

Моделювання в економіці, організація виробництва та управління проектами

УДК 656:519.85

Д.О. Бондаренко, О.В. Старкова, О.І. Бондаренко

Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗКУ БАГАТОПРОДУКТОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧ

Представлено математичну модель оптимального перевезення продукції торгового підприємства, що покладено в основу системи підтримки прийняття рішень пошуку оптимального плану багатопродуктової транспортної задачі.

Ключові слова: транспортна задача, багатопродуктовість, оптимальний план.

Постановка проблеми; анализ исследований и публикаций

На сьогодні широке застосування системного підходу в багатьох галузях народного господарства обумовлене необхідністю раціональної організації виробництва і виконання виробничих завдань. При такому підході організація окремих етапів виробництва повинна розглядатися з точки зору їх впливу на ефективність усього виробництва в цілому. Організація автомобільних перевезень вантажів не є винятком: комплексний характер сучасних досліджень з організації перевезень вантажів істотно відрізняє їх від концепції досліджень минулого століття [1]. У роботах [1 – 5] наведено алгоритм планування вантажних автомобільних перевезень. Він полягає у виконанні наступних етапів:

1. Формування бази даних. База даних повинна містити відомості про:

- кількість вантажовідправників і вантажоодержувачів;
- об'єми вантажу на складах вантажовідправників і його основні характеристики;
- потреби кожного вантажоодержувача в об'ємах вантажу;
- кількість, тип і вантажопідйомність транспортних засобів;
- обмеження, що накладаються вантажовідправником і вантажоодержувачем на партію вантажу, що може бути відправлений або отриманий відповідним суб'єктом;
- обмеження в часі на доставку вантажів у пункти призначення або вивозу вантажу з пунктів відправлення;
- відстані між пунктами навантаження і розвантаження;

– питомі тимчасові витрати на переміщення вантажу на одиницю відстані на кожній ділянці маршруту;

– питомі матеріальні витрати на переміщення одиниці вантажу на одиницю відстані;

– витрати часу на навантаження і розвантаження;

– можливі затримки в часі у процесі проходження маршруту та інші [1].

2. Визначення типу схеми організації перевезень. Визначення робиться на підставі отриманих замовлень на доставку. Схеми перевезень підрозділяються за типами, а саме: «один-до-одного», «один-до-багатьох», «багато-до-одного» та «багато-до-багатьох». Схема типу «один-до-одного» припускає, що від одного постачальника (з одного пункту відправлення) необхідно доставити вантаж тільки одному замовнику (в один пункт призначення). Під схемою типу «один-до-багатьох» мається на увазі, що доставка буде виконуватися від одного постачальника та доставлятися багатьом замовникам. Схема «багато-до-одного» припускає перевезення від багатьох постачальників тільки до одного замовника. При організації перевезень за схемою «багато-до-багатьох» вантаж постачається від декількох виробників або декількох складів одного виробника декільком замовникам [1].

3. Моделювання процесу перевезення. У найбільш загальному випадку перевезення вантажу здійснюється за схемою «багато-до-багатьох», тому в першу чергу увага дослідників приділяється саме математичній моделі перевезень цього типу. Формальна постановка класичної транспортної задачі має вигляд:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min_{x_{ij} \in \Omega}, \quad (1)$$

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

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (4)$$

де n – кількість постачальників (вантажовідправників); m – кількість споживачів (вантажоодержувачів); a_i – обмеження за пропозицією (сумарна кількість вантажу, що постачається i -м постачальником); b_j – обмеження за попитом (сумарна потреба в кількості вантажу j -го одержувача); c_{ij} – ваговий коефіцієнт, що визначає внесок у формування цільової функції одиниці вантажу, перевезеного від i -го постачальника до j -го одержувача; x_{ij} – об'єм кореспонденції (кількість вантажу, що транспортується) між i -м постачальником і j -м одержувачем [1].

4. Розв'язання задачі перевезень. Етап полягає у визначенні змінних (невідомих) x_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ у математичній моделі області припустимих рішень (2) – (4), що забезпечують мінімум функції витрат на перевезення вантажу (1). Навіть при малому числі постачальників і споживачів ($n, m < 10$) вирішення транспортної задачі методом прямого перебору всіх можливих варіантів пов'язане зі значними труднощами. При числі постачальників і споживачів ($n, m \geq 10$) оптимальне вирішення задачі методом прямого перебору проблематично навіть із використанням сучасної обчислювальної техніки.

