

УДК 658.152:69.003.13

Антипенко Е.Ю.

ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ КАЛЕНДАРНИХ ПЛАНІВ РЕАЛІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

Постановка проблеми. В умовах обмеженості ресурсів актуальним стає питання найбільш раціонального їх використання, тобто вибір найкращого варіанта інвестування. Інвестиційний процес в реальний сектор економіки складається з постійного пошуку раціонального використання засобів, призначених для інвестицій. Однак цей процес містить у собі не тільки пошук, але й генерацію ідей та проектів, їх реалізацію та після інвестиційний контроль.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз досліджень вітчизняних [1, 4] та закордонних [5, 6] вчених у галузі управління проектами та фінансового менеджменту вказують, що будь-який інвестор за як можна найменшу суму прагне одержати найбільш можливий прибуток. Критерієм оптимальності в цьому випадку виступає максимум чистого приведенного прибутку від реалізації проекту відновлення об'єктів будівництва [2, 6].

В зв'язку з цим актуальним завданням є розвиток методів та моделей прийняття управлінських рішень, які базуються на комп'ютерному моделюванні та враховують багатоваріантне проектування, організаційно-технічну надійність [3] та планування обсягів та строків реалізації інвестицій.

Метою даного дослідження є розробка алгоритму для формування раціональних рішень реалізації будівельних проектів за обраним критерієм оптимальності.

Основний матеріал дослідження. На стадії техніко-економічного обґрунтування проекту розробляється його попередній план реалізації. Формальне та детальне планування проекту починається після ухвалення рішення про його виконання. Визначаються ключові події проекту, формуються роботи, їх взаємозалежність та розробляється організаційно-технологічна модель проекту. В дослідженні [5] доведено, що задачам управління відповідає використання методів сітьового моделювання (в різних модифікаціях). Сітьова модель дає можливість, представити в єдиній моделі весь комплекс варіантів ведення робіт по проекту, зробити їх інформаційно-логічне описання та здійснити пошук оптимального варіанта за виділеним критерієм. Кількісні параметри, що задаються на елементах сітьової моделі, забезпечують можливість поглибленого та комплексного аналізу низці найважливіших характеристик проекту при плануванні та управлінні.

Метод чистого приведенного прибутку крім визначення ефективності проекту дозволяє розрахувати важливі додаткові проектні показники, що мають

особливе значення для інвестора: оптимальну тривалість реалізації проекту в цілому та його окремих частин. У цьому випадку оптимальний строк реалізації проекту визначається наступним чином:

$$ЧПП(T^{opt}) = \max(ЧПП) = \max\left(\sum_{t=1}^k \frac{ГП_t}{(1+e)^t} - ГП_0\right), \quad (1)$$

де $ЧПП$ – чистий дисконтований прибуток проекту; T^{opt} – оптимальний період реалізації проекту; $ГП_t$ – грошовий потік періоду t ; e – норма дисконту по проекту.

В момент часу T_{opt} , коли функція залежності значення $ЧПП$ від часу досягає свого максимуму на відрізку $t = [1, \dots, T]$, визначається оптимальний період реалізації проекту та його окремих етапів.

На фазі передінвестиційного аналізу проекту необхідно правильно оцінити грошові потоки ($ГП$) проекту, на підставі яких базується економічне обґрунтування ефективності об'єкта дослідження і доцільності його реалізації.

Розглянемо будівельний проект у вигляді сітьової моделі, що є орієнтованим ациклічним графом $G(U, A)$, де $U = (1, 2, \dots, u)$ – множина подій з упорядкованою нумерацією, A – множина спрямованих дуг (i, j) , де i – індекс початкової, а j – кінцевої вершин дуги (які ототожнюються з роботами).

Кожній роботі (i, j) проекту, відповідає певний грошовий потік – $ГП_{ij}$, що має фінансові характеристики даної роботи. Якщо провести приведення до моменту T_j всіх $ГП$ робіт для яких подія j – кінцева (за допомогою дисконтування) грошовий потік події j буде дорівнювати:

$$ГП_j((i, j), t) = \sum_{\{j: T_j \leq t\}} (1+e_{ij})^{T_j - \tau_{ij}} \cdot \sum_{\tau_{ij}=0}^{x_{ij}-1} \frac{n_{ij}}{(1+e_{ij})^{\tau_{ij}}}, \quad j=2, \dots, u \quad (2)$$

де n_{ij} – інтенсивність грошового потоку в момент τ_{ij} ; τ_{ij} – можливі цілочисельні значення тривалості роботи (i, j) ; T_{ij} – момент початку роботи (i, j) ;

Отже всі події сітьової моделі будівельного проекту характеризуються відповідними їм $ГП$ інцидентних робіт, величина яких залежить від строку здійснення відповідної події. Крім того, частині подій додатково зіставляються грошові надходження $ГП_i(T_i, t)$, що характеризують необхідні капітальні вкладення в момент здійснення i -го події – T_i , де t – момент часу, що розглядається.

Припустивши, що норма дисконту для всіх етапів реалізації проекту постійна, тобто $e_0 = e_1 = \dots = e_n = e$, цільова функція задачі побудови сітьової моделі проекту, що максимізує $ЧПП$ описується виразом:

$$L(T) = \sum_{i=0}^u ГП_i \cdot \exp(-e \cdot T_i) \quad (3)$$

де $ГП_i$ – грошовий потік у події i .

