

Системні моделі виробничого кластеру будівельної логістики «постачальник-витрати»

Перехід до ринкових відносин супроводжується глибокими перетвореннями як в самих будівельних системах, так і в середовищі їх функціонування. Соціально-економічні перетворення стали причиною різкого зростання невизначеності для будівництва зовнішнього середовища. Для багатьох будівельних організацій немає гарантованих постачань і фондів. Централізований розподіл здійснюється тільки за окремими видами продукції.

Важлива роль у своєчасному і якісному виконанні робіт покладена на комерційні організації, що організують закупівлю матеріальних ресурсів. Невиконання зобов'язань з матеріально-технічного забезпечення породжують цілу низку негативних факторів: зриваються графіки будівництва, втрачається робочий час працівників, простоює будівельна техніка, зростає вартість будівництва, втрачається авторитет фірми [1,137,155].

Тому управління розвитком БЛ полягає, перш за все, в зміні пріоритетів між різними видами господарської діяльності будівельних систем на користь посилення значущості діяльності управління матеріальними, інформаційними і фінансовими потоками.

Існуюча система виробничо-технологічної комплектації об'єктів будівництва має істотні недоліки, серед яких потрібно відзначити недостатній зв'язок із заводами-постачальниками і транспортними організаціями. Щоб вдосконалити цей зв'язок, забезпечити ефективну взаємодію в процесі комплектації будівництв матеріалами, виробами заводів-постачальників будівельних організацій, необхідна інженерна підготовка комплектації. Як будь-яка форма інженерної підготовки виробництва виробничо-технологічна комплектація повинна починатися з формування логістичної системи.

Логістична система - сукупність дій учасників ланцюга БЛ (підприємств-виробників, транспортних, торговельних організацій, будівельних організацій), побудованих так, щоб виконувалися основні

завдання по активізації програм розвитку виробничого кластеру [6, 97, 98].

Логістичні системи дуже різноманітні по охопленню діяльності підприємства. Для деяких логістика це просто вміння працювати з базами даних, для деяких - постачальницька або складська діяльність. Але по своєму призначенню (а головне її призначення - зменшення витрат за умови виконання планових завдань, а отже збільшення ефективності виробничої діяльності) логістичні системи повинні охоплювати практично усі (окрім бухгалтерських, кадрових і т. п.) напрями діяльності [98].

Відштовхуючись від проведеного аналізу концепцій логістики : "Requirements / resource planning" - RP ("планування потреб / ресурсів") включає (MRP - Materials requirements planning, DRP (distribution requirements planning), MRPII - Manufacturing resource planning); JIT("Justin time") "точно-вчасно", EOQ МОДЕЛЬ, "Lean production" - "Худе виробництво", концепції ROP - rules based reorder; QR - quick response; CR - continuous replenishment; AR - automatic replenishment) і мікрологістичні системи KANBAN, MRP, OPT. Вибравши ті які в комплексі дозволяють вирішувати завдання функціонування виробничого кластеру. Рішення завдань на практиці зводиться до управління декількома компонентами, які складають так званий "logistics mix" виробничого кластеру.

Компанії можуть розвивати власні логістичні підрозділи, де самостійно вирішуються логістичні питання пов'язані з організацією і управлінням перевезеннями, облік і управління запасами, комплектація, складське зберігання, зв'язок (можливість отримання як кінцевої, так і проміжної інформації в процесі матеріалоруху).

У цьому розділі розглядається рішення задач з урахуванням одного з компонента "logistics mix" будівельної логістики - організацією і управлінням перевезеннями.

За рішення цієї задачі відповідає транспортна логістика.

Транспортна логістика це система по організації доставки, а саме по переміщенню яких-небудь матеріальних ресурсів з однієї точки в іншу з урахуванням принципу оптимізації. Детальнішими функціями цієї логістики є - 1) класифікація постачальників, 2) цінова політика.

Під транспортно-логістичною системою - сукупність об'єктів і суб'єктів виробничої і логістичної інфраструктури разом з матеріальними, фінансовими і інформаційними потоками між ними, що виконує функції транспортування, зберігання, розподілу товарів, а також інформаційного супроводу товарних потоків [6].

Щоб транспортно-логістична система виробничого кластеру будівництва могла чітко функціонувати, потрібно побудувати (створити) відповідну структуру, яка буде відповідати матеріально-технічному забезпеченню будівельного виробництва, згідно технології ті організації. Тобто знайти оптимальне рішення задачі закріплення об'єктів будівництва за заводами будіндустрії, використовуючи базу управління транспортно-логістичної системи.

Матеріали і вироби від кожного постачальника доставляються на об'єкт у вигляді рейсових (транспортних) комплектів, після надходження яких на будівництво формується технологічний комплект. Під рейсовим комплектом розуміється частина повного комплекту, що доставляється на будівництво одним транспортним засобом за один рейс. Розробка рейсових комплектів є однією з основних цілей транспортно-технологічної служби [13,25,51,75].

Вантажовідправники, що виступають як підприємства будівельної індустрії бази комплектації, зацікавлені в якнайшвидшому відвантаженні повних комплектів.

Вантажоодержувачі зацікавлені в своєчасному отриманні необхідних технологічних комплектів матеріалів, виробів і конструкцій, в строго визначений, пов'язаний з технологією зведення об'єктів, час.

Транспортні організації, у свою чергу, піклуються про ефективне використання транспортних засобів, оскільки основним показником їх роботи є обсяг перевезень, вантажообіг і валовий дохід. Орієнтуючись на ці показники, транспортні організації не зацікавлені в розробці раціональних варіантів доставки комплектів матеріалів і виробів від постачальників на будівництво.

Забезпечення ефективної роботи кожної технологічної ланки, що бере участь в доставці вантажів на будівництво, і усунення недоліків на завершальному етапі комплектації об'єктів будівництва матеріальними ресурсами досягається розробкою транспортно-технологічної документації у вигляді транспортно-технологічних карт або самостійного проекту організації транспорту [138].

Це дозволяє розширити горизонтальні господарські зв'язки між підприємствами будівельного комплексу і будівельними організаціями, який в кожному регіоні функціонує як транспортно-будівельний комплекс.

Логістична діяльність в будівництві носить інтегрований характер і, як правило, відбувається в межах комплексуально-транспортно-будівельного комплексу (КТБК) виробничого кластеру. Успіх в будівельному бізнесі залежить не тільки від результатів діяльності окремої будівельної організації, але і від її партнерів-постачальників [155].

Однією з особливостей логістики в будівельному виробництві є спільна діяльність учасників КТБК при просуванні матеріалів і виробів від постачальників до замовників.

Одне із завдань логістизації будівництва, а саме просування матеріального потоку (будівельний матеріал, конструкції, деталі, напівфабрикати) від постачальника на приоб'єктні майданчики будівництва дозволяє вирішити один з методів лінійного програмування – транспортна задача, але вона має класичний вигляд.

Тому загальну задачу вибору постачальника необхідно вирішуватися використовуючи також метод аналізу ієрархій, який дозволить класичну задачу представити у вигляді абстрактної моделі.

Запропонований метод полягає в конструюванні моделі, на основі підтримка прийняття рішень за допомогою ієрархічної декомпозиції задачі і рейтингування альтернативних рішень.

Можливості метода:

1. Метод дозволяє провести аналіз проблеми. При цьому проблема прийняття рішень представляється у вигляді ієрархічно впорядкованих:
 - Головної цілі (головного критерію) рейтингування можливих рішень.
 - Декілька груп (рівнів) однотипних факторів.
 - Групи можливих рішень.
 - Системи зв'язків, що вказують на взаємний вплив факторів і рішень.
2. Метод дозволяє провести збір даних про проблему. Відповідно до результатів ієрархічної декомпозиції модель ситуації прийняття рішень має кластерну структуру. Набір можливих рішень і всі фактори, які впливають на пріоритети рішень, розбивається на відносно невеликі групи – кластери. Розроблена в методі аналізу ієрархій процедура попарних порівнянь дозволяє визначити пріоритети об'єктів, що входять в кожний кластер. Для цього використовується метод власного вектору. Таким чином, складна задача збору даних розбивається на ряд простих.
3. Метод дозволяє оцінити суперечливість даних і мінімізувати її. Для цього в МАІ розроблені процедури погодження. Зокрема, є можливість визначити найбільш суперечливі дані, що дозволяє виявити найменш ясні місця проблеми і організувати більш ретельне вибіркове вивчення проблеми.
4. Метод дозволяє провести синтез проблеми прийняття рішень. Після того, як проведено аналіз проблеми і зібрано дані за всіма кластерами, по спеціальному алгоритму розраховується результативний показник – набір пріоритетів альтернативних рішень. Характеристики цього рейтингу дозволяють здійснити підтримку прийняття рішень. Крім цього, метод

дозволяє скласти рейтинги для груп факторів, що дозволяє оцінювати важливість кожного фактору.

5. Метод дозволяє організувати обговорення проблеми, сприяє досягненню консенсусу. Думки, що виникають при обговоренні проблеми прийняття рішень, самі можуть в даній ситуації розглядати в якості можливих рішень. Тому МАІ можна застосовувати для визначення важливості обліку думки кожного учасника обговорення.
6. Метод дозволяє оцінити важливість обліку кожного рішення і важливість обліку кожного фактора, які впливають на пріоритети рішень. Величина пріоритету на пряму зв'язана з оптимальністю рішення. Тому рішення з низькими пріоритетами відхиляються як несуттєві. Тому якщо при виключенні деякого фактору пріоритети рішень змінюються незначно, такий фактор можна вважати несуттєвим.
7. Метод дозволяє оцінити стійкість рішення, що приймається.

