УДК 65.012.123

А. В. РАДКЕВИЧ (ДІІТ), Т. В. ТКАЧ (ПДАБА, Дніпропетровськ)

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Запропонований підхід до визначення термінів освоєння інвестицій з урахуванням формалізації в економіко-математичному моделюванні вартісних і тимчасових умов дозволяє системно підійти до проблеми реалізації інвестиційних програм і на цій основі вирішити задачу, що враховує особливості комплексів, обумовлені можливості організаційно-технологічних рішень і загальними обмеженнями зовнішнього середовища (інвестора) по введенню потужностей програми.

Ключові слова: результативність, комплексний укрупнений сітьовий графік, інвестування, капітальні вкладення, проект, планування, управління, чистий дисконтований дохід, результат, лінійне програмування, алгоритм

Вступ

Задача вироблення організаційно-технологічних рішень (ОТР) у виді календарного плану моделі освоєння інвестицій у складних проектах, з метою удосконалення планування, належить до числа першорядних задач усіх галузей.

Постановка задачі

Метою даної статті є формування єдиних математичних методів з урахуванням організаційно-технологічних особливостей програм і запропонованому методі рішення, використовуючи ідею теорії подвійності в задачах лінійного програмування.

Для постановки такої задачі варто виходити з існуючих світових стандартів, де крім вимог економіко-математичного змісту необхідно враховувати можливості інформаційних технологій на рішення, а саме [69, 53]:

- математична постановка задачі (дано, вимагається, умови);
- опис задачі та її модель;
- чисельний метод рішення (розробити, знайти в теорії дослідження операції);
- складання алгоритму задачі;
- складання програми;
- налагодження програми;
- рішення контрольного прикладу й економічна інтерпретація задачі.

Слід зазначити, що самим відповідальним моментом у процедурі процесу вироблення ОТР є постановка задачі. Існуючий досвід свідчить, що у світі витрачаються колосальні засоби на рішення неправильно поставлених задач [9].

Основна частина

Сучасні інвестиційні проекти в будівництві відрізняються великими капітальними вкладеннями, що освоюються протягом тривалого часу і для них характерні в ході реалізації не тільки витрати (у виді інвестування частин програми), але і надходження доходів. Як приклад можна розглядати будівництво комплексу об’єктів, де окремі будівлі вводяться в експлуатацію в різні періоди часу і починають давати продукцію з моменту введення, тобто випуск продукції починається в різні моменти часу, що передують терміну завершення всієї програми будівництва в цілому.

В основу вибору ОТР на предпроектній стадії варто застосувати ітеративний підхід і здійснити його в кілька етапів. Згідно ДБН А.3.1-5-96 для моделювання реалізації інвестиційних проектів (ІП) використовується комплексний укрупнений сітьовий графік (КУСГ) і на їхній основі проводиться вибір варіантів освоєння інвестицій з обліком як витрат на зведення окремих частин проектів так і випуском продукції й одержанням доходів. КУСГ – канонічна сітьова модель у прямій формі, де вершини графа відображають події, дуги – операції чи комплекси робіт [30].

Передбачається, що абсолютні величини інвестицій і доходів відомі і можуть бути зіставлені з моментом настання деяких подій сітьової моделі, що відповідають початку чи завершенню окремих етапів програми (комплексу), які мають самостійне значення.

Проста різниця витрат і доходів не може служити прийнятним критерієм оцінки вибору ОТР, оскільки вони відповідають різним періодам часу і їх варто привести в порівняльний вид. Такий підхід суперечить сучасній концепції оцінки інвестиційних проектів. Тому різниця між витратами і доходами, дисконтування по нормі приведення повинна бути використана як критерій на етапі розробки проекту організації будівництва (ПОБ) й обґрунтування витрат та термінів їхнього освоєння.

Розглянемо КУСГ – граф $G(U,A)$ з безліччю вузлів (подій) і операцій, що мають тривалість τ_{ij}. Частини подій відповідають величини інвестицій W_i^- – (знак мінус означає витрати), момент здійснення яких збігаються з T_i – раннім терміном здійснення i-тих чи подій доходу (прибутку) W_i^+, вимірюваного в тих же одиницях, що і вкладення, причому терміни одержання його також збігаються з T_i. Таким чином, дана модель $(i,j)\in A$, τ_{ij}, W_i^+, W_i^-, $T_{\text{задан}}$. Потрібно знайти таке рішення (план) у реалізації ІП, що задовольняє заданим сітьовим обмеженням, умовах інвестора та максимізуючи ефект ІП. Під ефектом розуміється алгебраїчна сума приведених по формулі експонентного дисконтування фінансових потоків у подіях, де потік у події розглядається як різниця між величинами доходів і вкладень, що відповідають цій події. Мова йде про визначення чистого дисконтованого доходу (ЧДД) обраного рішення.

