

26. Dzhalladova I.A., Ruzickova M., Michalkova M. Modeling of applied problems by stochastic systems and their analysis using the moment equations. Adv. Difference Eq. 2013, 2013:152. URL: <https://doi.org/10.1186/1687-1847-2013-152>

27. Dzhalladova I.A. Moment Equations in Modeling a Stable Foreign Currency Exchange Market in Conditions of Uncertainty. Abstract and Applied Analysis vol. 2013, URL: <https://doi.org/10.1155/2013/172847>

28. Джалладова, І., Камінський, О. Вплив наслідків пандемії covid-19 на національну безпеку України. InterConf, вип. 41, лютий 2021 року. Retrieved from: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/8861>

29. Джалладова І. А. Системний аналіз загроз соціокібернетичної безпеки в умовах пандемії. *Моделювання та інформаційні системи в економіці*. 2020. Вип.100. С.50-58

30. Джалладова І. А., Бабинюк О. І., Лютий О. І. Модифікація методів дослідження системи різницевих рівнянь з випадковими коефіцієнтами для аналізу загроз соціо-безпеки в умовах пандемії. *Моделювання та інформаційні системи в економіці*. 2020. Вип.99. С.55-69

Статтю подано до редакції 15.11.2021

УДК: 621.73.06

DOI 10.33111/mise.101.6

Дем'яненко В.В. к. е. н., доцент,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Череда І.В. магістрант 1 курсу
за освітньо-професійною програмою «Системний аналіз», ІТЕ,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Demianenko V.V., Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor of the department of Computer Mathematics and
Informational Security,
SHEI KNEU named after V. Hetman

Chereda I.V.
1th grade Master student for the educational and professional program
“System Analysis”, Institute of Information Technology in Economics,
SHEI KNEU named after V. Hetman

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ
ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ АВТОТРАНСПОРТУ
НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

**AUTOMATIZATION OF LOGISTICAL
BUSINESS-PROCESSES OF TRANSPORT
DISPATCHERIZATION ON INDUSTRIAL ENTERPRIZES**

Анотація. Розширення традиційного бізнес-управління логістикою і розвиток сучасної системи теорії управління логістикою — це глобальна проблема, вирішення якої може підвищити ефективність управління, а також знизити витрати підприємства.

Задача розподілу автотранспорту відноситься до класу задач диспетчеризації, що безпосередньо пов'язані з проблемою розробки нових засобів удосконалення логістичних бізнес-процесів для великих промислових підприємств. Виконання заявок на транспорт можна охарактеризувати як завдання пошуку плану розподілу транспорту для перевезення будь-якого вантажу з урахуванням додаткових обмежень. Додаткові обмеження можуть накладатися на тип або кількість транспортних засобів, довжину маршруту, вантажопідйомність тощо. Рекомендації побудовані на підході до вдосконалення, заснованому на міграції з поточного стану архітектури корпоративних прикладних систем до запланованого. Додаток, розроблений в ході дослідження, значною мірою вирішує питання управління транспортними засобами, документообігу, обліку та розподілу транспортних засобів на підприємстві. Розроблена система більшою мірою вирішує питання керування транспортними засобами, ведення документообігу, що стосується обліку та розподілу автотранспорту, ніж традиційне управління вантажними перевезеннями. Отримані оцінки ефективності впровадження можуть бути використані іншими підприємствами галузі в процесах оптимізації управління логістикою та транспортом.

Ключові слова: логістична діяльність; управління транспортом; бізнес-процеси; енергетичний сектор; архітектура прикладних систем; портфоліо заявок.

Abstract. The expansion of traditional business logistics management and the development of a modern system of logistics management theory is a global problem, the solution of which can increase the efficiency of management, as well as reduce the costs of the enterprise.

The task of distribution of motor transport belongs to a class of tasks of dispatching which are directly connected with a problem of development of new means of improvement of logistic business processes for the big industrial enterprises. Execution of applications for transport can be described as the task of finding a plan for the distribution of transport for the carriage of any cargo, subject to additional restrictions. Additional restrictions may be imposed on the type or number of vehicles, route length, load capacity, etc. The recommendations are based on an approach to improvement based on the migration from the current state of the architecture of corporate application systems to the planned one. The application, developed during the study, largely addresses the issues of vehicle management, document management, accounting and distribution of vehicles in the enterprise. The developed system solves the issues of vehicle management, document management related to the accounting and distribution of vehicles to a greater extent than the traditional management of freight traffic. The obtained estimates of the effectiveness of implementation can be used by other enterprises in the industry in the process of optimizing the management of logistics and transport.