Переваги методу аналізу ієрархій [141]:

- він поєднує в собі переваги аналітичних та експертних методів;
- забезпечує реалізацію найбільш ефективного способу оцінки кількісно не вимірювальних, але разом з тим важливих факторів для прийняття рішень;
- не передбачає введення обмежень на транзитивність (метод працює з неузгодженими судженнями і не потребує, щоб вибір споживачів або осіб, що приймають рішення (ОПР), відповідали аксіомам корисності);
- дозволяє звести дослідження складних проблем до достатньо простої процедури проведення послідовно попарних порівнянь;
- не передбачає прямого визначення вагових коефіцієнтів для показників, які використовуються в оцінюванні якості рішення задач;
- простий в реалізації, а також не потребує значних фінансових і часових ресурсів на проведення необхідних розрахунків;
- дозволяє розв'язувати задачі з необмеженою кількістю критеріїв.

Умови використання методу [141]:

1. Кваліфікованість експертів, які беруть участь у створенні структури моделі прийняття рішень, підготовки даних та інтерпретації результатів.
2. Модель повинна мати зворотний зв'язок.
3. Метод найкраще підходить для тих випадків, коли основна частина даних заснована на виборі ОПР.
4. Метод дає більш реалістичні результати при моделюванні повільної зміни ситуації, для прийняття стратегічних рішень.
5. Рейтинг можливих рішень повинен мати низьку чутливість до незначних змін даних або структури моделі.

Алгоритм реалізації MAI в найбільш узагальненому виді включає в себе такі етапи [140]:

- 1) формування ієрархії цілей;
- 2) визначення пріоритетів;
- 3) обчислення локальних векторів пріоритетів або факторів зважування;
- 4) перевірка органічності оцінки пріоритетів;
- 5) обчислення пріоритетів цілей і заходів для ієрархії в сукупності.

Певні етапи можуть повторюватися багаторазово, зокрема, при невірній оцінці пріоритетів.

Розглянемо зміст перелічених етапів детальніше.

Етап 1. Відбувається декомпозиція цілі в ієрархію, яку в найбільш спрощеному варіанті представлено на рис. 3.2.

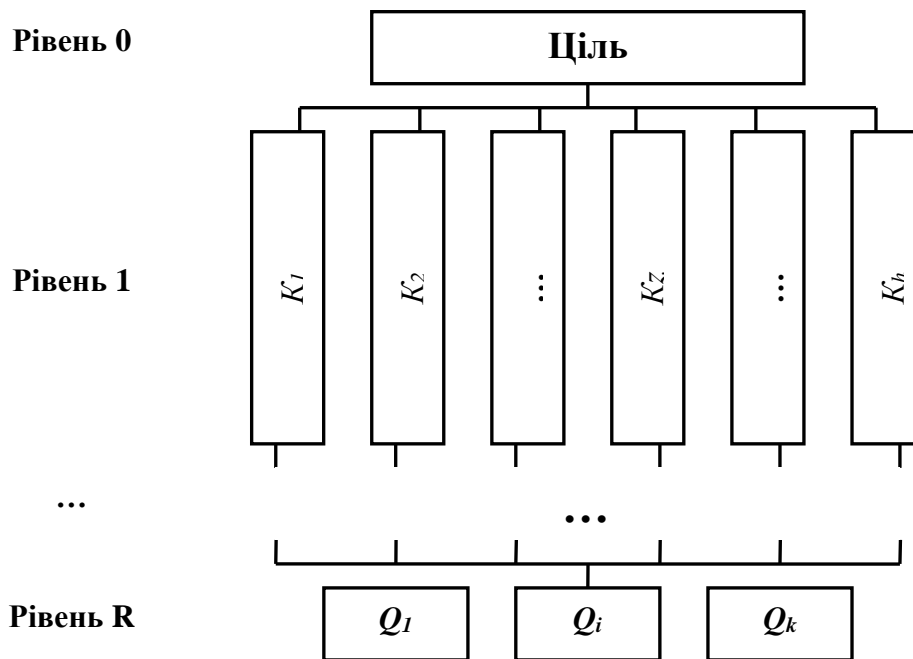


Рис. 3.2. Декомпозиція цілі в ієрархію

Багаторівневу структуру, сформовану для реалізації методу аналізу ієрархій, можна інтерпретувати наступним чином: на нульовому (вищому) рівні знаходиться загальна ціль; на першому рівні та наступних рівнях – розташовані деталізовані показники, що розкривають ціль; на R -му (нижчому) рівні – k альтернатив, які повинні бути оцінені по відношенню до критеріїв вищого рівня.

Етап 2. Порівняння між собою елементів побудованої ієрархії. Формується матриця, в якій кожний критерій порівнюється за відносною важливістю з усіма іншими. Результати порівняння пар r -го рівня ієрархії по відношенню до елементів більш високого $(r-1)$ -го рівня представляють у формі матриці V_r розмірності $K_r \times K_r$, $r = \overline{1, R-1}$, де R – загальна кількість рівнів у дереві цілей.

Матриця V_r агрегує бачення експертів відносно взаємної пріоритетності критеріїв. Елементи матриці формуються наступним чином:

$$V_{mn} = \begin{cases} 1 & \text{– однакова важливість критеріїв;} \\ 3 & \text{– помірна перевага } m \text{-го над } n \text{-им;} \\ 5 & \text{– вагома перевага;} \\ 7 & \text{– значна перевага;} \\ 9 & \text{– найсильніша перевага;} \\ 2,4,6,8 & \text{– проміжні значення;} \\ \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \dots & \text{– обернені значення.} \end{cases}$$

Під оберненими значеннями мається на увазі, що в разі, коли елемент матриці з індексом mn - ціле додатне число від 1 до 9, то елемент з індексом nm буде оберненим числом: $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{8}$ або $\frac{1}{9}$.

Етап 3. Обчислення локальних векторів пріоритетів W_r . Одним із способів є використання методу визначення власного вектору. Для цього необхідно:

1. Знайти максимальне власне число λ_r^{\max} матриці парних порівнянь V_r , розв'язавши рівняння:

$$\det|V_r - \lambda \cdot E_r| = 0, \quad (3.1)$$

де E_r – одинична матриця розмірності $K_r \times K_r$,

λ - власне число матриці V_r .

2. Підстановкою λ_r^{\max} в характеристичне рівняння:

$$(V_r - \lambda_r^{\max} \cdot E_r) \cdot W_r = 0, \quad (3.2)$$

за виконання умови нормалізації:

$$\sum_{k=1}^{K_r} w_k^r = 1, \quad (3.3)$$

$$\text{де } V_r = \begin{pmatrix} v_{11}^r & v_{12}^r & \dots & v_{1K_r}^r \\ v_{21}^r & v_{22}^r & \dots & v_{2K_r}^r \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{K_r1}^r & v_{K_r2}^r & \dots & v_{K_rK_r}^r \end{pmatrix}, W_r = \begin{pmatrix} w_1^r \\ w_2^r \\ \dots \\ w_{K_r}^r \end{pmatrix}, E_r = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}_{K_r \times K_r}, \quad (3.4)$$

обчислити власний вектор W_r , який й взяти за локальний вектор пріоритетів r -го рівня ієрархії.

Локальні вектори пріоритетів W_r за умови дотримання рівності $\sum_{k=1}^{K_r} w_k^r = 1$ представляють собою не що інше, як систему ваг розмірністю K_r . Дану систему ваг доцільно використовувати при розв'язуванні задачі адитивної згортки інтегрального критерія.

Етап 4. Оцінюється однорідність суджень експертів. Необхідність цього етапу визначається тим, що кількісна (кардинальна) та транзитивна (порядкова) однорідність може бути порушена, оскільки людські почуття неможна виразити. Наприклад, при зіставленні критеріїв експерт може показати, що критерій A має більш високий рівень значущості, ніж критерій B , критерій B переважніше за критерій V , однак V важливіше, ніж A . Зокрема, таке може статися, якщо критерії A, B, V близькі за рівнем значущості [141].

Однорідність суджень оцінюється індексом узгодженості (ІУ) або відношенням узгодженості (ВУ) у відповідності з наступними виразами:

$$IY = \frac{\lambda_{\max} - h}{h - 1}, \quad (3.5)$$

$$BY = \frac{IO}{M(IO)}, \quad (3.6)$$

де $M(IY)$ - середнє значення (математичне очікування) індексу однорідності випадковим чином складеної матриці парних порівнянь.

Табульовані значення $M(IU)$ зведені в таблицю 3.1 (див., напр., у [141]).

Таблиця 3.1

Значення середніх показників $M(IU_r)$ в залежності від розмірності матриць K_r

K_r	1;2	3	4	5	6	7	8
$M(IU_r)$	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41
K_r	9	10	11	12	13	14	15
$M(IU_r)$	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Якщо для матриці парних порівнянь відношення узгодженості (однорідності) $BV > 0.1$, то це свідчить про суттєві порушення логічності суджень, допущеному експертом при заповненні матриці, тому йому пропонується переглянути дані, які використовувалися для побудови матриці, щоб покращити її однорідність. Якщо відношення узгодженості знаходиться в припустимих межах ($BV \leq 0.1$), але в деяких випадках допускається $BV = 20\%$, але не більше, то відбувається перехід до п'ятого етапу алгоритму.

Етап 5. Це етап ієрархічного синтезу, сутність якого полягає у побудові вектора рейтингових оцінок альтернативних рішень (стратегій) через синтез локальних векторів пріоритету матриць попарних порівнянь часткових цілей, критеріїв тощо. Кожна складова цього вектору вказує, яку порівнювальну значимість має даний елемент по відношенню до елемента вищого рівня, що розглядається, і всіх наступних рівнів, що є умовою для оцінки глобального пріоритету.

Для цього локальні пріоритети альтернатив множать на пріоритет відповідного критерію на вищому рівні, після цього одержаний добуток множать на пріоритет відповідного критерію на наступному вищому рівні і т.д., поки не дістануться нульового рівня ієрархії (головної цілі). Результати обчислень за всіма ланцюгами побудованого дерева цілей сумують для кожної окремої альтернативи Q_i . Ця сума й дає глобальний пріоритет елемента P_{Q_i} :

$$P_{Q_i} = \sum_{j=1}^J \left\{ \left(\prod_{r=1}^{R-2} w_r \right)_j \cdot w_{R-1,j}(Q_i) \right\}, i = \overline{1, k}, \quad (3.7)$$

де P_{Q_i} - глобальний пріоритет альтернативи Q_i , $i = \overline{1, k}$;

k – кількість альтернатив;

j, J – відповідно номер і загальна кількість критеріїв на передостанньому рівні дерева цілей;

$\left(\prod_{r=1}^{R-2} w_r \right)_j$ - глобальний пріоритет ланцюга дерева цілей для j -го критерію ($R-2$)-го рівня ієрархії;

$w_{R-1,j}(Q_i)$ - відносна значимість альтернативи (стратегії) Q_i по відношенню до j -го критерію на останньому ($R-1$)-му рівні дерева цілей.