Така задача формалізується у виді задачі математичного оптимального програмування. Потрібно знайти вектор $T(T_1,T_2,\dots,T_n)$, максимізуючи цільову функцію задачі $W(T)=\sum_i W_i \exp(-\alpha T_1)$, де

$$W = W_1/(1+\alpha)^T = W_1 \exp(-\alpha T_1) \qquad (1.1)$$

за обмежень

$$T_1 = 0,\ \ T_i - T_j \ge t_{ij} \text{ для усіх } (i,j)\in A, \quad (1.2)$$

α – постійна норма дисконту, дорівнює прийнятій для інвестора нормі доходу на капітал.

У цих вираженнях $U=(1,2,...,n)$– безліч упорядкованих вузлів-подій.

Початкова подія $i=1$ визначає умови, при яких приступають до реалізації ІП (наприклад, інвестиції на першу чергу виділені). Кінцеве n-і подія відповідно характеризує остаточний результат ІП (акт про завершення ІП підписаний).

Всі інші проміжні події $i=(2,3,...,n-1)$, як у будь-яких мережах, мають двоїстий характер. Вони визначають результат виконання відповідних операцій, що входять у розглянуту подію, а з іншого боку – є умовою початку операцій, що виходять з події. Кожному $i\in U$ зіставлений T_i – шуканий термін настання події i і W_i – фінансовий потік у події j, рівний різниці між доходом і вкладеннями в цій події; A – безліч дуг – реальних операцій мережі, для кожної дуги (i,j) з $A(j>i)$ задана тривалість t_{ij} – ненегативна константа. T_3 (термін завдань інвестором) – задає максимально припустимий проміжок часу між термінами настання відповідних подій (наприклад, T_1 і T_n). Такі пари подій не зв'язані звичайними технологічними (мережними) залежностями, але обмеження включається в число мережних і задача (1.1, 1.2) на модифікованій мережі має сенс, тобто область припустимих рішень задачі не порожня й обмежена, що означає сильний зв'язок графа і відсутність у ньому контурів позитивної довжини.

Метод рішення задачі запропонований у (1.1, 1.2), заснований на послідовному обчисленні вектора термінів здійснення подій $T=(T_1,T_2,\dots,T_n)$ для серії допоміжних задач лінійного програмування (ЛП) з обмеженнями (1.2), де цільова функція представляє лінійну частину розташування (1.1) у ряд Тейлора [69] в околиці сектора – рішення попередньої допоміжної задачі.

Як показав аналіз [69], відзначене допущення – основний недолік цього методу, оскільки неможливо заздалегідь оцінити близькість вихідного рішення до оптимального, а число ітерації істотно залежить від цього. Крім цього, у викладеному методі не можна чітко визначити спосіб побудови вихідного вектора двоїстих перемінних.

У дослідженнях [69] запропонований етапний метод рішення задачі:

- визначення оптимальних термінів здійснення подій – $T=(T_1,...,T_n)$;
- визначення фінансових потоків у подіях $W=(W_1,...,W_n)$;
- визначення дугових фінансових потоків $f_{ij}=(f_{ij1},...,f_n)$.
- визначення надійності і ризику рішень.

Такий етапний підхід вимагає рішення одночасно декількох задач, що також має нарівні з перевагами і недоліками, що полягають у додаткових обчислювальних процедурах, а визначення $T=(T_1,T_2...,T_n)$ не зв'язане з інвестуванням і є особистим випадком загального методу.

У теорії потокового програмування мається цілий ряд алгоритмів, що відрізняються модифікацією відомої процедури розміщення позначок (кодування) Форда–Фалкерсона [69].

Нами пропонується використовувати інший підхід до рішення задачі визначення термінів освоєння інвестицій, що базується на лінеаризації задачі (3.1) за допомогою заміни перемінних і наступному рішенні прямої і двоїстої задачі ЛП за допомогою потокового алгоритму [69], що відрізняється від алгоритму, який використовується. Внаслідок позитивного коефіцієнта α і однозначності та монотонності експонентної функції систему (1.2) можна записати в еквівалентному виді:

$$T_i - T_j \le -\tau_{ij},\ \exp(T_i - T_j) \le \exp(-\tau_{ij}),$$

$$\exp(\alpha T_i - \alpha T_j) \le \exp(-\alpha\tau_{ij}),$$

$$\frac{\exp(\alpha T_i)}{\exp(-\alpha T_j)} \le \exp(-\alpha\tau_{ij}),$$

$$\exp(-\alpha T_i) \ge \exp(\alpha\tau_{ij})\exp(-T_j),$$

$$\left.\begin{aligned} \exp(\alpha\tau_{ij})\cdot\exp(-\alpha T_j) - \exp(-\alpha T_i) \le 0 \\ \exp(-\alpha T_1) = 1 \end{aligned}\right\}.$$

