідність ваги товару, який необхідно перевезти, максимальній вантажопідйомності вибраного автомобіля. Якщо його вантажопідйомність не достатня, то вибирається

наступна, більш потужна вантажівка. Коли вага вибраного для перевезення товару перевищує вантажопідйомність найбільшого автомобілю, тоді кількість необхідного товару зменшується до кількості, яка відповідає 90% вільної вантажопідйомності цієї машини. Математично даний етап алгоритму має наступний вигляд:

$$\begin{cases} m_{iv}^{зам} = x_{iv} m_{iv}^{mos}, x_{iv} m_{iv}^{mos} \leq 0,9TA^m \\ m_{iv}^{зам} = 0,9TA^m, x_{iv} m_{iv}^{mos} > \max(0,9TA^m) \end{cases}, \quad (13)$$

де  $m_{iv}^{зам}$  – вага необхідного для замовлення товару  $i$ -го типу  $v$ -го виду.

Важливим етапом є вибір постачальника необхідних для дистриб'ютора товарів. Для того, щоб прийняти правильне рішення, розглядаються усі представлені на ринку виробники і здійснюється вибір одного чи декількох, які задовольняють заданим вимогам по асортименту та кількості необхідного товару. Якщо окремі виробники на даний період часу не мають необхідного обсягу товарів, то вибирається декілька постачальників, які разом задовольнять заданий попит.

Потім аналізується загальна вартість одиниці товару у кожного постачальника і обирається той із них, в якого вона мінімальна. Загальна вартість одиниці товару включає в себе вартість самого товару та вартість його доставки до дистриб'ютора. До вартості доставки входить: заробітна плата водія; спожите автомобілем паливо; витрати на утримання та ремонт автомобіля. Тоді формула загальної вартості одиниці товару має наступний вигляд:

$$C_{ijv} = C_{ijv}^{sup} + \frac{Z_{вод} + Z_{рем} + Z_{нал}}{x_{ijv}}, \quad (14)$$

де  $C_{ijv}$  – загальна вартість одиниці товару  $i$ -го типу  $v$ -го виду у  $j$ -го постачальника;

$C_{ijv}^{sup}$  – вартість одиниці товару  $i$ -го типу  $v$ -го виду у  $j$ -го постачальника;

$Z_{вод}$  – заробітна плата водія;

$Z_{нал}$  – спожите автомобілем паливо;

$Z_{рем}$  – витрати на утримання та ремонт автомобіля.

Заробітну плату водіїв і витрати на обслуговування автомобіля можна вважати постійними величинами, так як вони не залежать від постачальника товарів. Враховуючи вище сказане формула (14) буде мати вигляд

$$C_{ijv} = C_{ijv}^{sup} + \frac{Z_{нал}}{x_{ijv}}, \quad (15)$$

Потрібно зосередитися на розрахунку спожитого палива. Загальне спожите вантажівкою паливо розраховується виходячи з подоланої нею відстані  $A$ , витрат палива на 100 кілометрів  $V^p$  та ціни за літр на дану марку палива  $c^p$

$$Z_{\text{нал}} = \frac{V^p \times c^p \times A}{100}. \quad (16)$$

Тобто на основі формул (15) і (16) отримуємо підсумкову формулу загальної вартості одиниці товару

$$c_{ij} = c_{ij}^{\text{вир}} + \frac{V^p \times c^p \times A}{100 \times x_{ij}}. \quad (17)$$

Для розрахунку подоланої відстані  $A$  необхідно використати матрицю відстаней між дистриб'ютором і постачальниками. Дана матриця має наступний вигляд:

$$[A] = \begin{pmatrix} \infty & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{(j+1)1} \\ a_{12} & \infty & a_{32} & \dots & a_{(j+1)2} \\ a_{13} & a_{23} & \infty & \dots & a_{(j+1)3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1(j+1)} & a_{2(j+1)} & a_{3(j+1)} & \dots & \infty \end{pmatrix}. \quad (18)$$

Наступним кроком є аналіз рівня завантаженості автомобілю. Якщо він перевищує 90 %, то вантажівка вважається повною, а її вільний об'єм та вільна вантажопідйомність прирівнюється до нуля. Після цього кількість невикористаних автомобілів зменшується на одну.