5. Визначення маршрутів перевезень. На цьому етапі визначається, за якими маршрутами – маятниковим або розвізними (кільцевими) – буде поставлятися вантаж від постачальників до споживачів за результатами вирішення транспортної задачі (1) – (4). У випадку, коли постачальнику та споживачам відповідає схема типу «один-до-багатьох», розв'язання цієї задачі зводиться до розв'язання задачі комівояжера [1].

6. Моделювання часу перевезень. Моделюється час поставки товару кожному зі споживачів.

7. Аналіз виконання вимог і умов перевезень. Виконується перевірка відповідності очікуваних строків доставки строкам, обговореним із споживачем. У випадку, якщо умови споживача не виконуються, здійснюється коректування маршрутів, вантажопідйомності транспортного засобу, розкладу роботи складів і таке інше.

8. Завантаження транспортного засобу та безпосередня реалізація перевезень. Фактично, етап є критерієм усього процесу перевезення. Нормальне завершення етапу свідчить про правильну організацію транспортування вантажу. Якщо виконання етапу виявляє які-небудь небажані відхилення в запланованого процесу перевезення, то їх оперативне усунення здійснюється не в межах цього алгоритму. Усі виявлені відхилення, як небажані, так і позитивні, повинні бути враховані при моделюванні наступних перевезень [1].

Наведений алгоритм планування реальних вантажних автомобільних перевезень, як правило, має лінійну структуру – всі етапи виконуються послідовно один за іншим. Але, у загальному випадку прагнення врахувати всі чинники, що впливають на процес транспортування вантажу, всі альтернативні маршрути і способи доставки, приводить до порушення лінійності. При цьому схема може мати як лінійні, так і розгалужені та циклічні фрагменти [1-5].

Дана стаття являє собою приклад застосування методики побудови систем підтримки прийняття рішень для подальшої розробки інформаційної системи, що дозволить керівникові приймати рішення щодо побудови оптимального плану перевезення продукції кількох видів, виходячи з визначених обмежень.

Метою даної статті є розробка математичної моделі оптимального перевезення продукції торгового підприємства, що покладено в основу системи підтримки прийняття рішень пошуку оптимального плану багатопродуктової транспортної задачі.

Основний матеріал

Формальна постановка задачі для розробки економіко-математичної моделі розв'язку багатопродуктової задачі перевезення продукції має наступний вигляд: менеджер відділу логістики складає план перевезення продукції фірми з трьох її складських комплексів, які умовно позначені база 1, база 2, база 3 до чотирьох клієнтів: X, Y, Z та W. Фірмою здійснюється перевезення трьох видів продукції: A, B та C. Розшифрування умовних позначень наведено в табл. 1 [6 – 9].

Вартість перевезення для кожного виду продукції, виходячи з відстаней та інших обставин, наведена в табл. 2. Клієнти замовляють кількість товарів A, B та C, яка представлена в табл. 3. Запаси товарів, наявні на складах, відображені в табл. 4.

Таблиця 1

Інформація про учасників транспортної задачі

№ з/п	Назва	Характеристика	Умовне позначення
Складські комплекси			
1	Суздаль	Вул. Суздальські ряди, станція метро «Центральний ринок»	База 1
2	Бомба	Пр. Московський, 256	База 2

Закінчення табл. 1

№ з/п	Назва	Характеристика	Умовне позначення
3	Чудо база	Вул. Матросова, 20	База 3
Клієнти			
4	ТОВ «Катюша 91»	Пр. Науки, 64	X
5	ТОВ «Респект Плюс» («Рост»)	Вул. Шевченка, 124-а	Y
6	ДП «Харківпаб»	Вул. Лермонтовська, 7	Z
7	ТОВ «Стратон»	Вул. Академіка Павлова, 120	W
Товари			
8	Масло «Олейна»	1 упаковка – 15 бутилів по 0,98 кг	A
9	Туалетний папір «Обухів»	1 упаковка – 16 рулонів	B
10	Томатна паста «Королівський смак»	1 відро – 4900 г	C

Таблиця 2

Вартість перевезення однієї упаковки для кожного виду продукції, грн.

		Клієнт X			Клієнт Y			Клієнт Z			Клієнт W		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
База 1	A	2,00			2,10			1,90			1,95		
	B		1,00			1,15			0,95			1,10	,00
	C			1,65			1,70			1,75			1,70
База 2	A	1,95			2,00			1,85			1,75		
	B		0,95			1,25			1,00			0,95	
	C			1,75			1,90			1,95			1,60
База 3	A	2,20			2,15			2,00			2,10		
	B		1,20			1,25			1,15			1,20	
	C			1,85			1,90			1,95			1,90

Таблиця 3

Кількість товарів, що замовляють клієнти

	Клієнт X			Клієнт Y			Клієнт Z			Клієнт W		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Замовлення, уп.	90	50	60	80	50	50	70	70	40	80	70	30

Таблиця 4

Запаси товарів на базах

	База 1			База 2			База 3		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Запаси, уп.	150	90	60	50	70	70	120	80	90

Необхідно скласти план перевезень, що буде мінімізувати транспортні витрати.