Keywords: logistic activities; transport management; business processes; energy sector; architecture of applied systems; application portfolio.

Постановка проблеми. Розширення традиційного бізнес-управління логістикою і розвиток сучасної системи теорії управління логістикою — це глобальна проблема, вирішення якої може підвищити ефективність управління, а також знизити витрати підприємства. Сьогодні немає єдиної теоретичної системи управління

логістикою та ланцюгами постачання. Дослідження і практика управління ланцюгами постачання все ще знаходяться на стадії сталого розвитку [6]. Таким чином, удосконалення методів управління матеріальними потоками підприємства, що засновані на сучасній теорії управління логістичними ланцюгами постачання, дозволить забезпечити сталий розвиток підприємства.

Галузь логістики вже пройшла кілька етапів автоматизації [13]. Багато компаній впроваджували нові інформаційні технології, що дозволило значно покращити результати їх діяльності. Проте, з огляду на комплексність процесів, логістика як і раніше не позбавлена проблем. Вони пов'язані, зокрема, з особливостями технологій, які використовують логістичні компанії, зі способами збирання даних, зі ступенем зв'язку бізнес-процесів тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Логістична діяльність включає в себе безліч бізнес-функцій, таких як: управління запасами, транспортом тощо. Суттєві зміни відбулися в області управління ланцюгами постачання (від англ. — Supply Chain Management, SCM), де інформаційні технології використовуються для вирішення широкого кола завдань з метою підвищення ефективності логістичних бізнес-процесів [13]. Використання ІТ-рішень прискорює не лише стандартизацію й автоматизацію рутинних операцій, але й допомагає виконувати такі завдання, як розвиток компетентності персоналу та пошук нових клієнтів і постачальників. Загалом, інформаційні технології дозволяють організувати єдиний інформаційний простір компанії шляхом збору та збереження даних про логістичну діяльність. Аналіз зібраних даних, у свою чергу, необхідний для прийняття ефективних управлінських рішень.

Системи планування ресурсів підприємства (від англ. — Enterprise Resource Planning, ERP) вперше з'явилися в 90-х роках як розширення концепцій MRP і MRP II (планування вимог до матеріалів) і були націлені на вирішення широкого кола задач [11]. Ці системи і сьогодні використовують великі промислові підприємства. При цьому SCM-застосунки розроблялися як окремий клас програмного забезпечення і за своєю концепцією наслідували дизайн масштабних ERP-рішень [5]. За цією концепцією виділяють три рівні управління: стратегічний, тактичний і операційний, на кожному з яких реалізуються відповідні бізнес-функції [8], такі як:

- планування попиту;
- планування доставки і складання розкладу;
- управління запасами;
- управління взаємовідносинами з клієнтами;
- бізнес-аналіз і прогнозування та ін.

При цьому, незважаючи на те, що ряд функцій SCM-додатків відповідає завданням ERP-системи та охоплює широке коло управлінських задач [8], їх складність є однією з основних проблем впровадження проєктів автоматизації [9]. З іншого боку значні можливості цих систем використовуються на практиці не в повній мірі.

У роботі [12] відображено, що тісна інтеграція інформаційних технологій з логістичними процесами повинна бути передумовою для оптимізації організаційної структури транспортної компанії з метою підвищення ефективності прийняття управлінських рішень у відповідності зі стратегією організації.

На сьогоднішній день управління логістичними процесами передбачає широке використання мобільних та бездротових технологій. Очікується, що в найближчі кілька років поширення отримають рішення з голосовим управлінням. Дослідження 2017 року з автоматизації процесів управління ланцюгами постачання [3] показало, що 37 % респондентів зацікавлені в таких досягненнях, в той час як лише 18 % в даний час використовують ці технології. Крім того, очікується більш широке впровадження автоматизованих механічних пристроїв на промислових об'єктах, які будуть ідентифікувати і транспонувати предмети та керувати ними через мобільні додатки.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Логістичні компанії та підприємства із розвинутою системою логістики часто при виборі системи управління покладаються на такі характеристики, як популярність розробника програмного забезпечення, вартість програмного продукту тощо. Ця особливість може спричиняти низьку ефективність використання інформаційних систем управління ланцюжком постачання, як в рамках ERP, так і в автономних системах управління логістикою. Це відбувається через те, що менеджери, що працюють у системі управління логістикою мають недостатню підготовку у сфері ІТ, а ІТ-фахівці не володіють, у свою чергу, достатніми знаннями в області логістики.

