УДК 69.06:658.012

А. В. РАДКЕВИЧ (ДІІТ)

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КАПІТАЛЬНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

У даній статті за допомогою застосування високоефективного потокового алгоритму та з використанням міжсистемних зв’язків, на основі прямих і двоїстих задач розроблені теоретичні положення обґрунтованого вибору підрядчика, своєчасного і ефективного відновлення будівель та споруд.

В данной статье с помощью применения высокоэффективного потокового алгоритма и с использованием межсистемных связей, на основе прямых и двойственных задач разработаны теоретические положения обоснованности выбора подрядчика, своевременного и эффективного восстановления зданий и сооружений.

The article, with the help highly-efficient flow algorithm and usage of intra-system links, on the basis of direct and dual problems, develops a theoretical substantiation of grounded selection of sub-contractor and timely and efficient renewals of buildings and installations.

Опрацювання організаційно-технологічних рішень вимагає обліку сучасних досягнень в області системотехніки, яка вивчає технічні, організаційні й управлінські виробничі системи, міжсистемні зв’язки, взаємодіючі при досягненні результатів діяльності.

Важливою системотехнічною характеристикою будівництва, а за аналогією і капітального відновлення об’єктів, є тривалість інвестиційного циклу, протягом якого у системах відбуваються істотні зміни: технічні (вводяться в експлуатацію перші черги проектів. створюються методи і засоби керування). Усе це впливає на системотехнічні взаємозв’язки учасників виробництва й елементів виробничої системи. Інтенсивний розвиток методів вибору оптимальних організаційно-технологічних рішень зв’язаний з появою теорії дослідження операцій і сучасної обчислювальної техніки. Значний ефект дає використання системи сіткового планування та управління на цілому ряді великих будівництв.

Успіхи будівельної індустрії стали можливими завдяки фундаментальним дослідженням з вищеперерахованих питань широковідомих вчених І. Я. Бірмана, Л. Р. Капі, І. Д. Павлова, Р. Б. Тяна, Д. Філліпса, Р. І. Швецова.

У даній статті розглянуто відоме математичне формулювання задачі про розміщення підприємств [1; 4].

Визначимо пункти $B_1, \ldots, B_j, \ldots, B_n$, по кожному з яких задано попит на визначені ресурси $b_1, \ldots, b_j, \ldots, b_n$. Визначимо пункти $A_1, \ldots, A_i, \ldots, A_m$, у яких є чи можуть бути побудовані підприємства, що випускають продукцію. У кожному такому пункті може бути тільки одне підприємство (якщо декілька, то відповідно збільшується число пунктів), але потужності підприємств можуть бути різними. Потужність підприємств позначимо a_i^k, де нижній індекс відповідає номеру пункту, а верхній – номеру варіанта потужності.

Кількість варіантів потужності в кожному пункті може бути різною. Позначимо цю кількість через P_i. Тоді $K = 1, \ldots, P_i$. При $K = 1$ потужність дорівнює нулю. Позначимо через C_{ij} витрати на перевезення одиниці продукції з пункту i у пункт j, а через S_i^k – розмір витрат на виробництво одиниці продукції в пункті i при варіанті потужності k. Розмір постачання продукції з пункту i в пункт j в оптимальному плані будемо позначати через x_{ij}.

Оскільки тільки в ході розрахунку встановлюється який варіант потужності підприємств і ввійде в оптимальний план, уведемо невідоме Y_i^k, за допомогою якого виразимо вимогу цілочисельності у формулюванні задачі. Це невідоме може дорівнювати 1 чи 0, причому, якщо $Y_i^k = 1$, це означає, що даний варіант потужності входить в оптимальний варіант, а якщо $Y_i^k = 0$, то відповідний варіант в оптимальне рішення не входить. Оскільки по кожному підприємству може ввійти у рішення тільки один варіант, то ця вимога відбивається наступною рівністю:

$$\Sigma Y_i^k = 1, \ (i = 1, 2, \ldots, m). \qquad (1)$$

Сума постачань у кожен пункт споживання повинна дорівнювати його попиту

$$\Sigma X_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, ..., n). \qquad (2)$$

Сума постачань по кожному підприємству-постачальнику повинна дорівнювати одному з варіантів його потужності

$$\Sigma X_{ij} = \Sigma a_i^k. \qquad (3)$$

Задача має сенс тільки за тієї умови, що сума максимальних потужностей по кожному підприємству більше сумарного попиту $\Sigma a_i^P > \Sigma b_j$.

