

УДК 004.942

**Н. В. ЄРЕМЕНКО***Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків***ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ КАНАЛІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ В РІЗНОРІДНІЙ ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ КОМПАНІЇ**

*Ставиться та вирішується завдання побудови методу формування структури каналів доставки вантажів в умовах територіальної розподіленості учасників логістичного ланцюга, а також складних каналів доставки вантажів в різномірній транспортній мережі, який пов'язаний з вибором і оцінкою множини можливих варіантів організації каналів збуту з використанням розподільчих центрів і пунктів перевалки вантажів. Проводиться вибір місць розміщення для складування та зберігання вантажів із застосуванням методів кластеризації та багатокритеріальної оптимізації в умовах нечіткості представлення вхідних даних. Проводиться обґрунтування тимчасових пунктів перевалки вантажів, призначених для стикування різних транспортних магістралей із застосуванням методу цілочислового лінійного програмування та багатокритеріальної оптимізації.*

**Ключові слова:** *різномірна транспортна мережа, мультимодальні вантажоперевезення, пункт перевалки, складування, управління збутом.*

**Вступ**

Глобалізація виробництва, ринків постачання і збуту продукції, а також необхідність забезпечення високої швидкості реагування на потреби ринку вимагають впровадження ефективних механізмів управління сучасним підприємством. Виникнення розподілених на великій території потоків сировини і матеріалів, готової продукції, а також розподіленість споживачів і постачальників, привели до необхідності вдосконалення системи планування, управління і контролю вантажопотоків з метою мінімізації витрат, пов'язаних з транспортуванням і складуванням. Крім того, в даний час великі компанії і корпорації, пов'язані з масовим випуском продукції, використовують для доставки вантажів різні транспортні магістралі, що, зі свого боку, потребує розробки методу для обґрунтування і вибору пунктів перевалки (ПП) вантажів при стикуванні магістралей.

Тому актуальною є мета статті, а саме: розроблення методу формування структури каналів доставки вантажів в умовах територіальної розподіленості учасників логістичного ланцюга, а також складних каналів доставки вантажів в різномірній транспортній мережі.

**Постановка задачі дослідження**

Складна структура зв'язків між різними суб'єктами ринку (постачальники, виробники, споживачі, розподільчі центри) потребує вдосконалення існуючих та розроблення нових методів і моделей організації вантажоперевезень з обов'язковим урахуванням і узгодженням особливостей, внутрішніх і зов-

нішніх зв'язків усіх учасників розподіленого логістичного ланцюга. Методи вирішення задач управління постачанням і збутом в розподіленій логістичній системі знайшли відображення в роботах А. М. Гаджинського, Д. Уотерса, Л. В. Канторовича, Ю. М. Неруша, В. І. Сергєєва, Б. К. Плоткіна, М. Д. Годлевського та ін [1-3]. Однак проведений огляд та аналіз публікацій показав, що в даний час недостатньо уваги приділено задачам управління постачанням і збутом з урахуванням множини розподільчих центрів, складних каналів доставки вантажів з використанням перевалок в різномірній транспортній мережі.

Ефективність розподіленої логістичної системи управління вантажоперевезеннями (РЛСУВ) багато в чому визначається способом їх структурної організації. У процесах планування розвитку або реорганізації систем постачання та збуту неминуче постає проблема вибору найбільш раціонального варіанта структурної організації. Зі збільшенням кількості учасників РЛСУВ різко зростає складність завдань структурного аналізу і синтезу. Базою сучасних методів проектування великомасштабних об'єктів, до яких можна віднести розподілену систему постачання та збуту є теорія складних систем, основи якої викладено в роботах Г. Гуда, Р. Маккола, М. Месаровича, Д. Мако, Я. Такахара, Л. Лесдона, Н. П. Бусленко, Дж. Кліра [4, 5].