Отриманий вектор можна вважати оцінкою значущості альтернатив. Чим вище ця оцінка, тим важливіше реалізація відповідного управлінського рішення для досягнення заданої цілі і тим більший пріоритет має відповідний комплекс управлінських дій серед інших альтернативних рішень [141].

На основі отриманого рейтингу ОПР приймає рішення щодо найкращої альтернативи (зовнішнє рейтингове управління). При цьому доцільним є проведення статистичного аналізу інтегральних показників рейтингової оцінки за певні періоди, що дозволяє отримати уявлення про динаміку, яка склалася, виявити «вузькі» місця, та за допомогою методів економічної статистики спрогнозувати майбутні параметри стану системи.

Приблизний план такої перевірки може включати в себе такі етапи:

1. Виявлення факторів та їх складових, що спричиняють негативний розвиток ЕС.
2. Дослідження впливу цих складових у кількісному вираженні.
3. Прогнозування їх майбутніх значень.
4. Виділення групи складових, на які необхідно та можливо оказати вплив.

5. Пошук резервів та важелів, які забезпечать позитивну динаміку цих складових.
6. Розрахунок результуючого значення показника, який аналізується, із розбивкою по факторам, що забезпечуватимуть його рівень.
7. Аналіз плану на стійкість. Дослідження цих факторів, обґрунтованості їх залучення, зовнішнього середовища та спроможності ЕС їх застосовувати. Якщо за даних умов план виявляється неприйнятним, то процес повторюється з п.4 при змінених параметрах.

Необхідність перевірки рейтингу на стійкість зумовлена специфікою діяльності ЕС, залежністю від державного впливу, станом конкуренції в галузі і т.ін. А через те, що майже усі економічні важелі мають двобічну природу (один і той же важіль може як покращити стан ЕС, так і при некоректному застосуванні погіршити його), неперевірений рейтинг, покладений в основу прийняття управлінських рішень, спроможний справити протилежний запланованому ефект.

Розглянемо у загальному вигляді таке завдання на прикладі.

У стандартній постановці завдання задані m пунктів постачання, з яких продукція (матеріальний потік) може транспортуватися в кожен з n пунктів споживання. Продуктивність i -го пункту постачання дорівнює A_i , а споживання j -го пункту – B_j . Значення A_i і B_j – фіксовані в заданому періоді планування. Вартість перевезення одиниці продукції з пункту i до пункту j не залежить від кількості вантажу, що перевозиться, і дорівнює C_{ij} . Класична транспортна задача. Але для покращення (удосконалення) її рішення для вибору постачальників використаємо МАІ. Для заданого відрізка планування потрібно визначити схему перевезення продукту, за яким загальні транспортні витрати є мінімальними. Візьмемо до уваги, що перевозиться один вид продукції [121].

Графічна інтерпретація загальної задачі показана на рисунку 3.3.

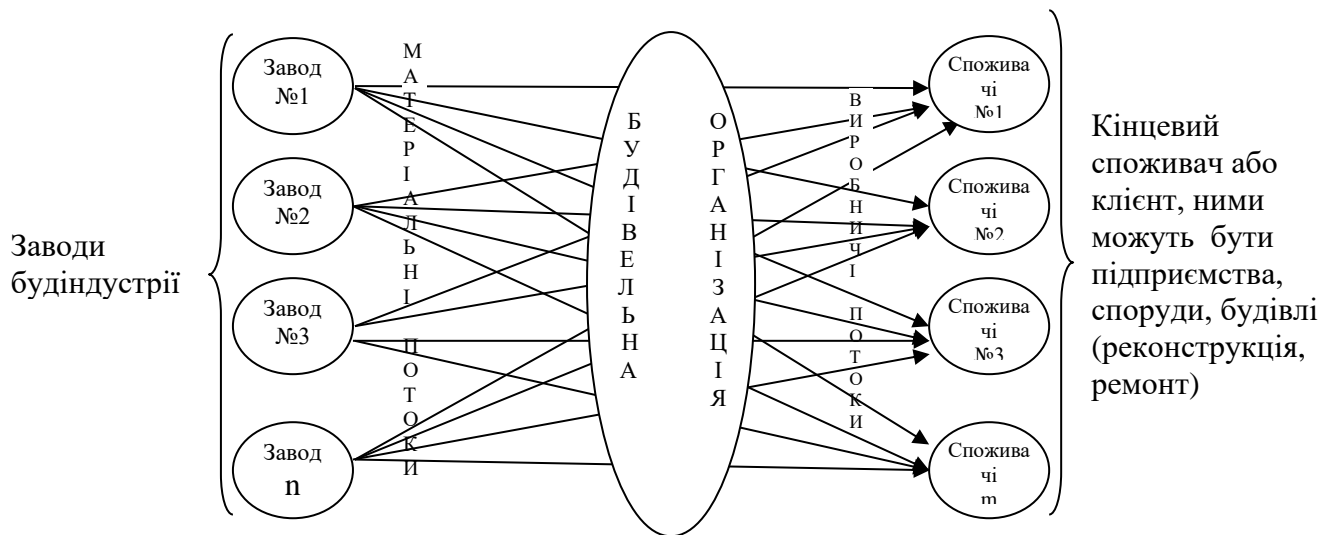


Рис. 3.3 – Типова спрощена схема транспортно-логістична система виробничого кластеру

Завдання по вибору постачальника буде мати наступну модель ієрархії враховуючи альтернативи та критерії (рис.3.4).

Грунтуючись на досвіді В. І. Сергієва, який проводить вибір постачальників згідно з набору з п'яти головних критеріїв: 1) якість, куди відноситься і відповідність специфікаціям, і відповідність споживчим очікуванням, і відсоток браку; 2) надійність постачальника, включаючи чесність, обов'язковість, фінансову стабільність і багато що інше; 3) ціна з урахуванням усіх витрат, пов'язаних з постачанням; 4) якість обслуговування, куди відноситься рівень післяпродажного обслуговування і швидкість реакції на вимоги, що змінюються, і обставини; 5) умов платежу і можливість позапланових постачань. Усі ці критерії можуть мати абсолютно різний сенс для різних ситуацій, і для отримання кількісних оцінок. Гідністю такого набору критеріїв можна вважати те, що він підходить і для оцінки нового постачальника і для оцінки на підставі досвіду співпраці, тільки процедура оцінювання базуватиметься на різних джерелах інформації.

Дослідження праць Лайсонс і Джиллінгем, де приводиться різні набори критеріїв для нових постачальників і тих, з ким у покупця є досвід

співпраці. Для нових постачальників вони вважають обов'язковими включити в набір сім критеріїв: 1) фінанси, що, судячи по опису, має на увазі цілком звичний аналіз фінансового стану на підставі відкритої звітності; 2) виробничої потужності і устаткування; 3) людські ресурси; 4) якість в широкому розумінні підходу TQM; 5) результатів діяльності; 6) захист довкілля і етичні норми; 7) інформаційних технологій.

Для ситуації оцінки діяльності постачальника на підставі досвіду співпраці Лайсонс і Джиллінгем наводять приклад використання набору з чотирьох комплексних критеріїв, кожному з яких привласнюється однакова вага: 1) якість; 2) ціна; 3) постачання; 4) партнерство. Кожен з цих показників розраховується як комбінація безпосередньо вимірних складових, яким можуть привласнюватися різні ваги. Складові - це статистика окремих аспектів співпраці з постачальником. Наприклад, до складу показника "якість" входить статистика за такими показниками, як: кількість браку за період, кількість браку в перерахунку на одиницю постачання, і так далі.

Відштовхуючись від проведених досліджень в області критеріїв вибору постачальника. Ми взяли основні на наш розсуд, при цьому кількість критеріїв можна міняти. Отже наші постачальники і їх критерії вибору.

Альтернативи (постачальники):

1. A_1 – ЗАТ «БЛОКИ»
2. A_2 – ЗАТ «ЗЖБК №1»
3. A_3 – ВАТ «ПАВЛОГРАДЖИТЛОБУД» «Будмайстер».

Критерії:

1. Спеціалізація (С)
2. Якість (Як)
3. Резервна потужність (РП)
4. Надійність поставок (Н)
5. Статус фінансування (Ф)

6. Ціна (Ц).