При цьому створюється можливість вибору оптимального варіанта.

Записавши вимогу незаперечності постачань $x_{ij} > 0$ і функціонал,

$$F(x) = (\Sigma x_{ij} C_{ij} + \Sigma S_i^k a_i^k Y_i^k) - \min. \qquad (4)$$

Таким чином, ми склали економіко-математичну модель задачі про розміщення. Для рішення задачі необхідно мати її модель. Мета складання моделі – приведення задачі до виду, що допускає її кількісне рішення. В остаточному підсумку задача описується системою рівнянь і нерівностей для її рішення відомими методами, а якщо методів рішення не існує, то їх варто розробити. Однак модель повинна бути такою, щоб задачу можна було вирішити. Це і становить головні труднощі.

У самому загальному виді принципова схема рішення наступна. Складається матриця, рядки якої розподіляються під варіанти виробництва, а стовпці – під споживачів. Сумарний попит усіх споживачів набагато менше сумарної потужності всіх постачальників по розглянутих варіантах, з яких необхідно зробити вибір, що і робить модель відкритою. Для балансування вводиться стовпець фіктивного споживача з попитом, рівним небалансу. Матриця показників C_{ij} (за винятком стовпця фіктивного споживача) заповнюється числами, що характеризують сукупні витрати на виробництво одиниці продукції за відповідним варіантом і доставку її до відповідного пункту споживання.

Використовуючи який-небудь транспортний алгоритм, виконують розрахунок оптимальної схеми постачань. Підприємства (варіанти), що прикріпилися до реальних споживачів, вигідні з погляду загального мінімуму витрат, їх варто прийняти для реалізації, ті ж, що прикріпилися до фіктивного споживача, невигідні й у реалізацію включатися не повинні. Рішення задачі зв’язане з необхідністю подолання ряду серйозних неприємностей, що відносяться як до самої схеми розрахунку, так і до представлення в матриці вихідної інформації.

При зміні потужності підприємства (під потужністю розуміється випуск продукції, а не абстрактна спроможність) змінюється і сума витрат на виробництво, причому ці витрати непропорційні. При збільшенні потужності сума витрат найчастіше збільшується, але в меншому ступені. Якщо будувати графік, відкладаючи по осі абсцис питомі витрати, а по осі ординат потужність підприємства, то залежність буде нелінійною і мати вигляд гіперболи.

Таким чином, одна з головних залежностей у задачі має нелінійний характер, і задача, суворо говорячи, не відноситься до лінійного програмування, призначеного для лінійних екстремальних задач. До чого це практично веде? При розрахунку потужність деяких рядків матриці цілком прикріплюється до реальних споживачів, а деяких – цілком до фіктивного споживача. З’являються реальні і фіктивні рядки в матриці. Відповідно до алгоритму загальна кількість кружків в оптимальному розподілі повинна бути $m + n - 1$, причому вони повинні розташовуватися в порядку комбінації, що вимальовується; у оптимальному розподілі практично завжди будуть рядки, в яких потужність прикріпилася одночасно до фіктивного і реального споживачів (змішана стратегія розподілу). Таке положення означає, що вигідно мати підприємство меншої потужності, рівне сумі постачань реальним споживачам. Такий висновок може виявитися невірним. Оптимальність розподілу встановлюється за значенням функції мети. У функціонал дане підприємство ввійшло з витратами, зазначеними в матриці, але при питомих витратах, що відповідають повній, а не частковій потужності підприємства. Якщо прийняти, що потужність підприємства буде рівна тій частині, що прикріпилася до реальних споживачів, то необхідно відповідно змінити показники питомих витрат на виробництво, а значить, і отримане значення функціонала.

Розглянемо реальний приклад. Нехай маються чотири пункти, у кожному з яких можна розмістити (побудувати) підприємство. Є також чотири споживачі. Виконавши розрахунок по транспортному алгоритму, одержимо оптимальний план, де значення цільової функції $L(x) = 1725$, табл. 1. Тут рядок A_1 є змішаним, так само як і рядок A_3. Рядок A_2 є реальний, а A_4 – фіктивний. Таким чином, уся потужність рядка A_2 пішла реальним споживачам і тут доцільно будувати підприємство, а в пункті A_4, оскільки вся потужність пішла фіктивному споживачу, робити це невигідно, тому що це дуже дорого.

