

**Загоровська Л.Г.**, к.т.н., доц.,  
доцент кафедри інформаційних систем  
Національного університету харчових технологій  
**Стрелець Є.В.**, аспірантка кафедри інформаційних систем  
Національного університету харчових технологій

**Zahorovska Larvsa**, Associate Profesor,  
Candidate of Technical Sciences.  
Information Systems Department,  
National University of Food Technologies  
**Strelets Yevheniia**, PhD Student  
of the Information Systems Department, National University  
of Food Technologies

## **ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

### **INFORMATIONAL ASSISTANCE FOR THE TASK OF FINDING OPTIMAL DISTRIBUTION ROUTE**

**Аннотація.** У роботі розглянуто питання значимості використання логістичної системи в діяльності підприємств харчової промисловості, подано перелік ключових задач логістики, серед яких виділено задачу транспортної логістики — визначення оптимального маршруту перевезень. Підкреслено особливу актуальність даної задачі для підприємств харчової промисловості, насамперед тих, що випускають продукцію з обмеженим терміном реалізації. Зазначено, що для таких продуктів збільшення часу перевезень до точок продажу відбувається за рахунок терміну їх споживання, а відтак, зменшується термін реалізації цієї продукції, що у свою чергу підвищує ризик недоотримання належних прибутків.

Розглянуто сучасні методи розв'язання задач та обґрунтовано вибір методу Кларка-Райта для задачі визначення оптимального маршруту перевезень вантажів. Наведено алгоритм методу та створення інформаційної підтримки для його інтеграції та реалізації в інформаційній системі логістики підприємства.

Розглянуто шляхи впровадження інформаційної підтримки реалізації задачі визначення оптимального маршруту перевезень із визначенням слабких та сильних сторін. Подано логічну модель бази даних типової інформаційної системи обліку та руху товарів, перевезень та автотранспорту підприємства із врахуванням особливостей діяльності підприємств харчової промисловості. Обґрунтовано використання CASE-засобу AllFusion DataModeler для проектування та документування бази даних, що дозволяє створювати, документувати та супроводжувати бази даних. Обрано та реалізовано підхід використання прямого проектування структури бази даних. Представлено процедуру генерації фізичної схеми бази даних з логічної моделі даних з можливістю включення тригерів для реалізації цілісності посилань, збереження процедур, індексів, обмежень та інших можливостей. Дана процедура є прозорою і зрозумілою як для розробника модуля інформаційної підтримки, так і

для його замовника. Коригування логічної моделі під потреби замовника та знаходження і встановлення точок дотику модуля до діючого програмного забезпечення використано для інтеграції модуля до існуючої інформаційної системи підприємства.

**Ключові слова.** Інформаційна підтримка, логістика, оптимальний маршрут, метод Кларка-Райта, алгоритм, логічна модель.

**Abstract.** The article shows importance of using logistics system in the food industry. There is list of main logistics issues and the task of transport logistics - determining the optimal route of transportation is highlighted. Special urgency of this task is used for enterprises of the food-processing industry, especially for those who produce products with a limited expiration date. For such products increase transportation time to sale points is due of their consumption period, and therefore, sale period of these products is reduced, what in turn increases risk of lack proper profits.

Modern solving issues methods and substantiation of using Clark-Write method to find optimal distribution route are considered. Also, there is method algorithm and creation of informational assistance for integration and realization in enterprise informational logistics system.

Ways of implementing information assistance to help determine the optimal route of transportation with the identify of weaknesses and strengths are considered. Database logical model of typical information system (accounting and goods movement, transportations and enterprise motor transport) is given considering the peculiarities of food industry enterprises activities. AllFusion DataModeler CASE-tool usage for database design and documentation is justified, which allows to create, document and maintain databases. Direct database structure design was chosen. Generating process of physical database schema from a logical data model with ability to include triggers (to implement link integrity), stored procedures, indexes, constraints, and other features, is presented in a transparent and understandable way for developers and customers. Model of customer needs and installing module contact points in the enterprise information system allow integrate the module into existing enterprise system.