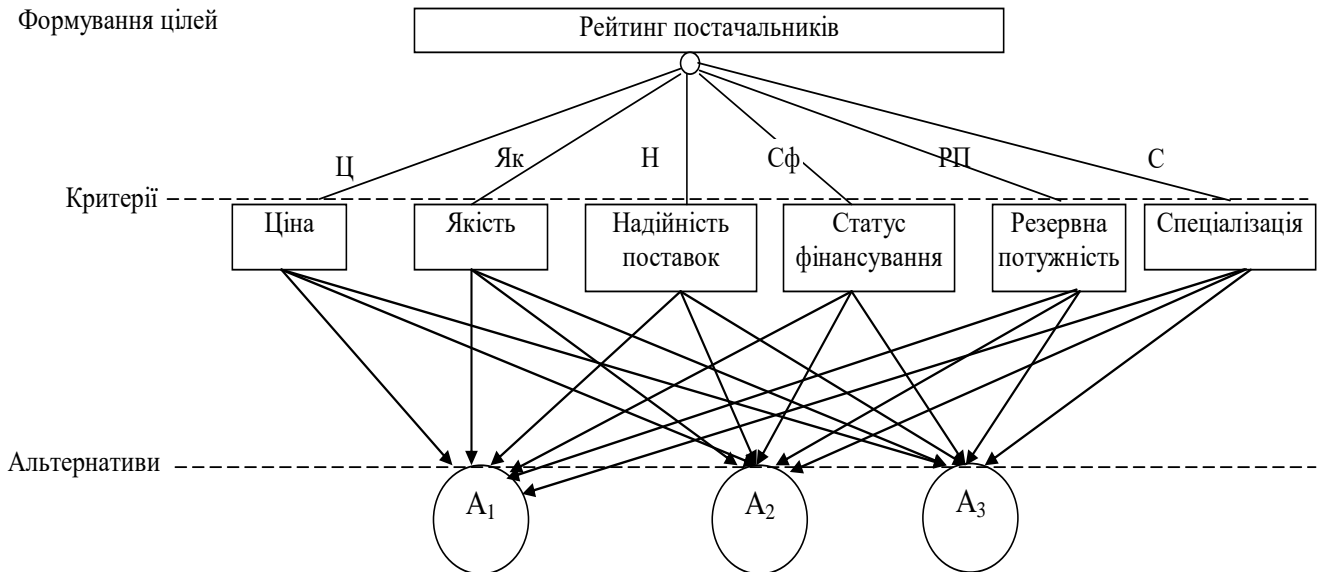


Рис. 3.4. Дерево цілей для задачі моделювання рейтингу постачальників

На попередньому етапі нами було виділено 6 критеріїв, за допомогою яких можна охарактеризувати постачальників, тим самим комплексно оцінити порівнювану значимість потенційних постачальників.

Ієрархія, яка побудована на першому етапі, є моделлю, яка відображає проведений нами аналіз найбільш важливих елементів і їх взаємовідносини.

Другим етапом побудови рейтингу постачальників саме й є надання ваги окремим критеріям. Найпоширенішим методом порівняння є метод попарних порівнянь, згідно з яким будується множина матриць попарних порівнянь елементів ієрархічної структури, що містяться на певному рівні ієрархії (окрім інтегрального) з погляду сили їх дії на елемент вищого рівня, який деталізує порівнювані елементи. Значимість при цьому інтерпретується по відношенню до цільових критеріїв як внесок у досягнення головної цілі.

При цьому скористаємося методом парних порівнянь із шкалою оцінки елементів, запропонованою Т. Сааті, представлену в табл. 3.2 [141].

Якщо ваги (інтенсивності) елементів ієрархії невідомі, то попарні порівняння здійснюються на основі суб'єктивних суджень, що чисельно оцінюються за певною шкалою. Необхідною умовою є те, що ОПР надає всім

параметрам єдине виміряне за відносною шкалою значення ν , яке показує, в скільки разів один параметр більш значиміший ніж інший, по відношенню до конкретного елемента наступного вищого рівня ієрархії [141].

Таблиця 3.2

Дев'ятибальна шкала порівняння альтернатив за Т. Сааті

Інтенсивність (вага) відносної важливості	Якісна оцінка	Пояснення
1	Однаково важливі	Обидва елементи вносять однаковий внесок щодо досягнення кінцевої цілі
3	Не набагато важливіший	Існують висловлювання відносно пріоритету одного елемента щодо іншого, але ці висловлювання досить непереконливі
5	Суттєво важливіший	Існують достатньо переконливі докази та логічні критерії, що один за елементів є важливішим (вагомішим)
7	Значно важливіший	Існують переконливі докази великої значущості одного елемента порівняно з іншим
9	Абсолютно важливіший	Усвідомлення пріоритету одного елемента щодо іншого максимально підтверджується
2, 4, 6, 8	Проміжні оцінки між двома сусідніми судженнями	Потрібен певний компроміс
$1/\nu, \nu = 1, 3, 5, 7, 9$	Обернені значення ненульових оцінок	Якщо елементу i при порівнянні з елементом k надається одна з ненульових інтенсивностей, то елементу k при порівнянні з i надається обернене значення цієї інтенсивності
0	Непорівнянність	Немає сенсу в порівнянні елементів

Скористаємося таблицею 3.2 і побудуємо матрицю парних порівнянь для виділених нами дев'яти критеріїв. Результати порівнянь представлені в табл. 3.3.

Знайдемо локальний вектор пріоритетів $W=(w_1, \dots, w_9)$ за умови дотримання рівності $\sum_{i=1}^9 w_i = 1$ Фактично даний вектор виступає системою ваг

розмірністю «9». Скористаємося методикою знаходження вектора локальних пріоритетів за формулами (3.1)-(3.4).

Оцінимо однорідність суджень індексом однорідності (I_U), скориставшись формулою (3.5).

Обчислюємо тепер відношенням однорідності (B_U) у відповідності з формулою (3.6).

Таблиця 3.3

Матриця парних порівнянь значимості критеріїв для задачі вибору постачальників

Порівнювані критерії	Ціна	Якість	Надійність поставок	Статус фінансування	Резервна потужність	Спеціалізація (асортимент)
Ціна	1	3	3	4	7	5
Якість	1/3	1	1	3	3	2
Надійність поставок	1/3	1	1	1/3	1/2	3
Статус фінансування	1/4	1/3	3	1	4	1/3
Резервна потужність	1/7	1/3	2	1/4	1	1/3
Спеціалізація (асортимент)	1/5	1/2	1/3	3	3	1

Знаходження вектору пріоритетів у вигляді таблиці 3.4:

Таблиця 3.4

Знаходження вектору пріоритетів

Матриця порівнянь						проміжний вектор	вектор пріоритетів
1,00	3,00	3,00	4,00	7,00	5,00	23,00	0,38
0,33	1,00	1,00	3,00	3,00	2,00	10,33	0,17
0,33	1,00	1,00	0,33	0,50	3,00	6,17	0,10
0,25	0,33	3,00	1,00	4,00	0,33	8,91	0,15

0,14	0,33	2,00	0,25	1,00	0,33	4,06	0,07
0,20	0,50	0,33	3,00	3,00	1,00	8,03	0,13
						60,50	1

Знаходимо найбільше власне число матриці парних порівнянь λ_{\max} (табл. 3.5)

Таблиця 3.5

Найбільше власне число матриці парних порівнянь

Матриця порівнянь						вектор пріоритетів	λ_{\max}
1,00	3,00	3,00	4,00	7,00	5,00	0,38	2,92
0,33	1,00	1,00	3,00	3,00	2,00	0,17	1,31
0,33	1,00	1,00	0,33	0,50	3,00	0,10	0,88
0,25	0,33	3,00	1,00	4,00	0,33	0,15	0,92
0,14	0,33	2,00	0,25	1,00	0,33	0,07	0,46
0,20	0,50	0,33	3,00	3,00	1,00	0,13	0,97
						1	7,46

$$\lambda_{\max} = 7.46 \quad IY = \frac{7.46 - 6}{6 - 1} = 0,27 \quad BY = \frac{0,27}{1,24} = 0,202$$

Відношення узгодженості знаходиться в припустимих межах (в деяких випадках допускається $BY = 20\%$), але не більше, то відбувається перехід до п'ятого етапу алгоритму.

Проведемо порівняння постачальників відносно шести характеристик у вигляді таблиць 3.6 -3.17.

Таблиця 3.6

Порівняння постачальників відносно спеціалізації

Спеціалізація	A1	A2	A3
A1	1	1/2	1/3
A2	2	1	3
A3	3	1/3	1

Таблиця 3.7

Розв'язування порівняння постачальників відносно спеціалізації

Спеціалізація Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	IY	BY
1,00	0,33	0,50	0,15	0,48	0,05	0,08
3,00	1,00	3,00	0,58	1,85		

2,00	0,33	1,00	0,27	0,77		
			1,00	3,10		

Таблиця 3.8

Порівняння постачальників відносно якості

Якість	A1	A2	A3
A1	1	1	1
A2	1	1	1
A3	1	1	1

Таблиця 3.9

Розв'язування порівняння постачальників відносно якості

Якість Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	IУ	ВУ
1	1	1	0,33	1	0	0
1	1	1	0,33	1		
1	1	1	0,33	1		
			1,00	3		

Таблиця 3.10

Порівняння постачальників відносно резервної потужності

Резервна потужність	A1	A2	A3
A1	1	3	5
A2	1/3	1	3
A3	1/5	1/3	1

Таблиця 3.11

Розв'язування порівняння постачальників відносно резервної
потужності

Резервна потужність Матриця порівнянь	вектор пріоритетів	λ_{\max}	IУ	ВУ
--	-----------------------	------------------	----	----

1,00	3,00	5,00	0,61	2,00	0,06	0,10
0,33	1,00	3,00	0,29	0,80		
0,20	0,33	1,00	0,10	0,32		
			1,00	3,12		

Таблиця 3.12

Порівняння постачальників відносно надійності постачань

Надійність постачань	A1	A2	A3
A1	1	1	2
A2	1	1	2
A3	1/2	1/2	1

Таблиця 3.13

Розв'язування порівняння постачальників відносно надійності постачань

Надійність постачань Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	IУ	ВУ
1	1	2	0,4	1,2	0,00	0,00
1	1	2	0,4	1,2		
0,5	0,5	1	0,2	0,6		
			1	3		

Таблиця 3.14

Порівняння постачальників відносно статусу фінансування

Статус фінансування	A1	A2	A3
A1	1	1	2
A2	1	1	2
A3	1/2	1/2	1

Таблиця 3.15

Розв'язування порівняння постачальників відносно статусу фінансування

статус фінансування Матриця порівнянь	вектор пріоритетів	λ_{\max}	IУ	ВУ
--	--------------------	------------------	----	----

1,00	1,00	3,00	0,46	1,34	0,01	0,01
1,00	1,00	2,00	0,37	1,17		
0,33	0,50	1,00	0,17	0,51		
			1,00	3,02		

Таблиця 3.16

Порівняння постачальників відносно ціни

Ціна	A1	A2	A3
A1	1	3	7
A2	1/3	1	4
A3	1/7	1/4	1

Таблиця 3.17

Розв'язування порівняння постачальників відносно ціни

Ціна Матриця порівнянь			вектор пріоритетів	λ_{\max}	ІУ	ВУ
1,00	3,00	7,00	0,62	2,07	0,07	0,12
0,33	1,00	5,00	0,30	0,82		
0,14	0,20	1,00	0,08	0,24		
			1,00	3,14		

Для отримання ранжирування постачальників, помножимо матрицю таблиці 3.18 справа на транспонований вектор-рядок вагів характеристик. Це процедура "зважування" кожного з отриманих вище з шістьох власних векторів пріоритетом відповідної характеристики і потім скласти. В результаті маємо.