Очевидно, що за таких умов впроваджена інформаційна система не може розкрити свій потенціал повною мірою, а стає лише частиною інструментарію підприємства. Така система націлена на вирішення тільки питань оперативного обліку й автоматизації повторюваних завдань. Таким чином, значна частина інвестування в ІТ-рішення для управління ланцюгами постачання виявляється даремною. Актуальним завданням є вивчення методів і підходів більш ефективної і послідовної інтеграції бізнес-процесів керування логістикою та інформаційних технологій.

Постановка задачі. Задача розподілу автотранспорту відноситься до класу задач диспетчеризації, що безпосередньо пов'язані з проблемою розробки нових засобів удосконалення логістичних бізнес-процесів для великих промислових підприємств. Виконання заявок на транспорт можна охарактеризувати як завдання пошуку плану розподілу транспорту для перевезення будь-якого вантажу з урахуванням додаткових обмежень. Додаткові обмеження можуть накладатися на тип або кількість транспортних засобів, довжину маршруту, вантажопідйомність тощо.

Виклад основного матеріалу. Доцільно розглянути задачу про призначення у вигляді визначення найкращого плану розподілу заявок на транспортні засоби між різними виконавцями.

Розглянемо задачу в умовах, коли кількість заявок на перевезення та виконавців однакова і дорівнює m . Нехай одна заявка може мати одного і тільки одного перевізника, тоді загальна кількість альтернативних планів розподілу у такому випадку обчислюється за формулою перестановки ($m! = 1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot m$). Наприклад, вже при $m = 10$ матимемо $10! = 3\,628\,800$ різних планів призначень. Порівняння між собою такої кількості результатів без використання спеціальних засобів практично неможливо.

Багатоваріантність можливих допустимих розв'язків даної задачі й обмеження предметної області обґрунтовують застосування апарату економіко-математичного моделювання.

Позначимо кількість заявок на транспортні засоби через m , а кількість можливих виконавців через n . Нехай i — індекс окремої заявки ($i = \overline{1, m}$), а j — індекс окремого перевізника ($j = \overline{1, n}$).

Уведемо логічні змінні x_{ij} , зі значенням 1, що відповідає призначенню заявки, та значенням 0, що відповідає відмові від призначення i -ої заявки j -му перевізнику ($i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$):

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } i - \text{ту заявку буде доручено } j - \text{ому перевізнику} \\ 0, \text{ у супротивному випадку} \end{cases}$$

Кількість перевізників, яким буде доручено виконати i -ту заявку, буде дорівнювати сумі:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij}, i = \overline{1, m}$$

а кількість заявок, які будуть доручати окремому j -му виконавцю, — сумі:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij}, j = \overline{1, n}$$

У випадку, коли потрібно виконати всі заявки за умов, що кожному перевізнику буде доручатися одна й тільки одна заявка (причому кількість заявок на транспортні засоби збігається з кількістю виконавців ($m = n$)), довільний допустимий план $X = \|x_{ij}\|_{(m \times m)}$ розподілу заявок між виконавцями має задовольняти обмеження:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, i = \overline{1, m} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, j = \overline{1, m} \quad (2)$$

$$x_{ij} \in \{0; 1\}, i, j = \overline{1, m} \quad (3)$$

Наведені формули означають:

(1) — кожному заявці слід доручити одному і тільки одному виконавцю;

(2) — кожному перевізнику слід доручити одну і тільки одну заявку;

(3) — кожна із логічних змінних може набирати одне із двох значень: 1 або 0.

Припустимо, що кожен з перевізників виконує заявку на транспортний засіб за індивідуальними тарифами. Позначимо c_{ij} як вартість виконання i -ої заявки j -м перевізником, причому матриця тарифів $C = \|c_{ij}\|_{(m \times m)}$ є відомою. Тоді загальні витрати z , пов'язані із реалізацією плану X розподілу заявок між перевізниками, обчислюються:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

Враховуючи вигляд обмежень та цільової функції, дана задача може бути розв'язана одним із алгоритмів Гоморі [2].

У контексті логістичної діяльності задачі оптимізації плану розподілу заявок між перевізниками за критерієм мінімізації загальної вартості виконання усіх перевезень є досить поширеними.

Одним із поширених критеріїв у задачах оптимізації логістичних рішень є також мінімізація тривалості перевезень. Наприклад, якщо відомі дані про можливу швидкість автотранспорту та відстань, тривалості перевезень складають матрицю $T = \|t_{ij}\|_{(m \times m)}$, а загальна тривалість v визначається як час найбільш тривалого перевезення (за умови, що всі перевезення розпочинаються в один час).