**Keywords.** Informational assistance, logistics, optimal route, Clark-Write method, algorithm, logical model.

**Вступ.** Однією зі складових успішної роботи сучасного підприємства, що займається виготовленням та постачанням споживачам своєї продукції, є логістика. Основним завданням логістики є організація найраціональнішої поставки товарів, їх зберігання та експлуатація складів на підприємстві з мінімальними витратами. За характером і способом організації бізнес-процесів розрізняють закупівельну, виробничу, складську, транспортну та інформаційну логістику. Кожен вид логістики відповідає за розв'язання певного виду задач. Ефективна логістична система забезпечує стабільну та результативну роботу, сприяє підвищенню ефективності багатьох бізнес-процесів і зменшенню загальних витрат підприємства. Цілісна логістична система створюється за сумарними результатами формування та поелементного застосування логістики у різних підрозділах підприємства.

**Мета досліджень.** Проблема ефективної організації постачання виготовленої продукції набуває важливого значення, адже транспортні витрати складають значну частину загальних логістичних витрат підприємства. Ефективність доставки вантажів залежить від своєчасної підготовки відправлень, визначення термінів і маршрутизації перевезень. Особливої актуальності дана задача набуває для підприємств харчової промисловості, насамперед тих, що випускають продукцію з обмеженим терміном реалізації, таку як хлібобулочні вироби, м'ясні та молочні продукти, овочі, що не проходять термічної обробки, тощо. Для таких продуктів збільшення часу перевезень до точок продажу відбувається за рахунок терміну їх споживання, а відтак, зменшується термін реалізації цієї продукції, що у свою чергу підвищує ризик недоотримання належних прибутків.

З огляду на те, що мінімізація вартості перевезень виготовленої продукції від пунктів виробництва до пунктів реалізації забезпечує значний вигаш, тому саме для таких підприємств задача визначення оптимального маршруту перевезень є однією з найважливіших. Вона потребує розв'язання та включення до складу інформаційної системи логістики підприємства [1].

**Матеріали і методи.** Задача вибору оптимального варіанта постачання товарів від пунктів виробництва до пунктів реалізації з урахуванням усіх реальних можливостей передбачає мінімізацію загальних витрат, що досягається шляхом зменшення довжини маршруту та термінів перевезення. Скорочення відстані перевезень являється ключовим завданням при розв'язанні даної задачі. Адже зменшення пробігу автотранспорту призводить до зменшення часу поїздки та витрат на паливно-мастильні матеріали, що сприяє економії ресурсів і підвищенню ефективності перевезень. Задача полягає у визначенні кількості необхідного транспорту з урахуванням його вантажопідйомності і формуванні оптимального маршруту [1]. Тобто, потрібно віднайти найвигідніший маршрут руху транспорту, що проходить через вказані пункти по одному разу з подальшим поверненням до пункту відправлення. Критерієм оптимальності в даній постановці задачі є мінімальний пробіг транспортного засобу при максимальному завантаженні кузова.

Для розв'язання даної задачі існує значна кількість математичних методів, що дозволяють віднайти як точний, так і наближений розв'язок. Серед методів, що дають точний розв'язок, найвідоміші метод повного перебору та метод гілок і меж, основними недоліками яких є висока часова та ємнісна склад-

ність, що варто враховувати при великій кількості пунктів. Усі ж ефективні (такі, що скорочують повний перебір) методи є евристичними. Найбільшого розповсюдження здобули метод генетичних алгоритмів, метод Кларка-Райта, метод найближчого сусіда тощо.

Для розв'язання поставленої задачі найдоцільнішим є використання методу Кларка-Райта [2], що відноситься до числа наближених ітераційних методів, і може мати комп'ютерну реалізацію. При застосуванні даного методу похибка не перевищує 5–7 %. Крім цього, його перевагою є простота, надійність, гнучкість, що дозволяє врахувати ряд додаткових факторів впливу на кінцеве рішення задачі.

На початковому етапі реалізації алгоритму методу Кларка-Райта формується таблиця початкових даних з показниками розташування замовників на карті (координати  $x$  та  $y$ ), обсягом замовлень та розташування логістичного центру (бази). На наступному етапі сформована таблиця використовується для пошуку рішення. Його суть полягає в тому, щоб, відштовхуючись від вихідної схеми розвезення (радіальних маршрутів), по кроках перейти до оптимальної схеми розвезення з кільцевими маршрутами. Елементи даних схем подано на рис. 1.