В загальних транспортних задачах мова йде о перевезенні одного виду вантажу. В багато продуктових задачах розглядається одночасне перевезення вантажів декількох типів, що більше відповідає реальній ситуації.

Математична модель багатопродуктової задачі перевезення продукції має такий вигляд:

$$\sum_{p=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k c_{p_{ij}} \cdot x_{p_{ij}} \rightarrow \min ;$$

за умови виконання обмежень:

$$\sum_{p=1}^n \sum_{i=1}^m x_{p_{ij}} \leq a_{p_{ij}} ;$$

$$\sum_{p=1}^n \sum_{j=1}^k x_{p_{ij}} = b_{p_{ij}} ; \quad x_{p_{ij}} \geq 0 ;$$

де p – кількість типів продуктів; $p = \overline{1, n}$;

i – кількість баз; $i = \overline{1, m}$;

j – кількість клієнтів; $j = \overline{1, k}$;

$x_{p_{ij}}$ – кількість продукту типу p , що перевезе-

но з бази i до j -го клієнта;

$c_{p_{ij}}$ – вартість перевезення одиниці продукту

типу p з бази i до j -го клієнта;

a_{p_i} – запас продукту типу p на базі i ;

b_{p_j} – замовлення продукту типу p j -м клієнтом.

Розробку системи підтримки прийняття рішень здійснено засобами електронних таблиць.

Перш ніж будувати табличну модель задачі необхідно перевірити баланс. Загальна кількість вантажу в запасах 780 од., загальна кількість замовленого вантажу – 740 од. Загальний баланс відсутній, але запасів більше ніж замовлено, тому задача може

бути розв’язана. Але в цій задачі є три види вантажу та загальний баланс не відображує балансів окремих продуктів. Тому в цьому випадку необхідно перевіряти баланс за кожним продуктом окремо.

Результат перевірки балансу задачі представлено на рис. 1. Комп’ютерна модель задачі побудована в табличному вигляді (рис. 2).

R	S	T	U	V	W	X	
Перевірка балансу							
Загальна кількість запасів, од.			780				
Загальна кількість замовленого, од.			740				
Немає загального балансу, але кількість запасів більша за кількість замовленого							
		Є в наявності, од.		Необхідно замовникам, од.			
Бази	A	320		320			Достатня кількість продукту
	B	240		240			Достатня кількість продукту
	C	220		180			Достатня кількість продукту

Рис. 1. Перевірка балансу задачі

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Вхідні дані															
2			Клієнт X			Клієнт Y			Клієнт Z			Клієнт W			Запаси, од.	
3		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
4		A	2,00		2,10			1,90			1,95					150
5	База 1	B		1,00			1,15			0,95			1,10			90
6		C			1,65			1,70			1,75			1,70		60
7		A	1,95		2,00			1,85			1,75					50
8	База 2	B		0,95			1,25			1,00			0,95			70
9		C			1,75			1,90			1,95			1,60		70
10		A	2,20		2,15			2,00			2,10					120
11	База 3	B		1,20			1,25			1,15			1,20			80
12		C			1,85			1,90			1,95			1,90		90
13	Замовлення, од.		90	50	60	80	50	50	70	70	40	80	70	30	0,00	грн.
14	Оптимальний план															
15			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
16		A														0
17	База 1	B														0
18		C														0
19		A														0
20	База 2	B														0
21		C														0
22		A														0
23	База 3	B														0
24		C														0
25	Замовлення, од.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 2. Підготовка робочого аркуша для розв’язку задачі

Перш ніж розв’язувати задачу засобами табличного процесора необхідно вирішити проблему наявності пустих комірок в діапазоні вартості перевезень. Необхідно заборонити всі подібні перевезення шляхом визначення високої вартості перевезення.

Для розв’язання задачі застосовано вбудований інструмент табличного процесора, який дозволяє розв’язувати оптимізаційні задачі. Оптимальний план перевезення продукції представлено на рис. 3.

Щоб з’ясувати на скільки отриманий при оптимізації план кращий за інші можливі плани, було знайдено план, що приносить максимум витрат. Для цього модифіковано таблицю вартостей. Для заборони деяких маршрутів їх вартість обмежено високою ціною. Мету пошуку замінено на максимум.