Отже, якщо маємо допустимий план призначень X , тривалість v його виконання обчислюватиметься за формулою:

$$v = \max_{i,j=1,m} \{t_{ij}x_{ij}\} \rightarrow \min$$

Серед показників та параметрів, що використовуються у моделі, можуть також використовуватись витрати палива, вантажомісткість або швидкість перевезення тощо.

Дані про оптимальний план перевезення та інші супутні результати обчислення становлять інформаційний потік у системі. У якості супровідної інформації, що використовується для прийняття рішень у процесах диспетчеризації, виступають дані про місцезнаходження транспорту, маршрут слідування, деталі про вантаж, включаючи умови перевезення та зберігання тощо. Сучасні засоби обробки інформації здатні забезпечити безперервний потік цих даних у реальному часі.

Проте, в той час як завдання формування плану перевезень може бути виконане з допомогою вищеописаної моделі, однією із поширених вимог бізнесу є можливість коригування даного плану у випадку форс-мажорних ситуацій.

Крім того, враховуючи географічну розповсюдженість, високу мобільність транспортних засобів та специфіку певних галузей, розмір автопарку великого промислового підприємства, призначити єдиний оптимальний транспортний засіб для перевезення конкретного вантажу стає неможливо.

Складність практичного застосування моделей, що базуються на точних розрахунках полягає в тому, що в таких моделях не враховується ряд особливостей, таких як:

- взаємодія фінансових та інформаційних потоків [4];
- складність та швидкість обчислення розв'язку крайових задач при значному обсязі автопарку підприємства, яка зростає подібно до задач класу NP-complete [10].

Натомість запропонованим рішенням є застосування до даної моделі елементів евристичних алгоритмів, таких як, обчислення та сортування можливого пулу транспортних засобів засобами фільтрації.

Система управління транспорту, що пропонується, побудована на інтеграції клієнт-серверної архітектури із засобами автоматизованої бізнес-аналітики. Дане рішення було реалізовано за допомогою середовища розробки бізнес-додатків Power Apps від компанії Microsoft, та середовища для розробки аналітичних звітів Power BI від Microsoft. Особливість цих програмних середовищ насамперед у тому, що вони дозволяють створювати додатки та звіти, доступні перегляду із будь-якого пристрою із доступом до мережі Інтернет. При цьому користувач не потребує доступу до стаціонарного комп'ютера [7; 1]. Інформаційна архітектура рішення побудована на базі Microsoft SQL Server, що формує інтеграційне ядро майбутньої логістичної системи.

У процесі розробки таких рішень варто розуміти вимоги бізнесу, що спираються на поняття мінімізації витрат, максимізації вигоди та можливості впровадження без переривання діяльності компанії.

Отже, використовуване середовище для розробки бізнес-додатку Power Apps дозволяє на практиці реалізувати дану архітектуру у взаємодії інформаційних потоків. Завдяки цьому стало можливим задовольнити наступні вимоги:

- *інформаційна безпека* — застосована рольова модель розмежування доступу та взаємодії з даними у системі;
- *швидка та безперебійна робота* — реалізований зв'язок із системою, що відбувається цілодобово й у режимі реального часу;
- *оптимальність та пріоритетність запитів* — застосована модель типової задачі про призначення до показників транспортних засобів, а засобами фільтрації та сортування налаштовано відображення транспортних засобів, придатних для призначення;
- *моніторинг діяльності* — налаштовано швидке формування актуальних звітів з діяльності управління транспорту на основі оброблених у системі документів (заявок).

Зміни обсягу витрат на транспортування товарів і вантажів, часу, що витрачається на виконання всього комплексу логістичних послуг, а також ступеню використання транспортного забезпечення компанії (коефіцієнт використання автопарку) складають основу економічного ефекту даного рішення, та обчислюються за показниками діяльності підприємства.

При відборі транспортного засобу на призначення система перевіряє одразу кілька параметрів. Першочерговою перевіркою є

доступність, що визначається статусом експлуатації транспортного засобу. Далі, у роботі з терміновими заявками важливішим показником буде вважатися швидкість чи час доставки, а наприклад для товарів споживання суттєвішими стануть витрати палива. У той же час для процесів перевезення пасажирів найважливішим критерієм є безпека, і тому серед усіх легкових транспортних засобів вищий пріоритет матимуть ті, що мають менший пробіг.