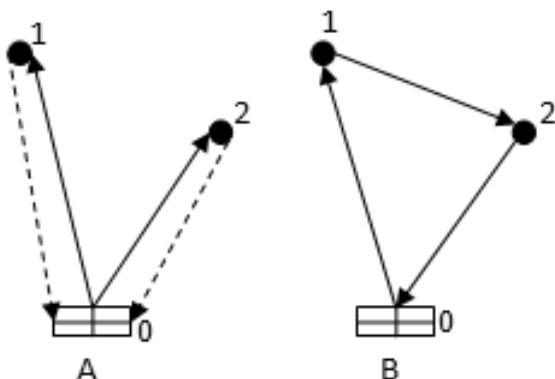


Рис. 1. Схеми доставки

Схема доставки А (рис. 1) забезпечує доставку вантажів в пункти 1 і 2 по радіальних маршрутах. У цьому випадку сумарний пробіг автотранспорту дорівнює:

$$L_A = d_{01} + d_{10} + d_{01} + d_{20} = 2d_{01} + 2d_{02}.$$

Схема доставки В (рис. 1) передбачає доставку вантажів в пункти 1 і 2 по кільцевому маршруту. Тоді пробіг автотранспорту становить:

$$L_B = d_{01} + d_{12} + d_{02}.$$

Схема В за показником пробігу автотранспорту дає, зазвичай, кращий результат, ніж схема А. І тому при переході від схеми А до схеми В отримуємо кілометровий виграш. Кілометровий виграш розраховується за формулою:

$$S_{ij} = d_{0i} + d_{0j} + d_{ij},$$

де  $S_{ij}$  — кілометровий виграш, одержуваний при об’єднанні пунктів  $i$  та  $j$ , км;

$d_{0i}, d_{0j}$  — відстань між базою і пунктами  $i$  та  $j$  відповідно, км;

$d_{ij}$  — відстань між пунктами  $i$  та  $j$ , км.

Розрахунок відстаней  $d_{ij}$  між пунктами обчислюємо таким чином:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}.$$

Отримані значення заносимо в табл. 1, де представлені відстані між пунктами  $d_{ij}$  (права верхня частина матриці) і кілометрові виграші  $S_{ij}$  (ліва нижня частина матриці).

Таблиця 1

МАТРИЦЯ ВІДСТАНЕЙ І КІЛОМЕТРОВИХ ВИГРАШІВ

|                                  | Відстані між пунктами ( $d_{ij}$ ) |          |          |     |          |
|----------------------------------|------------------------------------|----------|----------|-----|----------|
| Кілометрові виграші ( $S_{ij}$ ) | 0                                  | $d_{01}$ | $d_{02}$ | ... | $d_{0r}$ |
|                                  | $S_{10}$                           | 1        | $d_{12}$ | ... | $d_{1r}$ |
|                                  | $S_{20}$                           | $S_{21}$ | 2        | ... | $S_{2r}$ |
|                                  | ...                                | ...      | ...      | ... | ...      |
|                                  | $S_{r0}$                           | $S_{r1}$ | $S_{r2}$ | ... | $r$      |

Подальше вирішення методом Кларка-Райта потребує виконання чіткого алгоритму, наведеного на рис. 2. Використання даного методу дозволяє сформулювати оптимальний маршрут доставки товару, що допоможе скоротити логістичні витрати на підприємстві.