Чи, вводячи нові перемінні

$$x_i = \exp(-\alpha T_i), \quad i = 1,2...,n;$$

$$\left.\begin{aligned} x_j \exp(\alpha\tau_{ij}) - x_i \le 0,\ (i,j)\in A \\ x_1 = 0 \end{aligned}\right\}. \qquad (1.2’)$$

При цьому цільова функція (1.1) задачі приймає лінійний вид:

$$W(x) = \sum_u W_i x_i\ . \qquad (1.1')$$

З незаперечності тривалості $-\ \tau_{ij}$ усіх реальних операцій $(i,j)\in A$ і із системи (1.2) випливає незаперечність термінів здійснення всіх $i\in U$,

$$\infty > -L_{j1} \ge T_j \ge L_{1j} \ge 0,\ \ j = 2,3,...,n,$$

де L_{ij} – довжина максимального (критичного) шляху з i в j, і в силу сильного зв’язку графа існує шлях кінцевої довжини з j у початкову подію 1.

Аналогічно з (1.2′) випливає

$$0 > -L_{ji} \ge T_j \ge L_{1j} \ge 0,\ \ j = 2,3,...,n$$

і задача, двоїста до (1.1′)–(1.2′) запишеться: знайти вектор $f = (f_{ij}),\ (i,j)\in A$, мінімізуючи:

$$V(f) = \sum f_{1j} - \sum \exp(\alpha\tau_{j1}) f_{i1} + W_1, \quad (1.3)$$

за обмежень:

$$\sum f_{ij} - \sum \exp(\alpha\tau_{ji}) f_{ji} = -W_i,\ \ i = 2,3,...,n, (1.4)$$

$$f_{ij} \ge 0,\ \text{для}\ (i,j)\in A, \qquad (1.5)$$

З огляду на (1.4), цільову функцію (1.3) можна перетворити:

$$V(f) = \sum W_i + \sum (1 - \exp(\alpha\tau_{ij})) f_{ij} \qquad (1.3')$$

По своєму математичному формуванню задача (1.3’, 1.5) відрізняється від відомої задачі визначення потоку мінімальної вартості (1.2, 1.3) наявністю коефіцієнтів $\exp(\alpha\tau_{ij})$ в обмеженнях (1.4), що ускладнюють процес перерозподілу потоків при рішенні.

Виходячи з прийнятої термінології, будемо називати перемінні f_{ij} потоками по дугах (i, j), $(i,j)\in A$, а величини:

$$V_i = \sum_j f_{ij} - \sum_j f_{ji}\exp(\alpha t_{ij})$$

- потоками в подіях i, $i\in U$. Тоді нерівності (1.5) показують, що пропускні здібності дуг нескінченні, а (1.4) дозволяє трактувати вершину i, $i = 2,...,n$, як джерело, якщо $V_i = -W_i > 0$, як проміжну вершину, якщо $V_i = -W_i = 0$ чи як стік, якщо $V_i = -W_i < 0$. Початкова вершина (1.1) буде інтерпретуватися в залежності від знака

$$V_1 = V(f) - W_1\ . \qquad (1.1)$$

Покажемо, що область припустимих рішень задачі не порожня, тобто існує потік $f = (f_{ij}, (i-j)\in A)$, задовольняючий (1.4) і (3.2’’) (1.5). Ранг системи рівностей (1.4) дорівнює $n-1$, оскільки ліві частини рівнянь являють собою, лінійно незалежні лінійні форми від m перемінних, $m \ge n$, . Знайдемо довільне рішення системи і для кожної дуги, на якій $f_{ij} < 0$, виділимо простий цикл, що містить у собі початкова подія (1.1) і цю дугу (такий цикл завжди існує внаслідок сильного зв’язку графа $G(U,A)$), і збільшимо потоки по дугах цього циклу так, щоб вони як і раніше задовольняли (1.4), і для кожної дуги циклу потік f_{ij} по ній став би ненегативним. Таке перетворення потоків можна провести завжди і нескінченним числом способів. Значить область припустимих значень задачі (1.3, 1.5) не порожня і необмежена.