Таблиця 1

Оптимальний варіант розміщення

Варіанти розміщення і їхньої потужності	Споживачі і їхній попит				Фіктивний споживач
	B_1	B_2	B_3	B_4	
	50	25	75	50	150
A_1 100	9 50	14	15	11	0 50
A_2 100	7 0	9 25	8 75	10	0
A_3 100	13	12	11	9 50	0 50
A_4 100	11	13	15	12	0 50

Але, як бути із суміжними рядками, неясно. Якби залежність загальної суми витрат від потужності була лінійною, то можна було б прийняти, що потужності цих підприємств повинні дорівнювати постачанням реальних споживачів. При цьому значення цільової функції не змінилося б.

Насправді зменшення потужностей приведе до зростання питомих витрат і зміні цільової функції. Якщо зменшити потужності A_1 і A_3 до 50 т, питомі витрати на виробництво збільшаться по A_1 на 2 грн, а по A_3 на 4 грн. Змінюємо всі показники; результат наведений у табл. 2.

Таблиця 2

Оптимальний варіант розміщення

Варіанти розміщення і їхньої потужності	Споживачі і їхній попит				Фіктивний споживач
	B_1	B_2	B_3	B_4	
	50	25	75	50	150
A_1 50	11 50	16	15	11	0
A_2 100	7	9 25	8 75	10	0
A_3 50	17	16	15	13	0 50
A_4 50	11 0	13	15	12 50	0

Коректування показників привело до зміни плану постачань, де A_3 прикріпилася до фіктивного споживача, а постачальник A_4 виявився вигідним. Із приведеного випливає, що для рішення задачі про розміщення недостатньо однократного застосування транспортного алгоритму. Основна неприємність при рішенні задачі про розміщення полягає в наявності змішаних рядків у первісному оптимальному розподілі постачань. Це дає підстави зв'язати рішення задачі з проблемою одержання цілочисельного рішення. При цьому цілочисельність визначає такий розподіл, у якому по кожному рядку вся продукція йде тільки фіктивному споживачу чи тільки реальним споживачам.

Нецілочисельність рішення визначається наявністю змішаних рядків у матриці. Слід зазначити, що в задачі про розміщення вимога целочисельності рівнозначна неподільності об'єкта. Цілочисельне рішення можливе лише у породженої задачі. Виродження – це випадок, коли застосування загального правила не гарантує потрібний результат: щоб вирішити задачу, у яку потрапляє породжений випадок, необхідно застосувати особливі, додаткові правила. Вони полягають у тім, що якщо у транспортній задачі не виконується умова $m+n-1$, то використовуються нульові постачання. Тут варто дотримуватись однієї умови: додаткові кружки не повинні утворити комбінацію, що не вимальовується (рис.).

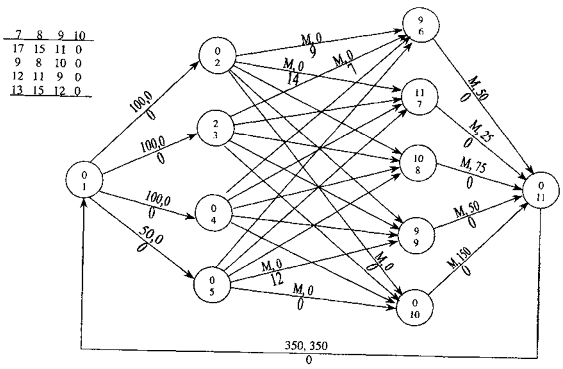

Рис. Рішення задачі в мережній структурі

Потужність підприємства визначається потужністю основного технологічного устаткування. У розрахунок необхідно прийняти лише такі варіанти, що збігаються з потужністю основного устаткування. Через дискретну зміну потужностей залежність між потужностями і витратами насправді має кусочно-лінійний характер, що і дає можливість вирішувати задачу методами лінійного програмування.

Отримані оптимальні результати, приведені в табл. 1, 2 на основі рішення транспортної задачі лінійного програмування, можна одержати ще шляхом використання алгоритмів у мереженій структурі [2; 3] як окремий випадок результату. Для цього потрібно вихідну матрицю значень C_{ij} трансформувати в мережену модель з дотриманням умов циркуляції.