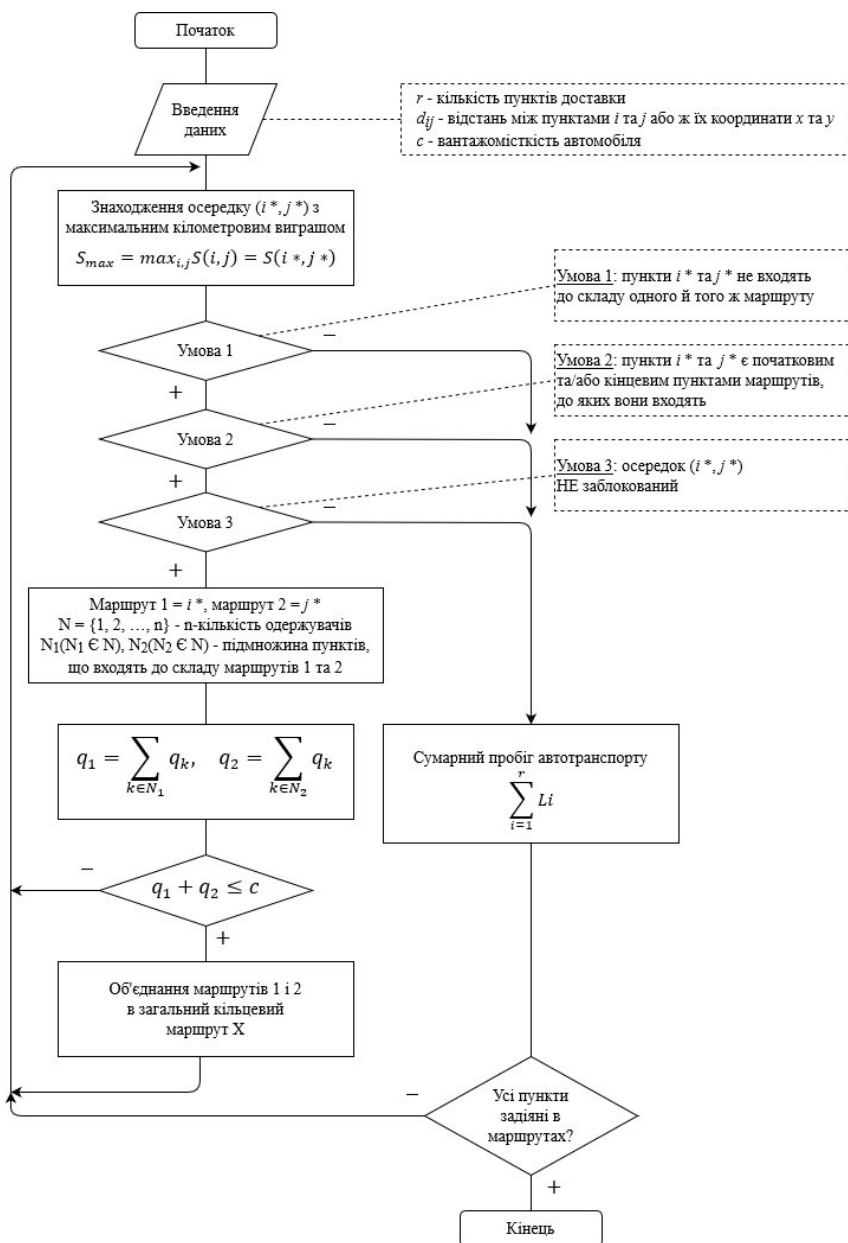


Рис. 2. Алгоритм визначення оптимального маршруту перевезень вантажів методом Кларка-Райта

Для забезпечення інформаційної підтримки реалізації задач, що розширюють функціональні можливості системи, зокрема задачі визначення оптимального маршруту перевезень, існує кілька підходів. Одним з них є проектування, створення та впровадження окремої інформаційної системи обліку та руху товарів, перевезень й автотранспорту підприємства, що буде зберігати в собі всю необхідну інформацію для роботи відділу логістики та задовольняти усі потреби співробітників в автоматизованій підтримці їх діяльності та генерації вихідної документації.

Описаний підхід дає досить непоганий результат, але має ряд суттєвих недоліків, а саме: у випадку розвиненої інфраструктури підприємства та великих обсягів виробництва продукції розробка та впровадження нової інформаційної системи, що задовольнить усі вимоги логістів, буде досить складним процесом. Це обумовлено насамперед тим, що замість звичайного впровадження системи потрібно буде виконати міграцію зі старої системи на нову задля уникнення необхідності паралельного існування двох систем, дублювання даних тощо. При цьому слід пам'ятати, що міграція може нести за собою деякі ризики.