Цільова функція (1.1), чи, що те ж саме (1.1’), обмежена на області припустимих варіантів (планів) задачі.

$$W(T) = \sum_{i\in u} |W_i| \exp(-\alpha T_i) \le \sum_{i\in u} |W_i| < \infty$$

Для задачі (1.1, 1.2) і (1.3, 1.5) виконана теорема подвійності, тобто оптимальне значення функції (1.1) дорівнює оптимальному значенню (1.3) і верхня грань у вихідної і нижня грань у двоїстій задачі досягаються на області припустимих рішень відповідних задач. Відома властивість оптимальності рішень пари двоїстих задач ЛП полягає в тім, що двоїсті перемінні можуть бути строго більше нуля лише тоді, коли відповідні обмеження прямої задачі мають форму рівностей (тобто тверде), якщо

$$f_{ij} > 0 \ \text{, те } x_j \exp(\alpha\tau_{ij}) - x_i = 0 \,,$$

$$r_{ij} = 0 \,, \qquad (1.6)$$

де y_{ij} – резерв часу операції (i, j), обумовлений по вираженню

$$r_{ij} = T_j - T_i - \tau_{ij} \,. \qquad (1.7)$$

Вектор-потік $f = (f_{ij}, (i-j) \in A)$ зв'язаний із планом $T = (T_1, ..., T_n)$, якщо план T допустимо, тобто задовольняє системі (1.2), і f_{ij} задовольняє умовам (1.4) і (1.6). Дуга (i, j) називається насиченою, якщо потік по ній $f_{ij} \geq 0$. Для кожного припустимого плану T існує зв'язок з ним потік f_{ij} (не обов'язково задовольняючий (1.5). Зменшуючи потоки по дугах простих циклів, що містять початкову подію, можна домогтися того, що б всі $f_{ij} \leq 0$ й умова (1.4) не порушувалися. Тоді (1.6) свідомо виконується. Якщо виходити з припустимого плану T, для якого можна виділити $n-1$ дуг з нульовими резервами часу, не утворюючих замкнутих ланцюгів, то зв'язаний з T потік f_{ij} знайти особливо просто: покласти потоки по інших дугах мережі рівними нулю і вирішити систему $n-1$ рівняння (1.4) з $n-1$ невідомими, те зроблено в дослідженнях (1.8). Як такий план T можна взяти, наприклад, ранній припустимий план вихідної задачі (здійснення $i \in U$ по ранніх термінах T_i^P).

Критерієм оптимальності зв'язаних рішень T і $f_{ij\,j}$ буде насиченість усіх дуг. Кожну ненасичену дугу (i^*, j^*) за кінцеве число кроків можна «наситити», тобто знайти нову пару зв'язаних рішень T і f_{ij} з $f_{i^*j^*} \geq 0$ так, що не з'являться нові ненасичені дуги і потоки інших насичених дуг не зменшуються, а значення (1.4) залишиться колишнім чи збільшиться, не перевершуючи оптимального значення.

Вишукування такого оптимального рішення виробляється за допомогою процедури розміщення позначок подій Форда-Фалкерсона. Використовувана методика в (1.8) дозволяє установити оптимальне рішення на основі корекції ранніх термінів здійснення подій шляхом дозволу протиріч між прямими і двоїстими оцінками. У даному підході коректування здійснюється збільшенням терміну реалізації проекту так, що усі $f_{ij} \geq 0$. Розглянемо приклад, приведений на рис. 1.1.

Визначимо оптимальні терміни реалізації операції $(i, j) \in A$ і здійснення подій T_i на основі методики (1.3, 1.8). Результат приведений у табл. 1.1. Тут тимчасові оптимальні оцінки реалізації операцій і здійснення подій визначені без зв'язків з дуговими фінансовими потоками, які залежать від $W_i^-(W_i^+)$, тут f_{ij} – має інший зміст, але тимчасові оцінки збігаються з методом, що розглядається далі.

Таблиця 1.1

Визначення оптимальних режимів виробництва операцій на основі потокового алгоритму Форда-Фалкерсона