Для ефективного вирішення завдань в умовах значної територіальної розподіленості основних учасників логістичного ланцюга з використанням множини розподільчих центрів і складних каналів доставки вантажів необхідно розробити метод формування структури розподіленої логістичної систе-

ми дистрибуцій (РЛСД), який враховує множину місць складування, розподільчі центри і ПП вантажів в різномірній транспортній мережі.

### Вирішення завдання дослідження

В якості РЛСД в роботі розглядається логістична система, що містить крім виробників і споживачів продукції множину ПП і розподілу вантажів у різномірній транспортній мережі, що формуються, якщо магістралі різномірної транспортної мережі знаходяться досить близько одна від одної або їх поєднано на одній площі. У роботі розглянуто можливі варіанти реалізації ПП, що пов'язані з доставкою вантажу по одній транспортній магістралі та переходом (додаткове транспортування; складування; перевалка) на іншу транспортну магістраль. Вирішено два типи ПП:

– стаціонарні ПП, призначені для складування, зберігання і перевалки продукції, в якості яких можуть використовуватися розподільчі центри дистрибуції (РЦД);

– тимчасові ПП, призначені для перевалки вантажів в різномірній транспортній мережі, коли різні магістралі знаходяться досить близько одна від одної або їх поєднано на одній площі. У цьому випадку, як можливий варіант, можуть бути використані вузли транспортної мережі.

Вирішення задачі формування структури каналів доставки вантажів складається з кількох етапів.

1. Обґрунтування використання стаціонарних ПП для місць складування, зберігання і перевалки вантажів. Для цього необхідно провести:

а) сегментацію споживачів готової продукції, що здійснюється з використанням кластерного аналізу (рис. 1). Аналіз показав, що складність управління вантажними потоками в розподіленому логістичному ланцюзі значною мірою обумовлена територіальною розподіленістю основних її учасників (постачальників, виробників і споживачів), а також інтенсивністю споживання продукції кінцевими споживачами, яка визначає періодичність поставок, а, отже, і вартість перевезень. Тому сегментація проводилася на основі аналізу інтенсивності споживання продукції та територіальної близькості споживачів з використанням кластерного аналізу з метою формування множини альтернативних варіантів розміщення місць зберігання та складування продукції. Результатом проведеної сегментації є сформована множина кластерів, центри розсіювання яких являють собою альтернативні варіанти розміщення РЦД;

б) порівняння варіантів з множини альтернатив (можливих варіантів розміщення РЦД, отриманих раніше) на основі багатокритеріальної оптимізації в

**Крок 1.** Множину споживачів продукції  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$  подати як множину кластерів  $\{I_1\}, \{I_2\}, \dots, \{I_n\}$ . Кожному споживачеві поставити у відповідність координати  $\{X, Y\}$ , а також значення інтенсивності  $\Lambda$  споживання конкретного виду продукції за певний період часу, які визначають відстані між кластерами. За міру взяти квадрат евклідової метрики  $d_{ij}^2 = (X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 + (\Lambda_i - \Lambda_j)^2$  і визначити матрицю відстаней  $D = \{d_{ij}^2\}$

**Крок 2.** Вибрати два кластери  $\{I_i\}$  і  $\{I_j\}$ , які є найбільш близькими один до одного (тобто відстань між кластерами  $\{I_i\}$  і  $\{I_j\}$  є мінімальною):  $d_{ij}^2 = \min\{d_{ij}^2, i \neq j\}$ , об'єднати їх в один кластер  $\{I_i, I_j\}$ . Отримати нову множину кластерів, що складається вже з  $n-1$  кластерів:  $\{I_1\}, \{I_2\}, \{I_i, I_j\}, \dots, \{I_n\}$  і побудувати нову матрицю відстаней  $(n-1) \times (n-1)$