Висновки. Логістичне рішення, охарактеризоване вище, розроблялося для ПАТ «Укрнафта», найбільшої нафтовидобувної компанії України. Підхід до вдосконалення, заснований на міграції від наявного стану архітектури прикладних систем до бажаного, був узятий за основу системи, призначеної для управління автомобільним транспортом на ПАТ «Укрнафта».

Особливо актуальним для таких великих промислових підприємств енергетичного сектору (таких, як ПАТ «Укрнафта») є можливість ведення обліку вантажної, будівельної та іншої спецтехніки. Розроблена система дозволяє вести облік змішаних автопарків. ПАТ «Укрнафта» — це підприємство, що має складну багаторівневу організаційну структуру, в якій автомобільний парк обслуговує незавершені операції, які дуже часто виконуються за різними графіками.

Враховуючи вищевикладене, можна підсумувати, що розроблена система вирішує не тільки питання традиційного управління вантажними перевезеннями. Вона робить більший акцент на керування транспортними засобами та ведення електронного документообігу, що стосується обліку та розподілу автотранспорту. Такий підхід не зовсім звичний для українського ринку інформаційних систем управління транспортом і логістикою, тим не менш, він показує позитивні результати. У довгостроковій перспективі, отримані результати впливають як на витрати підприємства на управління транспортом, його закупівлю та оренду, так і заощаджують витрати на ресурси (паливо, запчастини тощо) та апаратне забезпечення.

Бібліографічні посилання

1. Вимоги до системи, обмеження та значення конфігурацій для програм із полотна. URL: <https://docs.microsoft.com/uk-ua/powerapps/maker/canvas-apps/limits-and-config> (дата звернення: 04.05.2021)
2. Метод Гоморі (метод відсікаючих площин). URL: <https://www.mathros.net.ua/metod-gomori-metod-vidsikajuchyh-ploshhyn.html> (дата звернення: 10.05.2021)
3. Automation Study: The State of Automation. URL: https://www.logisticsmgmt.com/article/automation_study_the_state_of_automation (дата звернення: 15.04.2021)

4. Barykin, S.; Gazul, S.; Kiyaev, V.; Kalinina, O.; Yadykin, V. Forming Ontologies and Dynamically Configurable Infrastructures at the Stage of Transition to Digital Economy Based on Logistics. *Adv. Intell. Syst. Comput.* 2020, 1116, 844–852.

5. Farahani R. Z., Rezapour S., Kardar L., (2011). *Logistics Operations and Management. Concepts and Models*, Elsevier.

6. Finke G, Strusevich A, Werner F. Scheduling for modern manufacturing, logistics, and supply. *Comput Operat Res* 2009; 36: 299–300.

7. Get started with Power BI Desktop URL: <https://docs.microsoft.com/uk-ua/power-bi/fundamentals/desktop-getting-started> (дата звернення: 04.05.2021)

8. Gullledge, T., Cavusoglu, T., Kessler, T., (2001). Aligning the Supply Chain Operations Reference (SCOR) Model with Enterprise Applications: Real Time Value Chain Intelligence. *Proceedings of the Workshop on Supply Chain Management Practice and Research*, University of Maryland.

9. Misra, V., Khan, M.I., Singh, U.K., (2010). Supply Chain Management Systems: Architecture, Design and Vision. *Journal of Strategic Innovation and Sustainability*. vol. 6(4), 102-108.

10. Papageorgiou, Anargyros & Woźniakowski, H. (2007). The Sturm-Liouville Eigenvalue Problem and NP-Complete Problems in the Quantum Setting with Queries. *Quantum Information Processing*. 6. 101-120. 10.1007/s11128-006-0043-0. URL: https://www.researchgate.net/publication/225465716_The_Sturm-Liouville_Eigenvalue_Problem_and_NP-Complete_Problems_in_the_Quantum_Setting_with_Queries (дата звернення: 10.05.2021)

11. Renko, S., (2011). Supply Chain Management — New Perspectives, *InTech*.

12. Sternberg H., Hagen A, Paganelli P., Lumsden K., (2010). Intelligent cargo -enabling future's sustainable and accountable transportation system. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, Vol. 7 Iss 3, 253–26

13. Waters, D., Rinsler S., (2014). *Global Logistics: New Directions in Supply Chain Management*, Seventh Edition, Kogan Page.

Статтю подано до редакції 21.11.2021

УДК: 338.1:334.7

DOI 10.33111/mise.101.7

Єрешко Ю.О., к. е. н., доцент,
доцент кафедри економічної кібернетики
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Камінський О.Є., д. е. н., доцент,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»