$(i-j)$	d_{ij}	D_{ij}	x_{ij}	C_{ij}	f_{ij}	$C_{ij}x_{ij}$	$C_{ij}D_{ij}$	$C_{ij}d_{ij}$	γ_{ij}	δ_{ij}	$D_{ij}y_{ij}$	$d_{ij}\delta_{ij}$
101-102	2	3	3	2	0	6	6	4	2	-	6	-
101-103	2	4	4	3	2	12	12	6	1	-	4	-
101-104	1	2	2	2	0	4	4	2	2	-	4	-
102-104	1	1	1	1	0	1	1	1	1	-	1	-
102-105	3	5	5	3	0	15	15	9	3	-	15	-
103-105	3	4	4	2	0	8	8	6	2	-	8	-
103-106	6	9	8	2	2	16	18	12	-	-	-	-
104-405	1	2	2	1	0	2	2	1	1	-	2	-
105-107	6	8	8	2	0	16	16	12	2	-	16	-
105-108	10	12	12	4	0	48	48	40	4	-	48	-
106-107	2	4	4	2	0	8	8	4	2	-	8	-
106-109	8	11	10	2	2	20	22	16	-	-	-	-
107-108	1	2	2	1	0	2	2	1	1	-	2	-
107-110	8	10	10	3	0	30	30	24	3	-	30	-
108-111	3	5	5	3	0	15	15	9	3	-	15	-
109-110	3	4	4	2	0	8	8	6	2	-	8	-
109-111	11	12	11	2	2	22	24	22	-	-	-	-
110-111	4	6	6	3	0	18	18	12	3	-	18	-
						251	*257*	*197*			*185*	

де d_{ij}, D_{ij} – організаційно-технологічні режими $(i, j) \in A$ відповідно прискорений і нормальний;

x_{ij} – шукана невідома перемінна задачі (пряма оцінка) визначається за виразом $x_{ij} = \min(T_j - T_i) - D_{ij}$;

C_{ij} – ціна скорочення операції на одиницю часу;

f_{ij} – двоїста перемінна, відповідна прямій оцінці x_{ij};

γ_{ij} – двоїста перемінна, відповідна оцінці D_{ij} в прямій задачі $\gamma_{ij} = \max(0, C_{ij} - f_{ij})$; δ_{ij} –

відповідно d_{ij} і $\delta_{ij} = \max(0, f_{ij} - C_{ij})$;

V – сумарний потік вихідний, тобто $V = \sum_{i=1} f_{1j}$ чи вхідний – $V = \sum_{i=1} f_{in}$, $i = (1, 2, ..., n-1)$, $j = (2, 3, ..., n)$.

Цільова функція прямої задачі:

$$L(x) = \sum_A Cx = 251 \text{ чол/дн.}$$

Цільова функція двоїстої задачі:

$$Z(f) = T \cdot V + \sum_A D_{ij}\gamma_{ij} - \sum_A d_{ij}\delta_{ij} =$$

$$= 33 \cdot 2 + 185 = 66 + 185 = 251 \text{ чол/дн.}$$

$L(x) = Z(f) = 251$ – Задача вирішена вірно.

Залучення виконавців в традиційному рішенні:

$$L(d) = \sum_A C_{ij}D_{ij} - \sum_A C_{ij}d_{ij} =$$

$$= 257 - 197 = 60 \text{ чол/дн.}$$

Залучення виконавців в оптимальному рішенні:

$$L(d) = \sum_A C_{ij}D_{ij} - \sum_A C_{ij}x_{ij} =$$

$$= 257 - 251 = 6 \text{ чол/дн.}$$

Якщо 60–100 %, то 6 – x, $x = 10\%$. В оптимальному рішенні при визначених невідомих – x_{ij} методом позначки подій для розглянутого приклада залучається тільки 10% додаткових сумарних ресурсів від 60, що складають 100%.

Якщо визначити оптимальні терміни здійснення подій у тандемі з інвестиціями (рис. 1.2) і на основі ідеї теорії подвійності в задачах оптимального програмування, то результат виходить адекватний, тобто значення невідомих збігаються, але в табл. 1.1 дугові потоки не зв'язані з інвестуванням. З цього можна робити висновок, що можливо має місце окремий випадок наявного загального методу визначення календарних термінів освоєння складних проектів (програм) з урахуванням вектору інвестування на підвищення результативності діяльності будівельного підприємства.

Аналіз вихідного варіанта задачі

Вихідна модель задачі приведена на рис. 1.1. Розрахунок вихідного варіанта задачі приведений у табл. 1.2.

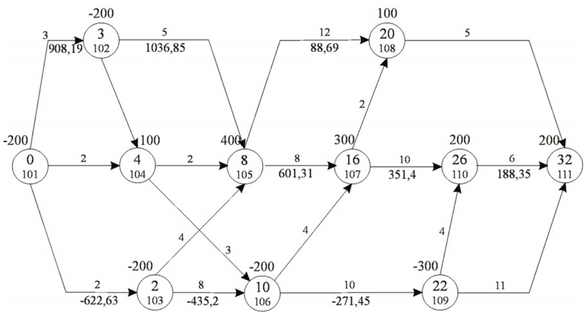
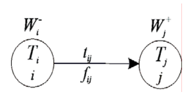


Рис. 1.1. Модель програми (проекту) з початковим рішенням: i, j – номера подій; $W_{i(j)}$ – фінансовий потік подій $i(j)$



(W^- – інвестування, W^+ – доходи);

$T_{i(j)}$ – ранні терміни здійснення (настання) подій $i(j)$;

f_{ij} – потік (фінансовий) по дузі $i(j)$,

t_{ij} – тривалість операції $i(j)$.