**Крок 3.** Процес повторюється до отримання кластера, який складається з  $n$  об'єктів і збігається з початковою множиною  $I = \{I_1, I_2, I_3, \dots, I_n\}$ . При цьому якщо на поточному кроці відбувається об'єднання кластерів, потужність яких більша або дорівнює двом, то центри розсіювання  $\bar{X}$  і  $\bar{Y}$  таких кластерів додаються до множини можливих альтернативних варіантів розміщення РЦД (що виключає можливість об'єднання двох кластерів, які схожі за інтенсивністю споживання продукції, але знаходяться на значній відстані один від одного, а отже, потребують різних місць розміщення РЦД)

Рис. 1. Послідовність кластеризації кінцевих споживачів

умовах можливої нечіткості вхідних даних (рис. 2). Застосування нечіткого ранжування (оцінювання ступеня важливості / відповідності критеріїв та альтернатив з допомогою нечіткої функції приналежності) дало змогу застосувати метод як для кількісних, так і для якісних критеріїв. Перевагою запропонованого методу є виявлення одночасно як найкращого, так і найгіршого варіантів розташування РЦД. Передбачено, що компромісний варіант має бути найбільш близьким до позитивного (ідеального) рішення і знаходитися на допустимій відстані від негативного (гіршого) рішення [6, 7]. Унаслідок вирішення задачі множини альтернативних місць розміщення РЦД було проранжовано за заданими критеріями й виділено найкращі варіанти розміщення РЦД.

2. Обґрунтування ПП, призначених для стикування різних транспортних магістралей із застосуванням методу цілочислового лінійного програму-