Таблиця 3.18

Зважування кожного з отриманих вище з шістьох власних векторів пріоритетом відповідної характеристики

	Спеціалізація	Якість	Резервна потужність	Надійність поставок	Статус фінансування	Ціна
A1	0,33	0,33	0,44	0,41	0,29	0,43
A2	0,33	0,33	0,25	0,32	0,29	0,33
A3	0,33	0,33	0,31	0,27	0,43	0,24

Згодом з проведення обчислень отримали загальну оцінку кожного постачальника $A1=0,36$; $A2=0,32$; $A3=0,31$.

$$\begin{bmatrix} 0,33 & 0,33 & 0,44 & 0,41 & 0,29 & 0,43 \\ 0,33 & 0,33 & 0,25 & 0,32 & 0,29 & 0,33 \\ 0,33 & 0,33 & 0,31 & 0,27 & 0,43 & 0,24 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,38 \\ 0,17 \\ 0,10 \\ 0,15 \\ 0,07 \\ 0,13 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,36 \\ 0,32 \\ 0,31 \end{bmatrix}$$

Після рейтингування постачальників застосовуємо класичну транспортну задачу, яка доведе рішення загальної задачі по закріпленню об'єктів будівництва за заводами будіндустрії.

Умови задачі зручно розташовувати у вигляді таблиці 3.19, вписуючи в великі клітини кількість вантажу, що перевозиться ($X_{11}, X_{21}, \dots, X_{mn}$), з A_i в B_j ; $X_{ij} \geq 0$, а в маленькі клітинки – відповідні тарифи C_{ij} ($C_{11}, C_{21}, \dots, C_{mn}$).

Таблиця 3.19

Загальні умови транспортної задачі у табличній формі

Постачальни -ки	Споживачі				Запаси
	B1	B2	...	Bn	
A1	X11 <small>C11</small>	X12 <small>C12</small>	...	X1n <small>C1n</small>	a1
A2	X21 <small>C21</small>	X22 <small>C22</small>	...	X2n <small>C2n</small>	A2
...
Am	Xm1 <small>Cm1</small>	Xm2 <small>Cm2</small>	...	Xmn <small>Cmn</small>	am
Потреби	b1	b2	...	bn	

Завдання може містити додаткові обмеження, пов'язані із специфікою продукції, що вимагає особливих умов перевезення і складування.

Математична постановка задачі полягає в мінімізації сумарних транспортних витрат або мінімізації вантажообігу.

Формулювання задачі про розміщення підприємств має наступний вигляд.

Умовно об'єкти будівництва (споживачів) розташуємо за адресами:

1. B_1 – вул. Запорізька, 1-в;
2. B_2 – вул. Нікопольське шосе, 1к;
3. B_3 – вул. Скворцова, 25;
4. B_4 – вул. Патріотична, 15.

Кожному з об'єктів задамо попит на певний вид продукції: b_1, b_2, b_3, b_4 .

Виберемо постачальників – заводи будіндустрії які випускають необхідну продукцію:

4. A_1 – ЗАТ «БЛОКИ»
5. A_2 – ЗАТ «ЗЖБК №1»
6. A_3 – ВАТ «ПАВЛОГРАДЖИТЛОБУД» «Будмайстер».

У кожному пункті знаходиться тільки одне підприємство (якщо декілька, то відповідно збільшується число пунктів), але потужності підприємств різні. Потужність кожного з підприємств позначимо a_i^k , де нижній індекс відповідає номеру пункту, а верхній – номеру варіанту потужності.

Кількість варіантів потужності в кожному пункті різна. Ця кількість позначена через $P_i, i = 3$. Тоді $K = 1, \dots, P_i$. При $K = 1$ потужність дорівнюється нулю. Витрати на перевезення одиниці продукції з пункту 1 в пункт 4 позначені – C_{ij} розмір витрат на придбання одиниці продукції в пункті i при варіанті потужності k – S_i^k . Розмір партії постачання продукції з пункту i в пункт j в оптимальному варіанті – x_{ij} .

Оскільки тільки за результатами розрахунку встановлюється, який варіант потужності підприємств i увійде до оптимального плану, вводиться невідоме Y_i^k за допомогою якого сформулюємо вимогу цілочисельності в умовах задачі. Це невідоме може бути рівне 1 або 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 від

кожного підприємства може увійти до рішення тільки один варіант, то ця вимога відповідає наступному рівнянню:

$$\sum Y_i^k = 1, (i = 1...3) \quad (3.8)$$

Сума поставчань в кожен пункт споживання повинна відповідати його попиту:

$$\sum X_{ij} = b_i, (i = 1...4) \quad (3.9)$$

Сума поставчань кожного з підприємств-постачальників повинна бути рівною одному з варіантів його потужності:

$$\sum X_{ij} = \sum a_i^k \quad (3.10)$$

Завдання має сенс тільки за тієї неодмінної умови, що сума максимальних потужностей кожного підприємства більша сумарного попиту $\sum a_i^p = \sum b_i$. Наявність такої умови робить задачу завданням. Тільки якщо сумарна потужність з всіх варіантів більша, ніж сумарний попит, створюється можливість вибору оптимального варіанта.

Вимога до поставчань $x_{ij} \geq 0$ дозволяє записати функціонал у вигляді

$$F(x) = \sum x_{ij} C_{ij} \rightarrow \min \quad (3.11)$$

Перетворимо формулу (3.11) у вигляд, де враховується рейтингова оцінка кожного з постачальників:

$$F(x) = \sum x_{ij} \eta_{ij} (C_{ij} + c_{ij}) \rightarrow \min \quad (3.12)$$

Таким чином, отримане рівняння є економіко-математичною моделлю задачі про розміщення замовлень з урахуванням рейтингової оцінки кожного з постачальників. Модель дозволяє привести задачу до вигляду, що допускає її кількісне рішення. Буді-яку задачу можливо описати системою рівнянь і нерівностей для приведення її до відомих методів вирішення, але якщо

методів рішення не існує, то їх слід розробити. Проте модель повинна бути такою, щоб задачу можна було вирішити. У цьому і полягає пошук коректного рішення задачі [32,110].

У найзагальнішому вигляді методика рішення наступна. Складається матриця, рядки якої відводяться під варіанти виробництва, а стовпці – під споживачів. Сумарний попит всіх споживачів набагато менший сумарної потужності всіх постачальників за даними варіантами, з яких необхідно зробити вибір, що і робить модель відкритою. Для дотримання балансу умов вводиться стовпець фіктивного споживача з попитом, рівним розбалансуванню. Матриця показників C_{ij} (за винятком стовпця фіктивного споживача) заповнюється числами, що характеризують сукупні витрати на придбання одиниці продукції за відповідним варіантом і на доставку її до відповідного пункту споживання [114].

Підприємства, що прикріплюються до реальних споживачів, вигідні за умови загального мінімуму витрат, їх слід прийняти до реалізації. Ті ж, що прикріплювалися до фіктивного споживача, не є вигідними і в реалізацію включатися не повинні. Рішення задачі пов'язане з необхідністю подолання низки ускладнень, що відносяться як до самої схеми розрахунку, так і до внесення в матрицю початкової інформації.

При зміні потужності підприємства змінюється і сума витрат на придбання, причому ці витрати не пропорційні. При збільшенні потужності сума витрат найчастіше збільшується, але у меншій мірі.

Таким чином, одна з головних залежностей в завданні має нелінійний характер. Завдання не відноситься до лінійного програмування, призначеного для лінійних екстремальних завдань.

При розрахунку потужності постачальників у деяких рядках матриці повністю прикріплюється до реальних споживачів, а деяких – до фіктивного споживача. З'являються реальні і фіктивні рядки в матриці. Згідно алгоритму, загальна кількість клітинок в оптимальному розподілі повинна бути $m+n-1$, причому вони повинні розташовуватися в порядку викреслюваної комбінації.

У оптимальному розподілі практично завжди будуть рядки, у яких символ потужності підприємства прикріплюється одночасно до фіктивного і реального споживачів (змішана стратегія розподілу). Оптимальність розподілу встановлюється за значенням функції мети. У функціонал, що символізує дане підприємство увійшло з витратами, вказаними в матриці, але при питомих витратах, відповідних повній, а не частковій потужності підприємства. Якщо прийняти, що потужність підприємства буде рівною тій частині, що прикріплюється до реальних споживачів, то необхідно відповідно змінити показники питомих витрат на придбання, а значить, і знайденого значення функціонала [112]. Це завдання має назву – транспортної задачі з неправильним балансом.

Баланс транспортної задачі може порушуватися у двох напрямках:

1) Сума запасів в пунктах відправлення перевищує суму поданих заявок:

$$\sum a_i > b_j \quad (\text{де } i=1\dots,m ; j=1\dots,n); \quad (3.13)$$

2) Сума поданих заявок перевищує наявні запаси:

$$\sum a_i < b_j \quad (\text{де } i=1\dots,m ; j=1\dots,n). \quad (3.14)$$

Умовимося перший випадок називати «Транспортним завданням з надлишком запасів», а другим – «Транспортним завданням з надлишком заявок». Загальна схема цих випадків розглядаються у вигляді схеми на рисунку 3.5.

Посилаючись на загальну схему алгоритму (рис.3.5) та проведеному аналізу рейтингу постачальників запишемо розгорнуту транспортну задачу у вигляді таблиці 3.20.