У випадку ж невеликого підприємства, яке тільки починає свою діяльність на ринку, замовлення розробки інформаційної системи може бути значною статтею витрат та не є доцільним. Це обумовлено тим, що при незначних обсягах виробництва та відвантаження продукції задача визначення оптимального маршруту не є нагальною, а якщо є, то кваліфікований логіст або працівник відділу збуту може легко її розв'язати, використовуючи власний досвід та інтуїцію. Таке рішення буде оптимальним з огляду на відповідність можливих затрат на створення і впровадження інформаційної системи до прибутків, що підприємство здобуде від її впровадження.

Розглянемо інший підхід впровадження інформаційної підтримки реалізації задачі визначення оптимального маршруту перевезень. Він полягає у створенні окремого логістичного модуля та подальшої його інтеграції до існуючої інформаційної системи підприємства. Йдучи даним шляхом, підприємство отримує такі переваги:

- при інтеграції до інформаційної системи існуючі бізнес-процеси не змінюються, а лише доповнюються для деяких структурних підрозділів, що не має негативного впливу на загальні результати діяльності підприємства;
- вартість програмного модуля значно менша від вартості системи в цілому;

– можливість розгортання логістичного модуля на платформах багатьох сучасних реляційних системи управління базами даних (СУБД), що при інтеграції модуля до існуючої системи звільняє від необхідності супроводжувати ще один сервер бази даних, сплачувати за її ліцензування, виділяти окремий сервер, тощо.

Враховуючи розглянуті підходи та сучасний стан автоматизації більшості підприємств, вважаємо за доцільне розробку програмного модуля з реалізацією зазначеної задачі. Для встановлення точок дотику, по яких буде відбуватись підключення нового модуля до існуючої інформаційної системи підприємства визначено сутності, що містить у собі типова система обліку виготовленої продукції та сутності, які повинен містити в собі логістичний модуль. Як результат, створено логічну модель бази даних інформаційної системи обліку та руху товарів, перевезень та автотранспорту харчового підприємства (рис. 3) [3, 4].

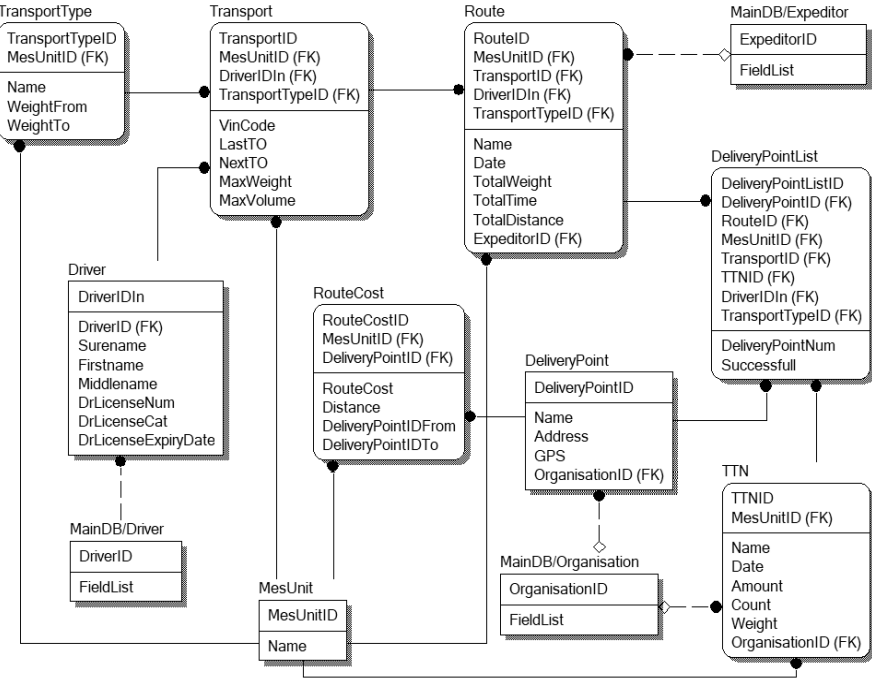


Рис. 3. Логічна модель бази даних



Зауважимо, що модель бази даних розроблено з урахуванням особливостей діяльності типового підприємства харчової промисловості. Дана модель розроблена з використанням сучасного програмного продукту компанії CAErwin® — DataModeler, що є CASE-засобом проектування та документування баз даних. Він дозволяє створювати, документувати, супроводжувати бази, сховища й вітрини даних. За допомогою DataModeler відбувається пряме проектування структури бази даних — процес генерації фізичної схеми бази даних з логічної моделі даних з можливістю включення тригерів для реалізації цілісності посилань, збережених процедур, індексів, обмежень та інших можливостей, доступних при визначенні таблиць у версії СУБД замовника [3]. Знаходження та встановлення точок дотику модуля до інформаційної системи підприємства відбувається на етапі коригування логічної моделі під потреби замовника, що дозволяє досить легко інтегрувати модуль до існуючої системи підприємства без необхідності зупиняти виробничі процеси [4].