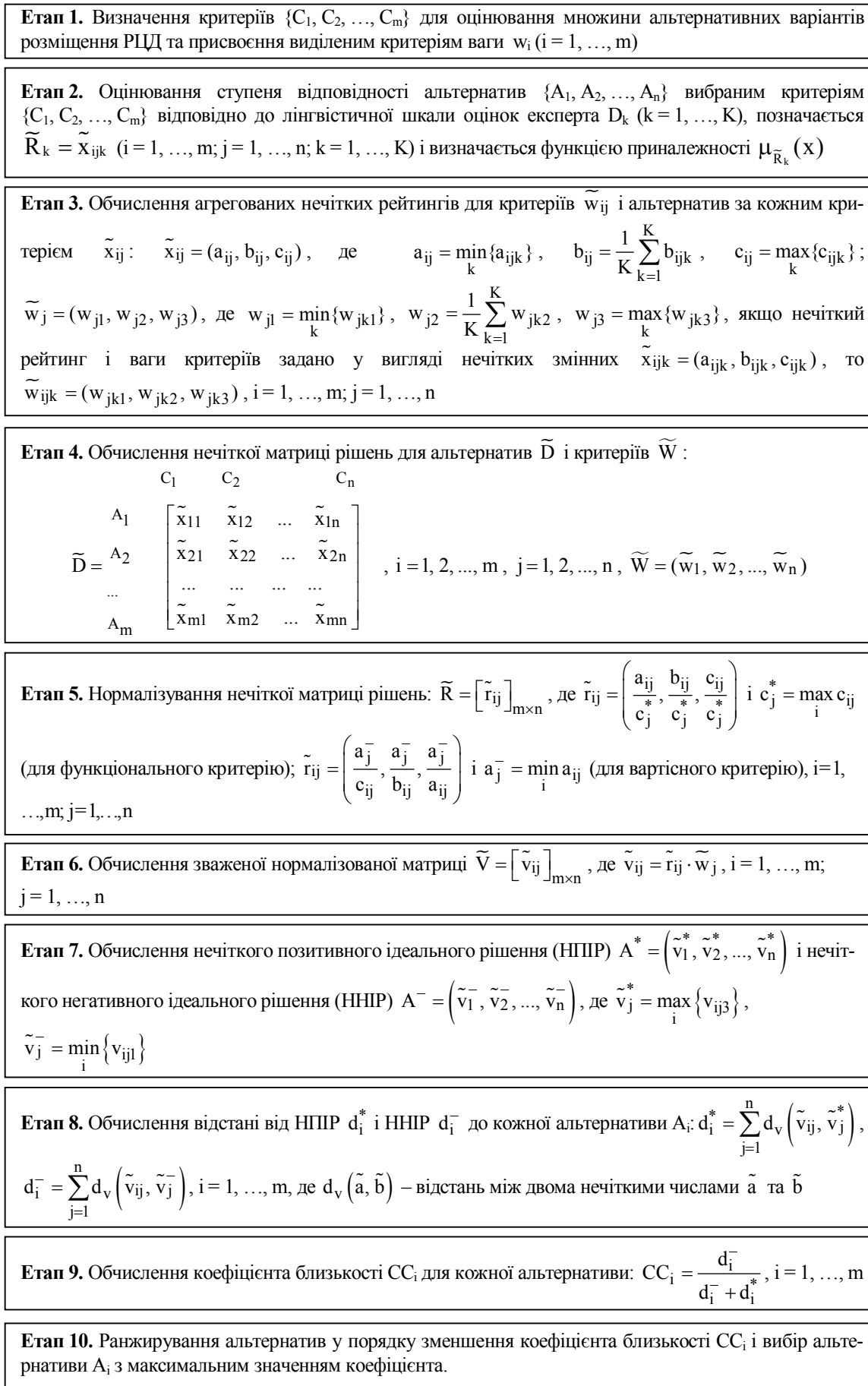


Рис. 2. Етапи методу багатокритеріальної оптимізації в умовах нечіткості вхідних даних

вання та багатокритеріальної оптимізації для мінімізації логістичних витрат. Для оцінювання логістичних витрат при стикуванні різних транспортних магістралей було введено такі показники: вартість оренди площі для організації ПП (А); вартість технологічного обладнання для формування ПП (В); вартість робіт, пов'язаних зі створенням або модернізацією ПП (С); витрати на персонал ПП (D); ризики, пов'язані з організацією ПП (E); час, витрачений на перевантаження (F) одиниці вантажу (наприклад, контейнер); обсяг перевезеного вантажу (V). Запропоновано багатокритеріальну постановку задачі оптимізації витрат, пов'язаних зі стикуванням різних транспортних магістралей при використанні ПП з уведенням комплексного критерію W для оцінювання витрат на основі методу ідеальної точки з урахуванням обмеження на обсяг вантажів, який необхідно доставити споживачу (не менше за встановлене значення) [8, 9]. У цьому випадку кожному варіанту  $S_i$  розміщення ПП ставиться у відповідність набір оцінок  $S_i = \{A_i, B_i, C_i, D_i, E_i, F_i, V_i\}$  за виділеними показниками та вводиться поняття ідеальної точки  $S = \{A^-, B^-, C^-, D^-, E^-, F^-, V^-\}$ , для якої оцінки по всім виділеним показникам є найкращими. Тоді узгальнений критерій буде мати такий вигляд:

$$W = \left( \alpha_A (A_i - A^-)^p + \alpha_B (B_i - B^-)^p + \alpha_C (C_i - C^-)^p + \alpha_D (D_i - D^-)^p + \alpha_E (E_i - E^-)^p + \alpha_F (F_i - F^-)^p + \alpha_V (V^- - V_i)^p \right)^{1/p},$$

де  $p = 1, 2, 3, \dots$ ;  $\alpha_A, \alpha_B, \alpha_C, \alpha_D, \alpha_E, \alpha_F, \alpha_V$  – «ваги» показників, які оцінюються з допомогою експертів,  $\sum_{k=1}^7 \alpha_k = 1$ .

Найкращим варіантом організації каналів збуту (з використанням ПП для стикування різнорідних транспортних мереж) є варіант, для якого значення комплексного критерію W буде мінімальним.