Значення цільової функції прямої задачі $W(T) = 85,57$ й у вихідному варіанті визначається в такий спосіб:

$$W_1^- = -200\exp(-0,01 \cdot 0) = -200;$$

$$W_2^- = -200\exp(-3 \cdot 0,01) = -194,09;$$

$$W_3^- = -200\exp(-0,01 \cdot 2) = -196,04;$$

$$W_4^+ = 100\exp(-0,01 \cdot 4) = 96,08;$$

$$W_5^+ = 400\exp(-0,01 \cdot 8) = 369,25;$$

$$W_6^- = -200\exp(-0,01 \cdot 10) = -180,97;$$

$$W_7^+ = 300\exp(-0,01 \cdot 16) = 255,64;$$

$$W_8^+ = 100\exp(-0,01 \cdot 20) = 81,87;$$

$$W_9^- = -300\exp(-0,01 \cdot 20) = -245,62;$$

$$W_{10}^+ = 200\exp(-0,01 \cdot 26) = 154,21;$$

$$W_{11}^+ = 200\exp(-0,01 \cdot 32) = 145,23;$$

$$W(T) = 1102,8 - 1016,72 = 85,57$$

Цільова функція двоїстої задачі:

$$V(f) = \sum_u W_i + \sum_A \left(1 - \exp\left(\alpha t_{ij}\right)\right) f_{ij} = 85,57$$

(1–2):

$1 - \exp(-0,01 \cdot 3) \cdot 908,19 = -27,65$

(1–3):

$1 - \exp(0,01 \cdot 2)(-6622,63) = 12,58$

(2–4):

$1-\exp(-0,01\cdot 1)\cdot 99,0=-0,99$

(2–5):

$1-\exp(-0,01\cdot 5)\cdot 1036,85=-53,16$

(3–6):

$1-\exp(-0,01\cdot 8)(-43,2)=36,25$

(5–7):

$1-\exp(-0,01\cdot 8)\cdot 601,31=-50,08$

(5–8):

$1-\exp(-0,01\cdot 12)\cdot 88,69=-11,39$

(6–9):

$1-\exp(0,01\cdot 10)(-271,45)=28,55$

(7–10):

$1-\exp(-0,01\cdot 10)\cdot 351,4=-36,96$

(10–11):

$1-\exp(0,01\cdot 6)\cdot 188,35=-11,65$

$V(f)=77,38-191,79+\sum_{u} W_i=$

$=144,43+200=85,57$

$W(T)=V(f)=85,57$ – значення цільової функції у вихідному варіанті.

Оптимальний результат приведений у табл. 1.3 і на рис. 1.2.

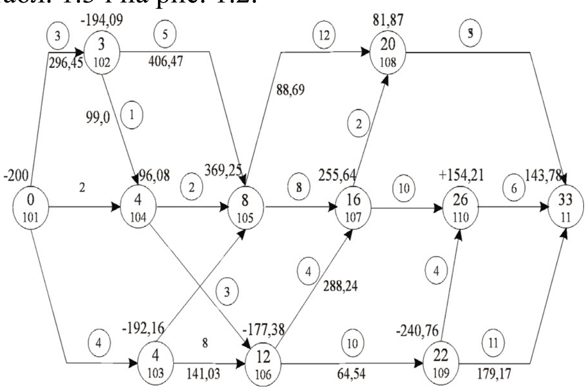
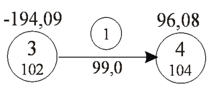


Рис. 1.2. Модель програми (проекту) з початковим рішенням: -194,09 – фінансовий потік у події 103 (інвестиції); $W_{102}{}^{-}$ = 194,09 - Фінансовий потік (доход) у події; 104 – $W_{102}{}^{-}$ =96,08; 1 – оптимальна тривалість операції $t_{102-104}$; 99,0 – фінансовий дуговий потік $f_{102-104}$