Далі перевіряємо чи весь необхідний дистриб'ютору товар завантажено. Якщо ні, то слід зменшити вільний об'єм та вантажопідйомність автомобілю на величину, рівну завантаженому товару. Потім зменшуємо кількість  $i$ -го товару у постачальника на величину завантаженого товару. У той же час, кількість товару, яка необхідна дистриб'ютору, зменшується на ту саму величину. Якщо ж весь запланований товар завантажено, то необхідності у подальшому розрахунку немає. У даному разі, створюються супровідні документи (видаткові накладні та маршрутні листи) і товар перевозиться від постачальника до дистриб'ютора.

## Висновки

На основі проведеного дослідження можна зробити висновок, що використання розробленого алгоритму і багатокритеріальної математичної моделі вибору постачальників та обсягів закупівлі товару, дозволить автоматизувати процес складання маршрутних листів та скоротити час розробки

маршрутів перевезення товарів.

Впровадження розробленої методики у практичну роботу торговельних підприємств буде сприяти підвищенню ефективності системи управління товарними і фінансовими ресурсами, дасть можливість зменшити загальні витрати на УБЗ та скоротити час на прийняття управлінських рішень.

## Література

1. Попова І. В. Обґрунтування вибору потенційного постачальника як фактора підвищення стійкості підприємства / І. В. Попова // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – Львів, Видавництво Львівської політехніки. – 2010. – № 690. – С.421 - 426.
2. Беспалов Р. С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки / Беспалов Р. С. – Москва: Вершина, 2007. – 384 с.
3. Бауэрсокс Д. Логистика: интегрированная цепь поставок / Бауэрсокс Д., Дейвид Дж., Клосс Дж., пер. с англ. – [2-е изд.]. – М.: Олимп-Бизнес, 2005. – 639 с.
4. Левиков Г. А. Управление транспортно-логистическим бизнесом / Левиков Г. А. – [2-е изд., испр. и доп.]. – М.: Росконсульт, 2006. – 142 с.
5. Николайчук В. Е. Транспортно-складская логистика / Николайчук В. Е. – М.: Дашков и Ко, 2007. – 452 с.
6. Савин В. И. Перевозки грузов автомобильным транспортом: Справочное пособие / Савин В. И. – М.: Дело и сервис, 2002. – 544 с.
7. Доенин В. В. Динамическая логистика транспортных процессов / Доенин В. В. – М.: Изд-во "Компания Спутник+", 2010. – 246 с.

**Маркозов Д.А. Многокритериальная математическая модель поддержки принятия решений выбора поставщиков и объемов закупки товаров.** В статье разработана многокритериальная математическая модель выбора поставщиков и объемов закупки товаров. Показано, что данная модель позволяет выбрать экономически выгодных для торговой организации поставщиков с учетом расходов на доставку товаров. Доказано, что применение данной математической модели создает условия для принятия эффективного управленческого решения, будет способствовать повышению прибыли торговой организации.

**Ключевые слова:** математическая модель, неопределенность, многокритериальная оценка, многономенклатурные товары, запасы, управленческое решение.

**Markozov D.A. MULTICRITERION MATHEMATICAL MODEL OF SUPPORT OF MAKING DECISIONS AS TO THE CHOICE OF SUPPLIERS AND THE VOLUMES OF GOODS PURCHASES.**

A multicriterion mathematical model of support of making decisions as to the choice of suppliers and the volumes of goods purchases has been developed in the article. It is shown that this model allows you to select cost-effective suppliers for a commercial organization, taking into account goods shipping charges. It is proved that the application of this mathematical model creates the conditions for making effective managerial decisions and will enhance profit of a commercial organization.

**Key words:** mathematical model, uncertainty, multicriterion evaluation, diversified products, stores, managerial decision.

Рецензент д.т.н., професор Нефьодов Л.І.  
(ХНАДУ)

*Поступила 15.04.2014г.*