3. Структурний аналіз, який полягає в перерахуванні варіантів каналів доставки вантажів з урахуванням можливих типів розподільчих центрів, а також рівнів мережі (регіональний і мультирегіональний) із застосуванням методів теорії перерахування та комбінаторики [10, 11]. Різноманітність варіантів розміщення РЦД пов'язана з різною топологією транспортних мереж, а також типами РЦД, що використовуються для розрахунку можливих варіантів структури каналів вантажоперевезень. При цьому можуть бути вирішені такі задачі:

а) перераховано варіанти формування каналів збуту продукції з урахуванням наявних РЦД, зафік-

сованих у вузлах різнорідної транспортної мережі;

б) перераховано можливі варіанти для побудови нових каналів збуту (модернізації існуючих) з можливим розміщенням РЦД на мультирегіональному й регіональному рівнях з урахуванням однотипних і різнотипних ПП.

### Формування структури каналів доставки вантажів для фармацевтичної компанії

В роботі проведено аналіз існуючої логістичної системи поставок медичних препаратів та фармацевтичної продукції споживачам (аптекам) для обґрунтування структури та місця розташування РЦД (офіс-складів) на прикладі Харківської філії СП «Оптіма Фарм, ЛТД». При цьому вихідними даними є інформація про споживачів (приватні та муніципальні аптеки, лікарні і поліклініки м. Харкова), отримані з бази даних і їх місце розташування (рис. 3).

В результаті застосування розробленого методу сегментації кінцевих споживачів готової продукції на основі кластерного аналізу було сформовано множину кластерів (споживачів готової продукції), центри розсіювання яких представляють собою альтернативні варіанти розміщення РЦД, а саме:

- альтернатива № 1 – вул. Новожанівська, 12;
- альтернатива № 2 – вул. Гвардейців-Ширинцев, 45;
- альтернатива № 3 – вул. Харківських Дивізій, 20;
- альтернатива № 4 – вул. Драгомирівська, 10;
- альтернатива № 5 – вул. Котлова, 82.

Всі зазначені альтернативи мають задовільні для керівництва компанії площі складських і офісних приміщень, обладнані пунктом охорони, системою кондиціонування, стелажми для зберігання медпрепаратів, конвеєром з роликовою доріжкою і ящиками (для зберігання товарів), в наявності є гігрометри для визначення вологості складських приміщень. Порівняння альтернатив (можливі варіанти розміщення РЦД, отримані на попередньому кроці) проводилось на основі багатокритеріального оцінювання в умовах можливої нечіткості вхідних даних. Для ранжирування альтернатив були використані критерії, запропоновані керівництвом компанії і наведені в таблиці 1.

За результатами порівняння значень коефіцієнтів близькості по кожній з альтернатив було проведено ранжирування:  $A_4 > A_1 > A_3 > A_2 > A_5$ . В отриманому ряді альтернатива  $A_4$  (вул. Драгомирівська, 10) є найкращою з точки зору запропонованих критеріїв оцінювання та задовольняє вимогам керівництва компанії.