Цільова функція в оптимальному рішенні прямої задачі $W(T)=96,45$

$W_1^{-}=-200\exp(-0,01\cdot 0)=-200;$

$W_2^{-}=-200\exp(-0,01\cdot 3)=-194,09;$

$W_3^{-}=-200\exp(-0,01\cdot 4)=-192,16;$

$W_4^{+}=100\exp(-0,01\cdot 4)=96,08;$

$W_5^{+}=400\exp(-0,01\cdot 8)=369,25;$

$W_6^{-}=-200\exp(-0,01\cdot 12)=-177,38;$

$W_7^{+}=300\exp(-0,01\cdot 16)=255,64;$

$W_8^{+}=100\exp(-0,01\cdot 20)=81,87;$

$W_9^{-}=-300\exp(-0,01\cdot 22)=-240,76;$

$W_{10}^{+}=200\exp(-0,01\cdot 26)=154,21;$

$W_{11}^{+}=200\exp(-0,01\cdot 33)=143,78;$

$W(T)=-200-194,09-192,16+96,08+369,25-$
$-177,38+255,64+81,87-154,21+143,78=$
$=1100,83-1004,39=96,45$.

Модифікований алгоритм
Форда-Фалкерсона

Вихідний план:

$\alpha=0,01$ $T_{\text{dir}}=33,00$

Таблиця 1.2

Список дуг:

I	J	t_{ij}	f_{ij}
1	2	3.00	908.19
1	3	2.00	-622.63
1	4	2.00	0.00
2	4	1.00	99.00
2	5	5.00	1036.85
3	5	4.00	0.00
3	6	8.00	-435.20
4	5	2.00	0.00
4	6	3.00	0.00
5	7	8.00	601.31
5	8	12.00	88.69
6	7	4.00	0.00
6	9	10.00	-271.45
7	8	2.00	0.00
7	10	10.00	351.40
8	11	5.00	0.00
9	10	4.00	0.00
9	11	11.00	0.00
10	11	6.00	188.35

Список вузлів:

	W_i	
1	-200.00	0.00
2	-200.00	3.00
3	-200.00	2.00
4	100.00	4.00
5	400.00	8.00
6	-200.00	10.00
7	300.00	16.00
8	100.00	20.00
9	-300.00	20.00

Закінчення табл.

	W_i	
10	200.00	26.00
11	200.00	32.00

Варіант не оптимальний $V = 85,57$

Модифікований алгоритм
Форда-Фалкерсона

Вихідний план:

$\alpha = 0,01 \qquad T_{dir} = 33,00$

Таблиця 1.3

Список дуг:

I	J	t_{ij}	f_{ij}
1	2	3.00	296.45
1	3	2.00	0.00
1	4	2.00	0.00
2	4	1.00	99.00
2	5	5.00	406.47
3	5	4.00	58.97
3	6	8.00	141.03
4	5	2.00	0.00
4	6	3.00	0.00
5	7	8.00	0.00
5	8	12.00	88.69
6	7	4.00	288.24
6	9	10.00	64.54
7	8	2.00	0.00
7	10	10.00	0.00
8	11	5.00	0.00
9	10	4.00	192.16
9	11	11.00	179.17
10	11	6.00	0.00

Список вузлів:

	W_i	
1	-200.00	0.00
2	-200.00	3.00
3	-200.00	4.00
4	100.00	4.00
5	400.00	8.00
6	-200.00	12.00
7	300.00	16.00
8	100.00	20.00
9	-300.00	22.00
10	200.00	26.00
11	200.00	33.00

Варіант оптимальний:

$V = 96,45 \quad W = 96,45$

Цільова функція двоїстої задачі:

$$V(f) = \sum_u W_i + \sum_A \left(1 - \exp\left(\alpha t_{ij}\right)\right) f_{ij}$$

(1,2): $1 - \exp(-0,01 \cdot 3) \cdot 296,45 = -9,03$

(2,4): $1 - \exp(-0,01 \cdot 1) \cdot 99,0 = -0,99$

(2,5): $1 - \exp(-0,01 \cdot 5) \cdot 406,47 = -20,83$

(3,5): $1 - \exp(0,01 \cdot 4) \cdot 58,97 = -2,41$

(3,6): $1 - \exp(-0,01 \cdot 8) \cdot 141,03 = -11,75$

(5,8): $1 - \exp(0,01 \cdot 12) \cdot 88,69 = -11,31$

(6,7): $1 - \exp(-0,01 \cdot 12) \cdot 88,69 = -11,76$

(6,9): $1 - \exp(0,01 \cdot 10) \cdot 64,54 = -6,79$

(9,10): $1 - \exp(-0,01 \cdot 4) \cdot 192,16 = -7,84$

(9,11): $1 - \exp(0,01 \cdot 6) \cdot 179,17 = -120,8$

$$\sum_{i,j \in A} (1 - \exp(\alpha t_{ij})) = -103,54,$$

$V(f) = 200 - 103,54 = 96,45$

$W(T) = V(f) = 96,45$ – рішення вірне.