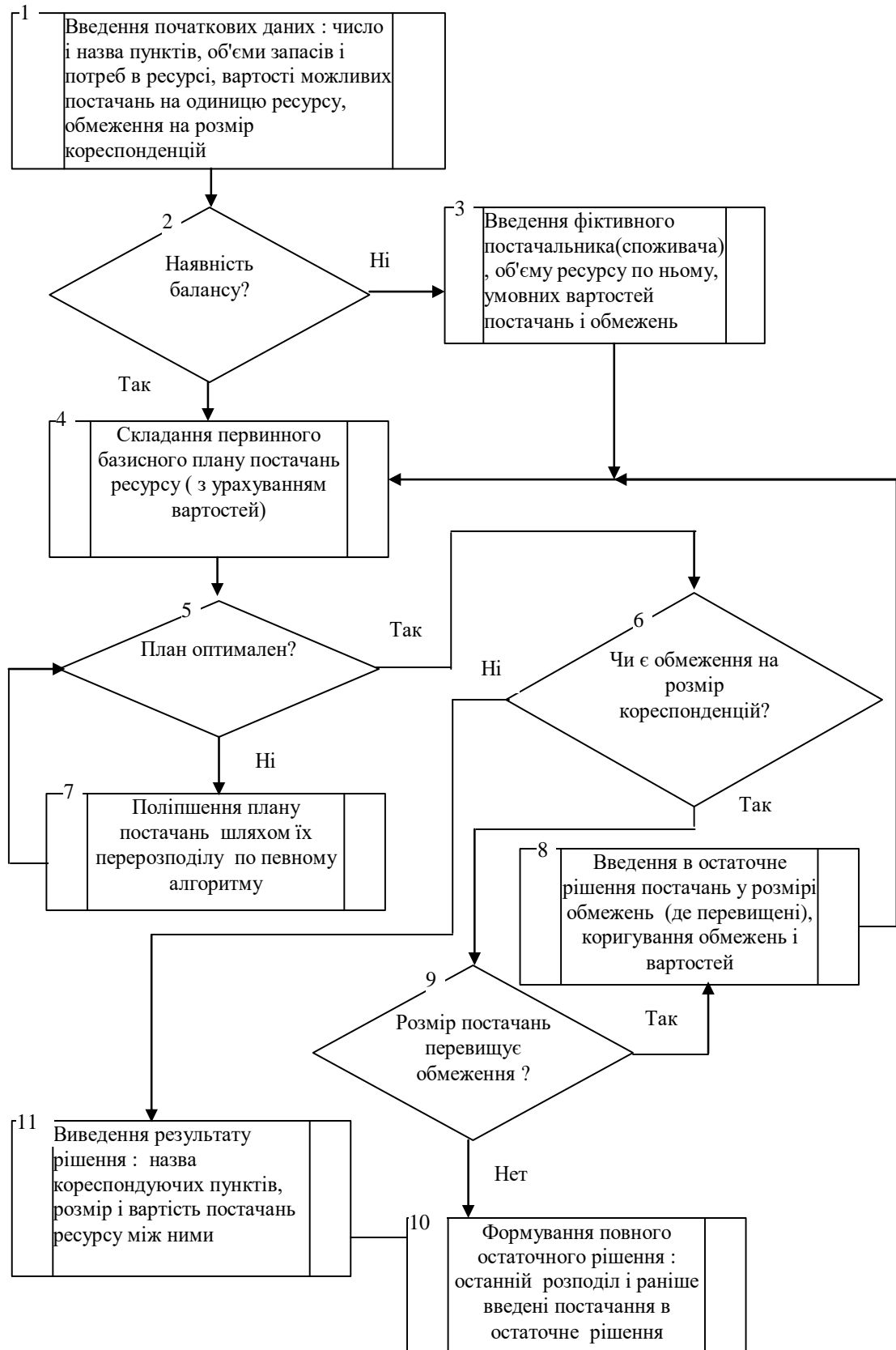


Рис. 3.5 – Загальна схема алгоритму рішення задачі руху матеріального потоку будівельних ресурсів

Пошук оптимального варіанта розміщення замовлення

Варіанти постачальників в їх потужності	Споживачі і їх попит			
	B_1	B_2	B_3	B_4
	2700	2500	6500	3300
A_1 8200	(58+850)* 0,36	(65+850)* 0,36	(63+850)* 0,36	(54+850) * 0,36
A_2 7800	(60+960)* 0,32	(55+960)* 0,32	(56+960)* 0,32	(59+960) * 0,32
A_3 9000	(78+1050) * 0,31	(68+1050) * 0,31	(70+1050) * 0,31	(66+1050) * 0,31
25000>15000				

Знаходячись в епісі сучасних комп'ютерних технологій, автоматизації господарської діяльності підприємств, у тому числі і будівельно-монтажних організацій, де всі розрахунки виконуються за допомогою прикладних програм, таких як «ПОТІК v1.1».

Метод і алгоритм рішення: попередньо будується мережа і визначається початкова циркуляція, що задовольняє умові збереження потоку. Сітьова модель розрахунку приведена на рисунку 3.6. Нульова циркуляція завжди задовольняє ці умови. Потім для вузлів призначаються довільні числа π і виконується процедура розстановки відміток. У разі виникнення прориву потоки по дугах змінюються, в іншому випадку визначаються нові вузлові числа і дана процедура повторюється. Алгоритм виключення дефекту (АВД) є прямодвійним алгоритмом, тому задане початкове рішення може не відповідати умовам ні прямої, ні подвійної задачі. Інші алгоритми не володіють такою гнучкістю.

Розглянемо цю задачу як сітьову (рис.3.6) з метою можливості застосування АВД. Для цього необхідно виконати дві процедури:

1. Сформулювати математичну постановку завдання у вигляді потокової із замкнутою мережею з обмеженою пропускнуою здатністю.

2. Задати початкові значення подвійних змінних Π_k (вузлові числа) і початкову циркуляцію f_{ij} , що задовольняє умові збереження потоку. Для даного приклада матриця має наступний вигляд: f_{ij} – кількість одиниць продукції, що перевозиться з i -го заводу на j -те будівництво, A_i - пропозиція i -го заводу, B_j – попит j -й будівництва, c_{ij} – витрати на перевезення одиниці продукції з i -го заводу на j -те будівництво, C_{ij} вартість залізобетонної конструкції, η_{ij} – оцінка постачальника.

Завдання можливо описати формулою (3.12) відповідно до системи (3.15):

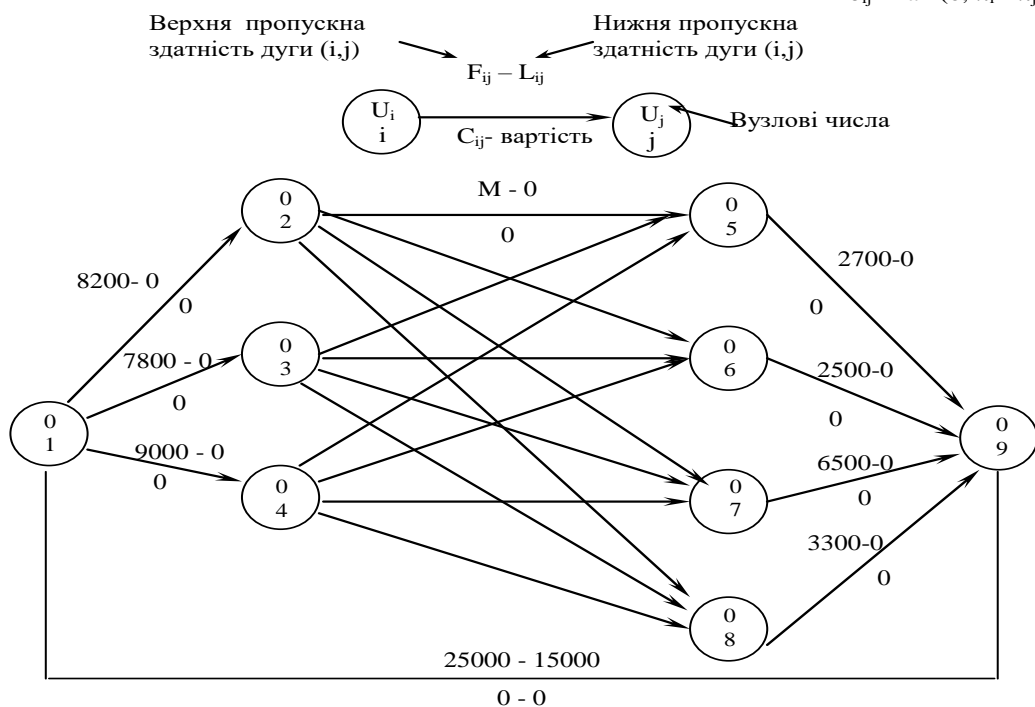
$$F(x) = \sum x_{ij} \eta_{ij} (C_{ij} + c_{ij}) \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} f_{ij} \leq A_i & i = 1, 2, \dots, m \\ f_{ij} \geq B_j & j = 1, 2, \dots, n \\ f_{ij} > 0 & \text{для всіх } (i, j) \in A \end{cases} \quad (3.15)$$

Умовні позначення

$$\alpha_{ij} = \max(0, \pi_j - \pi_i - c_{ij})$$

$$\delta_{ij} = \max(0, \pi_i - \pi_j + c_{ij})$$



**Рис. 3.6 – Сітьова модель розрахунку відкритої (не збалансованої)
транспортної задачі**

Розрахунок класичної транспортної задачі з урахуванням оцінки постачальників наведений у таблицях 3.21-3.23.