У даній методиці необхідно реально побудувати модель процесу і відбити несуперечність змінних величин (F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}), що характеризують кожну дугу $(ij) \in A$. Це відноситься до вихідних і вхідних потоків. На основі значень табл. 1, 2 розроблені мережені моделі, що за інформацією їм адекватні. Результати оптимального рішення наведені в табл. 3; при порівнянні значень цільових функцій маємо ідентичний результат, тобто

$$L(x) = \Sigma\Sigma C_{ij} X_{ij} = Z(f) = SC_{ij} f_{ij} .$$

Таблиця 3

M	I	J	HI	LO	FLOW	COST
1	1	2	50	0	50	0
2	1	3	100	0	100	0
3	1	4	50	0	50	0
4	1	5	50	0	50	0
5	2	6	M	0	50	11
11	3	7	M	0	25	9
12	3	8	M	0	75	8
19	4	10	M	0	50	0
23	5	9	M	0	50	12
25	6	11	M	50	50	0
26	7	11	M	25	25	0
27	8	11	M	75	75	0
28	9	11	M	50	50	0
29	10	11	M	50	50	0
30	11	1	250	250	250	0

Таким чином, сьогодні ми можемо одержати лише наближені рішення, а точно викладати наближені способи завжди проблематично. Тому процес розміщення і розвитку виробництва є ітеративним шляхом багаторазового рішення окремих «транспортних» задач з послідовним зменшенням потужностей по змішаних рядках є обов'язковим. Уся проблема одержання целочисельного рішення зводиться до двох зв'язаних питань [1]. Перше – як ознака для визначення черговості зменшення потужностей по змішаних рядках. Друге – як не проскочити повз оптимум за рахунок того, що потужність зменшена по рядку, що при наступних змінах інших рядків стає вигідним.

Після першого розрахунку отримане оптимальне рішення аналізується шляхом з'ясування змішаних рядків і розподілення по них постачання. При цьому не розглядаються змішані рядки, у яких, істотно, переважна частина потужності йде фіктивному споживачу.

По змішаних рядках, що залишилися в розгляді, варто установити, які з них виключаються з плану постачань, за якими варто відступити на одну сходинку потужності, а по яким потужність повинна увійти в оптимальну стратегію. При підборі варіантів для перерахунків приймаються до уваги такі фактори:

– співвідношення в постачаннях по змішаному рядку, фіктивному і реальному споживачах;

– чи мається в подвійному рядку варіант потужності, близький за величиною до суми постачань реальним споживачам;

– наскільки збільшаться по цьому рядку питомі витрати на виробництво при переході до наступного варіанту потужності;

– як розподілити потужність по цьому рядку при розрахунках з великим попитом;

– як розподілити потужність по рядку у варіантах з розгойдуванням вихідних даних.

Зміст підбору полягає в тім, щоб установити, по якому зі змішаних рядків і до якого рівня варто зменшувати потужність для найближчого перерахування.

Зміни в матриці відпрацьовуються у такий спосіб. Якщо необхідно перейти на менший варіант потужності, то відповідно змінюється показник потужності і показники C_{ij}. Якщо потужність рядка необхідно цілком вивести з оптимального розподілу, то вона приймається нульовою. Якщо необхідно всю потужність рядка прикріпити до реальних споживачів, то в її перетинанні зі стовпцем фіктивного споживача ставиться число.

При всіх змінах показники інших рядків залишаються незмінними. Коли число змішаних рядків зменшиться, то перерахунки доцільно виконувати за закритою моделлю, тобто виключити рядки, що цілком прикріпилися до фіктивного споживача; потужність зменшується по змішаних рядках і виключається фіктивний споживач.

Однак самим істотним недоліком рішення є відсутність (неотримання) у явному вигляді двоїстих оцінок і неможливість ввести в задачу міжсистемних зв'язків.

Запропонований мережений підхід дозволяє формалізувати і врахувати міжсистемні зв'язки, має ряд переваг як у підході до розробки структури моделі, так і в застосуванні високоефективного потокового алгоритму визначення оптимального рішення в діалоговому режимі. Такий підхід на основі прямих і двоїстих оцінок дає можливість об'єктивно оцінити економічну і фізичну сутність задачі та її тлумачення.

БИБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бирман И. Я. Оптимальное программирование. – М.: Экономика, 1968. – 232 с.
2. Кани Л. Р., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.
3. Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей / Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 496 с.
4. Швецов Р. И. Применение методов линейного программирования для размещения предприятий материально-технической базы строительства. – М.: Стройиздат, 1964. – 103 с.

Надійшла до редколегії 05.10.03.