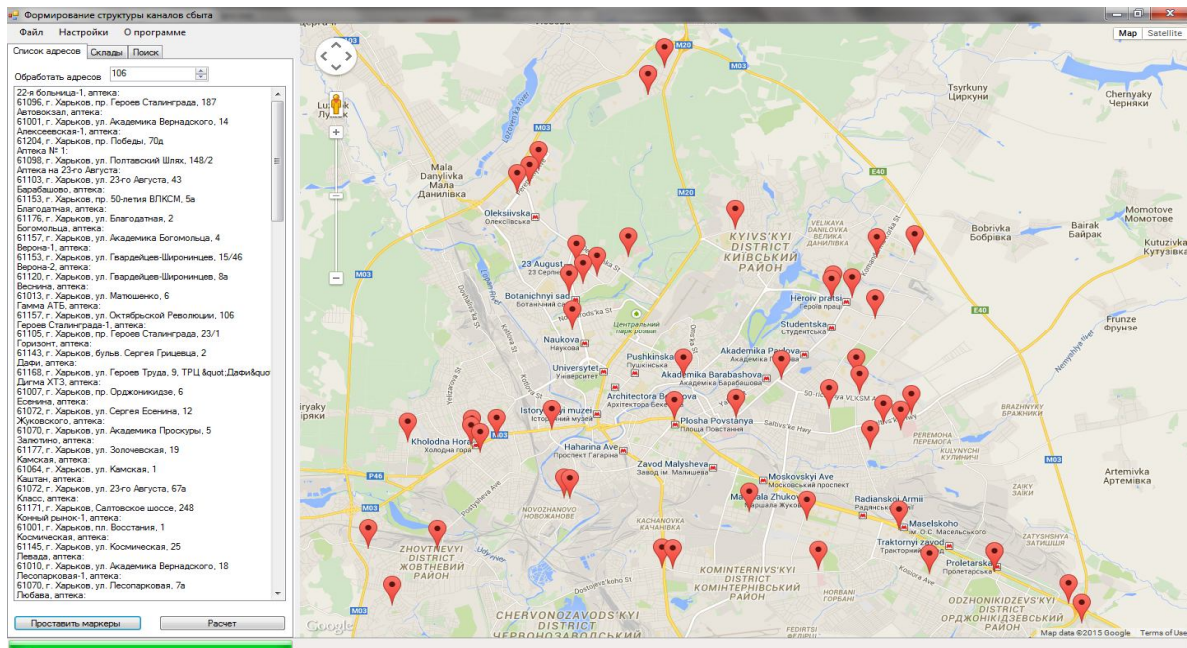


Рис. 3. Розподілена структура логістичних поставок

Таблиця 1

## Критерії для оцінки та вибору варіантів розміщення РЦД

Критерій	Опис	Тип критерію
Доступність ( $C_1$ )	Доступність громадських і приватних / спеціалізованих транспортних засобів	Функціональний критерій
Безпека ( $C_2$ )	Ступінь захищеності від пригод, злодіїв і вандалізму	Функціональний критерій
Можливість використання мультимодальних перевезень ( $C_3$ )	Зв'язок з аеропортами, морськими і річковими портами, залізницею, автомагістралями і т.д.	Функціональний критерій
Вартість оренди/покупки землі ( $C_4$ )	Крім вартості покупки / оренди включає в себе вартість обслуговування	Вартісний критерій
Транспортні витрати ( $C_5$ )	Вартість перевезення вантажів до РЦД і від РЦД до споживачів	Вартісний критерій
Доступність ресурсів ( $C_6$ )	Доступність ресурсів (матеріальних, людських, енергетичних та ін.)	Функціональний критерій
Якість доріг ( $C_7$ )	Якість дорожнього покриття, наявність магістралей тощо	Функціональний критерій
Можливість розширення ( $C_8$ )	Можливість збільшення займаних площ відповідно до збільшення попиту на продукцію	Функціональний критерій
Якість і надійність способів транспортування ( $C_9$ )	Здатність забезпечувати надійні способи транспортування клієнтам	Функціональний критерій

## Висновки

В роботі розв'язано завдання розроблення методу формування структури каналів доставки вантажів в різнорідній транспортній мережі, який дає змогу обґрунтувати використання місць складування і пунктів перевалки вантажів в різнорідній транспортній мережі на основі сегментації ринку збуту з використанням багатокритеріальної оптимізації, нечіткої логіки і теорії перерахування. Проведено апробацію розробленого методу на прикладі вибору і логістичного обґрунтування місць розміщення пунктів перевалки і РЦД для каналів збуту фармацевтичної компанії.

## Література

1. Гаджинский, А. М. *Логистика [Текст] / А. М. Гаджинский. – М. : Изд-во «Дашкович и Ко, 2010. – 245 с.*
2. Уотерс, Д. *Логистика. Управление цепью поставок [Текст] : пер. с англ. / Д. Уотерс. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.*
3. Christopher, M. *Logistics & Supply Chain Management [Text] / M. Christopher. – Great Britain : Pearson Education Limited, 2011. – 276 p.*
4. Aguezoul, A. *Overview on Supplier Selection of Goods versus 3PL Selection [Text] / A. Aguezoul // Journal of Logistics Management. – 2012. – № 1(3). – P. 18 – 23.*

5. Fentahun, K. *Combining Simple Multiple Attribute Rating Technique and Analytical Hierarchy Process for Designing Multi-Criteria Performance Measurement Framework [Text]* / K. Fentahun // *Global Journal of Researches in Engineering Industrial Engineering*. – 2013. – № 1. – P. 16 – 28.