Таблиця 3.21

Вихідні дані

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	8200	0	0	0
2	1	3	7800	0	0	0
3	1	4	9000	0	0	0
4	2	5	9999	0	327	0
5	2	6	9999	0	330	0
6	2	7	9999	0	327	0
7	2	8	9999	0	325	0
8	3	5	9999	0	326	0
9	3	6	9999	0	325	0
10	3	7	9999	0	325	0
11	3	8	9999	0	326	0
12	4	5	9999	0	350	0
13	4	6	9999	0	346	0
14	4	7	9999	0	347	0
15	4	8	9999	0	346	0
16	5	9	2700	0	0	0
17	6	9	2500	0	0	0
18	7	9	6500	0	0	0
19	8	9	3300	0	0	0
20	9	1	25000	15000	0	0

Таблиця 3.22

Результати розрахунків

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	8200	0	0	7200
2	1	3	7800	0	0	7800
3	1	4	9000	0	0	0
4	2	5	9999	0	327	2700
5	2	6	9999	0	330	0
6	2	7	9999	0	327	1200
7	2	8	9999	0	325	3300
8	3	5	9999	0	326	0
9	3	6	9999	0	325	2500

10	3	7	9999	0	325	5300
11	3	8	9999	0	326	0
12	4	5	9999	0	350	0
13	4	6	9999	0	346	0
14	4	7	9999	0	347	0
15	4	8	9999	0	346	0
16	5	9	2700	0	0	2700

Продовження таблиці 3.22

17	6	9	2500	0	0	2500
18	7	9	6500	0	0	6500
19	8	9	3300	0	0	3300
20	9	1	25000	15000	0	15000

Таблиця 3.23

Вузлові числа

№ вузла	Pi
1	0
2	0
3	2
4	0
5	327
6	327
7	327
8	325
9	327

Цільова функція: 4882800

Отримані результати відкритої транспортної задачі в програмі «ПОТІК v1.1» достовірніші і відповідають логіці рішення поставленої задачі, це свідчить про те, що програма має низку обмежень і критерії більш розширеного спектра.

Розшифровка результатів оптимального рішення показана на рис. 3.7

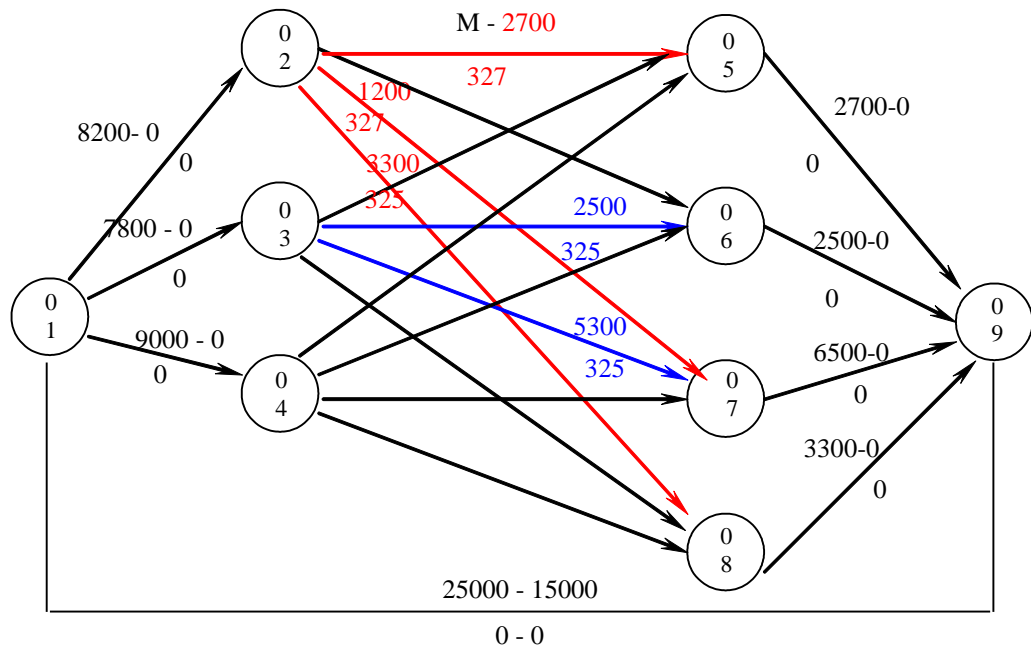


Рис. 3.7 – Оптимальне рішення

При рішенні класичної задачі було визначено оптимальний план перевезення продукції, або оптимальний план закріплення будівельних майданчиків (об'єктів) за заводами будіндустрії з урахуванням Методу аналізу ієрархій.

Для прикладу розглянемо ще одну транспортну задачу з правильним, закритим балансом де сумарний об'єм поставок дорівнює сумарному об'єму споживання.

Приклад. Постановка транспортної задачі з правильним балансом

Однорідний вантаж, або один вид продукції: цегла, залізобетонні конструкції і т.і., що знаходяться в m пунктах відправлення (виробництва) позначених, як $A_1, A_2 \dots A_m$ відповідно в кількостях $a_1, a_2 \dots a_m$ одиниць, потрібно доставити в кожен з n пунктів призначення (споживання) позначених, як $B_1, B_2 \dots, B_n$ відповідно в кількостях $b_1, b_2 \dots, b_n$ одиниць. Вартість перевезення (тариф) одиниці продукції з A_i у B_j відома для всіх маршрутів $A_i B_j$ і $(C_{ij} + c_{ij}) \cdot \eta_{ij}$ ($i=1,m; j=1,n$). Потрібно скласти такий план перевезень, при якому весь вантаж з пунктів відправлення вивозиться без залишків і запити всіх пунктів споживання задовольняються (закрита модель), що описується формулою (3.16) [111, 115, 121]:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (3.16)$$

Для заданих умов планування необхідно розробити схему перевезення вантажів за якою сумарні транспортні витрати мінімальні.

Математична інтерпретація моделі транспортної задачі така.

Цільова функція за критерієм мінімізації аналогічна формулі (3.12):

$$F(x) = \sum x_{ij} \eta_{ij} (C_{ij} + c_{ij}) \rightarrow \min$$

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

$\overline{j} = 1, n$ – кількість споживачів.

За умовами що відповідають формулі (3.15)

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{ij} \leq A_i \quad i = 1, 2, \dots, m \\ f_{ij} \geq B_j \quad j = 1, 2, \dots, n \\ f_{ij} > 0 \quad \text{для всіх } (i, j) \in A \end{array} \right.$$

Вважатимемо будь-який план перевезень допустимим, якщо він задовольняє системам обмежень і вимогам позитивності.

Допустимий план, називатимемо опорним, якщо в ньому членів відмінних від нуля не більше $m+n-1$ базисних перевезень, а решта перевезень рівна 0.

План називатимемо оптимальним, якщо він, серед всіх допустимих планів, приводить до мінімальної сумарної вартості перевезень.

Оскільки транспортна задача є задачею лінійного програмування, то її можна вирішувати сімплекс-методом, але через свою особливість її можна вирішити набагато простіше.

Рішення задачі виконаємо у два етапи:

1. Визначимо опорний план;
2. Знайдемо оптимальне рішення методом послідовних операцій.

Знайдемо спочатку допустиме (опорне) рішення транспортної задачі. Рішення цієї задачі знаходиться, використанням метода «північно-західного кута» або метода «мінімального елемента».

Сформулюємо математичну постановку задачі

Хай x_{ij} – кількість будівельної продукції, що транспортується від i -го джерела (постачальника) до j -го споживача. Цільова функція відповідає сумарним транспортним витратам. Обмеження необхідні для того, щоб вся виготовлена продукція використовувалася і потреба кожного будівництва у матеріалах була задоволена.

Кожен завод будіндустрії повинен відвантажити будівництву рівно стільки продукції, скільки у нього є, тобто сума поставань повинна дорівнювати потужності, вказаній в цьому рядку. Таких співвідношень повинно бути стільки, скільки в даному завданні рядків.

Кожен будівельний майданчик повинен отримати рівно стільки продукції, скільки йому потрібно, тобто сума поставань по стовпцю повинна дорівнювати попиту, приведеному в цьому самому стовпці. Таких співвідношень повинно бути стільки, скільки в заданому завданні стовпців.

Враховуючи приведені обмеження, необхідно знайти ефективний варіант з мінімальним обсягом вантажообігу. Для визначення в будь-якому варіанті перевезень вантажів досить підсумувати обсяги кожного поставання на відповідні йому відстані. Варіант буде оптимальним, а завдання розв'язане, якщо ця сума буде приведена до мінімуму. Слід вважати природним вимогу позитивних значень для потужностей заводів $A_i \geq 0$ і попиту об'єктів $B_j \geq 0$. Показники відстаней не можуть бути від'ємними, оскільки це з економічної точки зору є недоцільним, але з математичної – не обов'язково вимагати їх невід'ємності. Іноді зручно в деяких розрахунках штучно надати цим показникам від'ємні значення. Задача розв'язується методом потенціалів (так назвав її академік Л.В. Канторович) [115], її вихідні дані приведені в таблиці 3.24.

Таблиця 3.24

Вихідні дані завдання:

Постачальники, заводи будіндустрії	Виробнича потужність, тис. м ³	Споживачі, будівельні майданчики, (ємність складу), тис. м ³			
		B1	B2	B3	B4
A1	6200	327	330	327	325
A2	5600	326	325	325	326
A3	3200	350	346	347	346
	15000=15000	2700	2500	6500	3300

Далі розглянемо варіант вирішення закритої транспортної задачі з використанням метода АВД за допомогою програми «ПОТІК v1.1».

Вводимо початкові дані в програму «ПОТІК v1.1» (рис. 3.8 та 3.9).