В отриманому розв’язку сумарна вартість перевезень збільшується до 1267,00 грн. Таким чином найкращий план відрізняється від найгіршого на 5 %, що надає певну свободу вибору серед можливих планів перевезень.

Висновки

В статті запропоновано модель оптимального перевезення продукції торгового підприємства, що покладено в основу системи підтримки прийняття рішень пошуку оптимального плану багатопродуктової транспортної задачі. В подальшому планується розробка економіко-математичної моделі розв’язку багатопродуктової задачі перевезення продукції, що враховує обмеження обсягу вантажного автомобіля.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	F
1	Вхідні дані															
2	Клієнт X			Клієнт Y			Клієнт Z			Клієнт W			Запаси, од.			
3	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
4	База 1	A	2,00			2,10			1,90			1,95				150
5		B		1,00			1,15			0,95			1,10			90
6		C			1,65			1,70			1,75			1,70		60
7	База 2	A	1,95			2,00			1,85			1,75				50
8		B		0,95			1,25			1,00			0,95			70
9		C			1,75			1,90			1,95			1,60		70
10	База 3	A	2,20			2,15			2,00			2,10				120
11		B		1,20			1,25			1,15			1,20			80
12		C			1,85			1,90			1,95			1,90		90
13	Замовлення, од.		90	50	60	80	50	50	70	70	40	80	70	30		1202,50 грн.
14	Оптимальний план															
15		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
16	База 1	A	90					30			30					150
17		B		20					70							90
18		C			10			50								60
19	База 2	A									50					50
20		B		30								40				70
21		C			40								30			70
22	База 3	A				80		40								120
23		B					50						30			80
24		C			10						40					50
25	Замовлення, од.		90	50	60	80	50	50	70	70	40	80	70	30		

Рис. 3. Оптимальний план перевезення продукції

Список літератури

1. Самойленко М.І. Інформаційні технології в розв'язанні транспортних задач: монографія / М.І. Самойленко, А.О. Кобець; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків: ХНАМГ, 2011. – 256 с.
2. Тамбаева Н.Э. Транспортная логистика / Н.Э. Тамбаева, В.Л. Гудкова; под общ. ред. Л.Б. Миротина. – М.: Экзамен, 2003. – 512 с.
3. Смехов А.А. Введение в логистику / А.А. Смехов. – М.: Транспорт, 1993. – 112 с.
4. Хоменко Л.М. Підвищення ефективності транспортних послуг в умовах трансформаційної економіки / Л.М. Хоменко // Регіональні перспективи. – Кременчук, 2003, № 7-8. – С. 78 – 80.
5. Житков В.А. Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок / В.А. Житков, К.В. Ким. – М.: Транспорт, 1982. – 184 с.
6. Тарасов Б.Ю. Система підтримки прийняття рішень «Перевезення продукції» / Б.Ю. Тарасов // Тези доповіді XIII Всеукраїнської наукової студентської конференції «Проблеми впровадження інформаційних систем і технологій в економіці та бізнесі». – К.: КНЕУ, 2014. – С. 84.
7. Старкова О.В. Розробка системи підтримки прийняття рішень для організації перевезення декількох

видів продукції / О.В. Старкова, Б.Ю. Тарасов // Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні інноваційно-інвестиційні механізми розвитку національної економіки». – Полтава: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2014. – С. 29-32.

8. Старкова О.В. Система підтримки прийняття рішень для управління перевезенням продукції / О.В. Старкова, Б.Ю. Тарасов // Тези доповідей 70-ї науково-технічної конференції ХНУБА. – Харків: ХНУБА, 2015. – С. 58.

9. Старкова О.В. Розробка системи підтримки прийняття рішень для організації перевезення декількох видів продукції // Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Економіка сьогодні: проблеми моделювання та управління»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://economodypr.ukrainianforum.net/t41-topic>.

Надійшла до редколегії 29.02.2016

Рецензент д-р фіз.-мат. наук, проф. Н.Д. Сізова, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МНОГОПРОДУКТОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ

Д.А. Бондаренко, О.В. Старкова, А.И. Бондаренко

Представлена математическая модель оптимальной перевозки продукции торгового предприятия, которая положена в основу системы поддержки принятия решений поиска оптимального плана многопродуктовой транспортной задачи.

Ключевые слова: транспортная задача, многопродуктовость, оптимальный план.

MATHEMATICAL MODELING AND DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR SOLVING MULTIPRODUCTS TRANSPORT TASKS

D.O. Bondarenko, O.V. Starkova, O.I. Bondarenko

The mathematical model of optimal transport products trading company, which is the basis of a decision support system for finding the optimal plan multiproducts transport tasks.

Keywords: transport task, multiproducts, optimal plan.