Для виконаних розрахунків усі дані узяті з табл. 1.2 всі дугові потоки $f_{ij} \geq 0$, тобто виконується умова (1.5) і отримана відповідність T_i і f_{ij}.

Цільова функція задачі $W(T) = 96,45$, а у вихідному (початковому) рішенні

$$W(T) = 85,57,$$

це зв'язано з максимізацією ефекту інвестицій-ної програми, тобто $W(T) \to \max$.

Виконання розрахунку здійснюємо на основі розробленої програми модифікованого алгоритму Форда-Фалкерсона. Алгоритм задачі у виді укрупненої блок-схеми приведений на рис. 1.3.

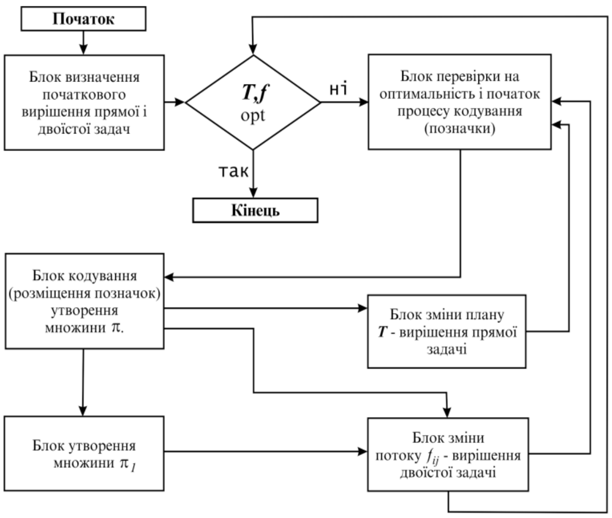


Рис. 1.3. Блок-схема алгоритму задачі

У такий спосіб приведені дослідження у виробленні рішень і виборі стратегії в реалізації інвестиційних програм вимагають проведення аналізу можливостей інвестора і підрядчика в оцінці варіантів з погляду встановлених термінів освоєння й одержання доходів від здачі черг (етапів), оцінки надійності і ризику.

Приведені глибокі теоретичні дослідження і вивчений досвід дають можливість зробити **висновки:**

Розроблений метод визначення термінів освоєння інвестицій на основі потокового алгоритму на рівні вибору стратегії дає рішення, максимізуючи доход від здачі комплексу.

Виконане різноманітне пророблення альтернатив і в результаті отримані перемінні прямої задачі (терміни здійснення подій мережі) і двоїсті перемінні (фінансові дугові потоки).

Наукова новизна полягає у формуванні єдиних математичних методів з урахуванням організаційно-технологічних особливостей програм і запропонованому методі рішення, використовуючи ідею теорії подвійності в задачах лінійного програмування.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН А.3.1-5-96. Організація будівельного виробництва [Текст]. – К. : Держкоммістобудування України, 1996. – 52 с.
2. Кирнос, О. И. Организационно-технологические аспекты обоснования цены на строительную продукцию [Текст] : дис. … канд. техн. наук: 05.23.08 / О. И. Кирнос. – Д., 1993. – 145 с.
3. Павлов, И. Д. Модели управления проектами [Текст] : учеб. пособие / И. Д. Павлов, А. В. Радкевич. – Запорожье : ГУ «ЗИГМУ», 2004. – 320 с.

Надійшла до редколегії 30.03.2012.
Прийнята до друку 09.04.2012.

А. В. РАДКЕВИЧ, Т. В. ТКАЧ

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Предложенный подход копределению сроков освоения инвестиций с учетом формализации в экономико-математическом моделировании стоимостных и временных условий позволяет системно подойти кпроблеме реализации инвестиционных программ и на этой основе решить задачу, что учитывает особенности комплексов, обусловленные возможности организационно-технологических решений и общими ограничениями внешней среды (инвестора) по введению мощностей программы.

Ключевые слова: результативность, комплексный укрупненный сетевой график, инвестирование, капиталовложение, проект, планирование, управление, чистый дисконтированный доход, результат, линейное программирование, алгоритм

A. V. RADKEVICH, T. V. TKACH

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE PROGRAM OF THE CONSTRUCTION COMPANIES

The proposed approach to determining the timing of development of investment, taking into account the formalization of economic-mathematical modeling of cost and time conditions allows a systematic approach to the problem of realization of investment programs and on this basis to solve a problem that takes into account the complex due to the possibility of organizational and technological solutions and the general limitations of the environment (investor) to impose power program.

Keywords: Performance, an integrated network schedule enlarged, investing, investment, project planning, management, net present value, the result of the linear programming, algorithm