		5	6	7	8	
		2700	2300	6500	3300	← Попит
2	6200	327	330	327	325	C _{ij} (i=1,2,3; j=1,2,3,4)
3	5600	326	325	325	326	
4	3200	350	346	347	346	

↑ Пропозиція

Рис. 3.8 – Вихідні дані закритої транспортної задачі

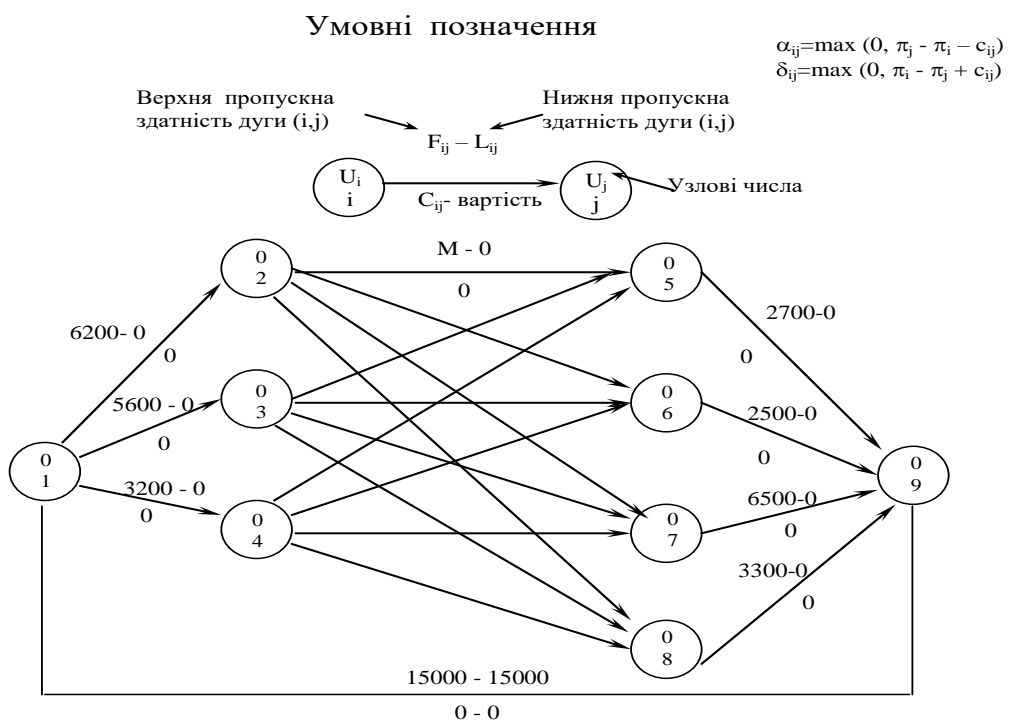


Рис. 3.9 – Сітьова модель закритої (збалансованої) транспортної задачі

Для використання метода алгоритма виключення дефекта (АВД) слід виконати наступні процедури [115-117, 121]:

1. Існує m джерел (початкових вузлів) і n пунктів призначення. З кожного джерела у всі пункти призначення доставляється більш за a_i одиниці матеріального потоку (будівельні матеріали, конструкції, деталі).

2. Для кожної дуги за пропускну спроможність і вартість (F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}) взято три значення $(M, 0, C_{ij})$.

3. Введемо головне джерело постачань і головного споживача. Для кожного джерела і побудуємо дугу, від головного джерела в джерело споживання j . Прийнемо для цієї дуги три значення пропускну спроможності-вартості $(F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}) = (A_i, 0, 0)$. Для кожного пункту споживання j побудуємо дугу, від z_j в головний стік. Тоді для цієї дуги задамо три значення $(F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}) = (M, B_j, 0)$.

4. Побудуємо зворотну дугу і визначимо для неї наступні три значення $(F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}) = (\sum B_j, \sum A_i, 0)$.

5. За початкові значення усіх потоків і подвійних змінних узяти $f_{ij} = 0$, $\Pi_k = 0$.

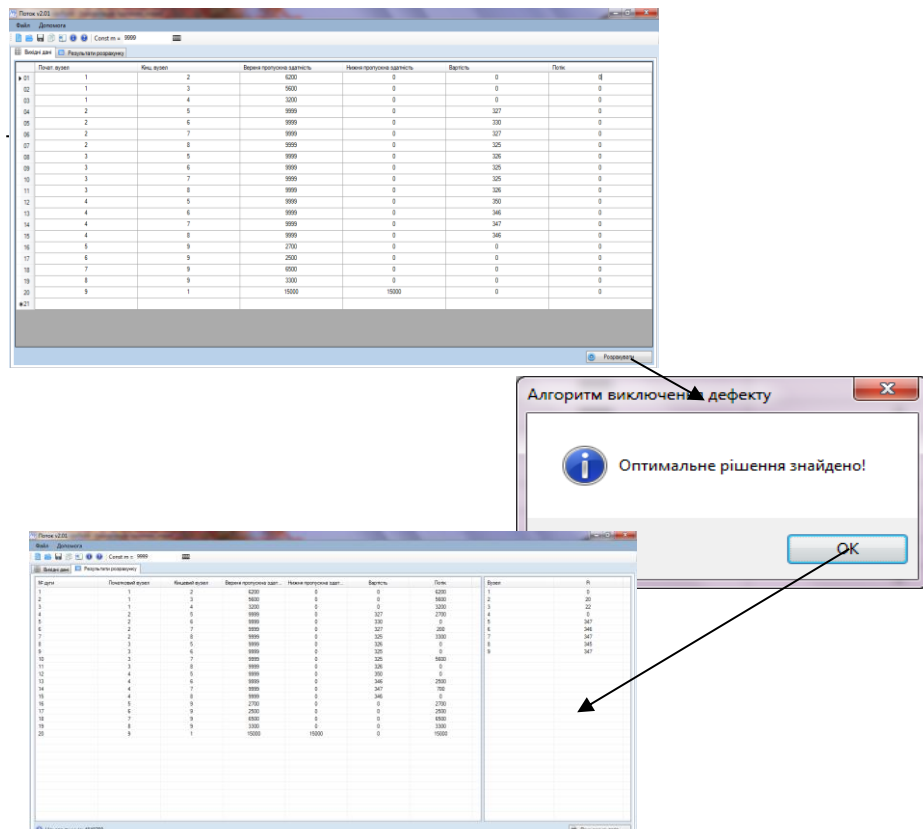


Рис. 3.10 – Інтерфейс програми «ПОТІК v2»

Таблиця 3.25

Вихідні дані

№ дуги	Поч. Вузел	Кінц. Вузел	Верх. Зд.	Ниж. Зд.	Вартість	Потік
1	1	2	6200	0	0	0
2	1	3	5600	0	0	0
3	1	4	3200	0	0	0
4	2	5	9999	0	327	0
5	2	6	9999	0	330	0
6	2	7	9999	0	327	0
7	2	8	9999	0	325	0
8	3	5	9999	0	326	0
9	3	6	9999	0	325	0

Продовження таблиці 3.25

10	3	7	9999	0	325	0
11	3	8	9999	0	326	0
12	4	5	9999	0	350	0
13	4	6	9999	0	346	0
14	4	7	9999	0	347	0
15	4	8	9999	0	346	0
16	5	9	2700	0	0	0
17	6	9	2500	0	0	0
18	7	9	6500	0	0	0
19	8	9	3300	0	0	0
20	9	1	15000	15000	0	0

Таблиця 3.26

Результати розрахунків

№ дуги	Поч. вузел	Кінц. вузел	Верх. зд.	Ниж. зд.	Вартість	Потік
1	1	2	6200	0	0	6200
2	1	3	5600	0	0	5600
3	1	4	3200	0	0	3200
4	2	5	9999	0	327	2700
5	2	6	9999	0	330	0
6	2	7	9999	0	327	200
7	2	8	9999	0	325	3300
8	3	5	9999	0	326	0
9	3	6	9999	0	325	0
10	3	7	9999	0	325	5600
11	3	8	9999	0	326	0
12	4	5	9999	0	350	0
13	4	6	9999	0	346	2500
14	4	7	9999	0	347	700

15	4	8	9999	0	346	0
16	5	9	2700	0	0	2700
17	6	9	2500	0	0	2500
18	7	9	6500	0	0	6500
19	8	9	3300	0	0	3300
20	9	1	15000	15000	0	15000

Таблиця 3.27

Вузлові числа

№ вузла	Pi
1	0
2	20
3	22
4	0
5	347
6	346
7	347
8	345
9	347

Цільова функція: 4948700

Оптимальне рішення представлено у вигляді сітьової моделі (рис. 3.11).

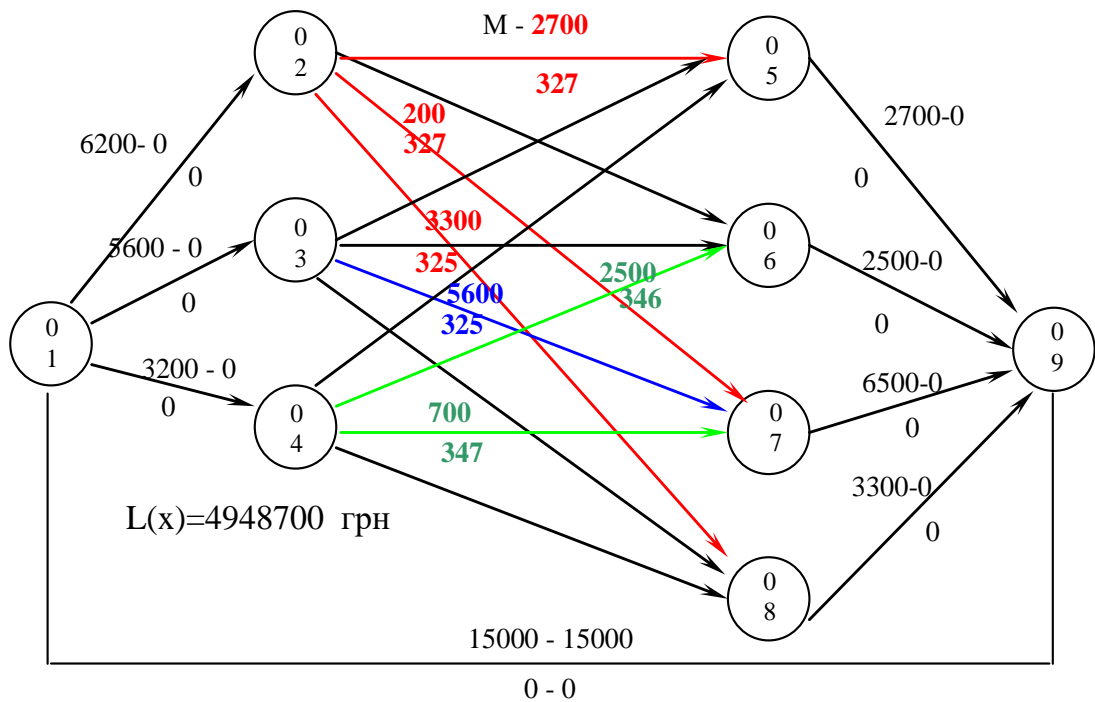


Рис. 3.11 - Оптимальний розподіл матеріального потоку БР