6. *Location Optimization of Multiple Distribution Centers under Fuzzy Environment [Text]* / Yong Wang, Xiaolei Ma, Yunteng Lao, Yinhai Wang // *Journal of Computational and Applied Mathematics*. – 2012. – № 2. – P. 1 – 23.

7. Chu, T. C. *Facility location selection using fuzzy TOPSIS under group decisions [Text]* / T. C. Chu // *International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems*. – 2002. – № 6. – P. 687 – 701.

8. Еременко, Н. В. *Моделирование взаимодействия разнородных транспортных систем в логистике грузоперевозок [Текст]* / Н. В. Еременко,

В. А. Пуйденко // *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2014. – № 3 (67). – С. 133 – 136.

9. Федорович, О. Е. *Модели оптимизации и конфигурирования логистической системы дистрибьюции [Текст]* / О. Е. Федорович, К. О. Западня, Н. В. Еременко // *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2013. – № 4 (63). – С. 121 – 124.

10. Федорович, О. Е. *Перечисление множества вариантов логистической сети распределительных центров сбыта продукции [Текст]* / О. Е. Федорович, Н. В. Еременко // *Системи обробки інформації : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, Харк. ун-т Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*. – 2014. – Вип. 9 (125). – С. 205 – 208.

11. Еременко, Н. В. *Структурный анализ распределенной логистической системы дистрибьюции [Текст]* / Н. В. Еременко // *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2015. – № 1 (71). – С. 120 – 123.

*Поступила в редакцію 25.06.2015, рассмотрена на редколлегии 11.09.2015*

## ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КАНАЛОВ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ В РАЗНОРОДНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ

*Н. В. Еременко*

Ставится и решается задача построения метода формирования структуры каналов доставки грузов в условиях территориальной распределенности участников логистической цепи, а также сложных каналов доставки грузов в разнородной транспортной сети, связанный с выбором и оценкой множества возможных вариантов организации каналов сбыта с использованием распределительных центров и пунктов перевалки грузов. Проводится выбор мест размещения для складирования и хранения грузов с применением методов кластеризации и многокритериальной оптимизации в условиях нечеткости представления входных данных. Проводится обоснование временных пунктов перевалки грузов, предназначенных для стыковки различных транспортных магистралей с применением метода целочисленного линейного программирования и многокритериальной оптимизации.

**Ключевые слова:** разнородная транспортная сеть, мультимодальные грузоперевозки, пункт перевалки, складирование, управление сбытом.

## FORMATION OF THE CARGO DELIVERY CHANNELS STRUCTURE IN DIVERSE TRANSPORT NETWORK FOR PHARMACEUTICAL COMPANY

*N. V. Eremenko*

Posed and solved the problem of constructing a method of the cargo delivery channels structure formation in terms of territorial participants distribution of the logistics chain, as well as the complex delivery channels in a heterogeneous transport network associated with the selection and evaluation of many possible variants of the distribution channels organization with distribution centres and transshipment points. Choices of site for cargoes warehousing and storage using the methods of clustering and multi-criteria optimization under fuzzy representation of the input data is conducted. Substantiation the provisional trans-shipment points, designed for different highways joining using the method of integer linear programming and multi-criteria optimization is performed.

**Key words:** diverse transport network, multimodal transportation, item handling, warehousing, sales management.

**Еременко Наталія Валентинівна** – молодший науковий співробітник кафедри інформаційних управ-ляючих систем, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна, e-mail: khai302@ukr.net.