### **Висновки**

Розроблення програмних модулів, що реалізують розв'язання нагальних задач, та інтеграції їх до діючого програмного забезпечення є досить ефективним методом розширення функціональних можливостей інформаційної системи підприємства.

Розширення функціоналу логістичної системи за рахунок автоматизації задачі пошуку оптимальних маршрутів перевезень підвищує її ефективність і забезпечує підприємству конкурентоспроможність й утримання стабільних позицій на ринку.

### **Список літератури**

1. Логістичний підхід при постачанні підприємства сировиною та транспортуванні продукції споживачам, Поляков А. П., Терещенко О. П., Терещенко Є. О. // Вісник машинобудування та транспорту № 1 — 2015 — с. 88–98.
2. [Електронний ресурс] Метод Кларка-Райта. Оптимальное планирование маршрутов грузоперевозок — Режим доступу: <https://infostart.ru/public/443585/>
3. Маклаков, С.В. Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite / С.В. Маклаков. — М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2005. — 432 с.
4. Томас Коннолли, Каролин Бегг. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. — 3-е изд. // М.: Издательский дом «Вильямс», 2003, 1436 с.

## References

1. Lohistychnyi pidkhid pry postachanni pidpriemstva syrovynoiu ta transportuvanni produktsii spozhyvacham, Poliakov A. P., Tereshchenko O. P., Tereshchenko Ye. O., Visnyk mashynobuduvannia ta transportu (Mechanical engineering and transport Bulletin) №1 — 2015 — s. 88–98. [in Ukrainian]
2. [Elektronnyi resurs] Metod Klarka-Raita. Optymalnoe planyrovanye marshrutov hruszoperevozok — Rezhym dostupu: <https://infostart.ru/public/443585/> [in Russian]
3. Maklakov, S.V. Sozdanye ynformatsyonnykh system s AllFusion Modeling Suite / S.V. Maklakov. — M. : DYALOH-MYFY, 2005. — 432 s. [in Russian]
4. Thomas Connolly, Carolyn Begg. Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management Third Edition. M.: Yzdatelskyi dom «Vyliams», 2003, 1436 s.

УДК 164.053:004.896

DOI: 10.33111/mise.98.12

**Карпунь О. В.,** к.е.н.,  
доцент кафедри логістики,  
Національний авіаційний університет

**Karpun O. V.,** PhD in Economics,  
Associated Professor of the Logistics Department,  
National Aviation University

### **ВИКОРИСТАННЯ КРАУДСОРСИНГУ В ЛОГІСТИЦІ «ОСТАННЬОЇ МИЛІ», ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ КЛІЄНТІВ**

### **THE USE OF CROWDSOURCING IN LAST MILE LOGISTICS AS A WAY TO IMPROVE THE QUALITY OF CUSTOMER SERVICE**

**Анотація.** У статті виявлено існуючі проблеми логістики «останньої милі» та запропоновано власне бачення щодо їх вирішення, зокрема за допомогою використання краудсорсингу.

Зазначено, що логістика «останньої милі», яка зазвичай асоціюється з кур'єрською доставкою, — це слабка ланка логістичного ланцюга. Саме проблеми з нею найчастіше зводять нанівець усю попередню оптимізацію та зусилля як ритейлерів, так і самих логістичних операторів щодо підвищення якості обслуговування своїх клієнтів. У даній статті досліджено новий спосіб вирішення проблеми «останньої милі» в логістиці, а саме залучення в якості кур'єрів вільних виконавців, тобто краудсорсинг. Безпосередньо в процесі доставки «останньої милі», сутність краудсорсингу полягає в об'єднанні людей, яким необхідно отримати продукцію, з