Залежність (3) відображає ЧПП проекту, що зображений у вигляді сітьової моделі, отже обмеження задачі представляють собою комплекс сітьових обмежень на строки здійснення подій, а саме:

$$\begin{cases} T_0 = 0 \\ T_j - T_i \geq t_{ij} \quad \text{для всіх } (i, j) \in A \end{cases} \quad (4)$$

Нелінійність цільової функції задачі (3) не дозволяє використовувати для її рішення типові методи лінійного програмування. Однак, якщо ввести заміну змінних $x_i = \exp(-e \cdot T_i)$ для всіх подій сітьової моделі, цільова функція зводиться до лінійного виду щодо нових змінних:

$$L(X) = \sum_{i=1}^u \Gamma \Pi_i \cdot x_i \quad (5)$$

При наступних обмеженнях:

$$\begin{cases} x_1 = 1 \\ x_j \exp(e \cdot t_{ij}) - x_i \leq 0, \quad \text{где } (i, j) \in A \\ x_u \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

В даному вигляді поставлену задачу розв'язати важко, тому необхідно скористуватися сполученим методом (принципом подвійності), який дозволяє визначати одночасно рішення задачі двоїстої до (5) - (6), та представляється в наступному вигляді: необхідно знайти вектор $f = (f_{ij}, (i, j) \in A)$, що мінімізує цільову функцію:

$$Z(f) = \sum_{i \in U} \Gamma \Pi_i + \sum_{(i, j) \in A} f_{ij} \cdot [1 - \exp(e \cdot t_{ij})] \quad (7)$$

При наступних обмеженнях:

$$\begin{cases} \sum_j f_{ij} - \sum_j \exp(e \cdot t_{ji}) f_{ji} = -\Gamma \Pi_i, \quad i = 2, 3, \dots, u \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} f_{ij} \geq 0, \quad (i, j) \in A \end{cases} \quad (9)$$

де f_{ij} - двоїсті змінні, що представляють собою потоки по дугах (i, j) .

Розглядаються такі пари векторів $T = (T_1, T_2, \dots, T_u)$, і $f = (f_{ij}, (i, j) \in A)$, де T - припустимий план розглянутої задачі, а f - задовольняє умовам (9). Дуга (i, j) «насичена», якщо її дуговий потік $f_{ij} \geq 0$, та «ненасичена» в іншому випадку. Отже, якщо нашлася зв'язана пара T та f для якої всі дуги насичені, то вона й буде парою оптимальних рішень сполучених задач.

Спроби пошуку оптимального розподілу капітальних вкладень були розглянуті в дослідженнях закордонних [6] та вітчизняних [4] вчених, однак запропоновані ними алгоритми громіздкі, вимагають великого обсягу ручних обчислень та потребують істотного доопрацювання при використанні їх в сучасних умовах. Більшість алгоритмів розглядає витрати або прибутки, в той час коли в задачі календарного планування капітальних вкладень фігурують не тільки витрати, але й прибутки, що зовсім змінює план T_{opt} , що шукається в

результаті рішення. Крім того, в задачі має місце вплив фактору часу, що впливає на результат, відповідно змінює й метод рішення поставленої задачі.

Розроблено метод рішення задачі, який полягає в такій послідовній зміні початкового плану T або початкового потоку f , зв'язаних умовою (9), щоб нова пара була знову зв'язаною, а хоча б одна з "ненасичених" раніше дуг "наситилась", зберігаючи насиченість інших дуг. При цьому використана перетворена (модифікована) процедура розстановки позначок Форда-Фалкерсона.

На рис. 1 наведена принципова блок-схема для пошуку оптимального плану розподілу капітальних вкладень за критерієм максимізації ЧПП, що складається з п'яти взаємозалежних блоків, зміст яких наведено нижче:

Блок №1 "Знаходження початкового рішення задачі": Складається з двох блоків – блоку знаходження початкового плану прямої та двоїтної задачі та блоку перевірки рішення на оптимальність. Даний блок визначає початковий потік $f = (f_{ij}, (i, j) \in A)$, пов'язаний з припустимим планом $T = (T_1, T_2, \dots, T_u)$, наприклад з раннім припустимим планом виконання проекту.

Блок №2 "Розстановка позначок вершин проекту": Призначений для процесу розстановки позначок, тобто утворення множини позначених вершин, що триває доти поки не приводить до помітки початкової вершини обраної ненасиченої дуги (i^*, j^*) (випадок "прориву" – перехід до блоку №5) – формується замкнутий контур з помічених подій – Z , який необхідний для перерозподілу дугових потоків; або відсутності вершин, що підлягають подальшій помітці (випадок "непрориву" – перехід до блоку №3).

Блок №3 "Зміна плану T проекту": В даному блоці при "непрориві" коректується план T , тобто визначається новий припустимий план T , який пов'язаний з потоком f . Після зміни строків здійснення помічених подій переходимо до процесу розстановки нових поміток в блоці №2.

Блок №4 "Внесення поправки в ненульове значення R – «довжини» замкнутого контуру": Використовується у випадку позитивного значення R – суми резервів усіх дуг знайденого в блоці №2 замкнутого контуру Z , для знаходження нового значення δ – величини зміни дугового потоку, що необхідна для корегування дугових потоків сітьової моделі.

Блок №5 "Зміна потоку f ": Призначений для внесення зміни у вектор потоку f та другу частину позначки – Q_i^z вершин контуру на знайдене значення δ , починаючи з напрямку в помітці початкової вершини обраної ненасиченої дуги, з урахуванням фактора часу.

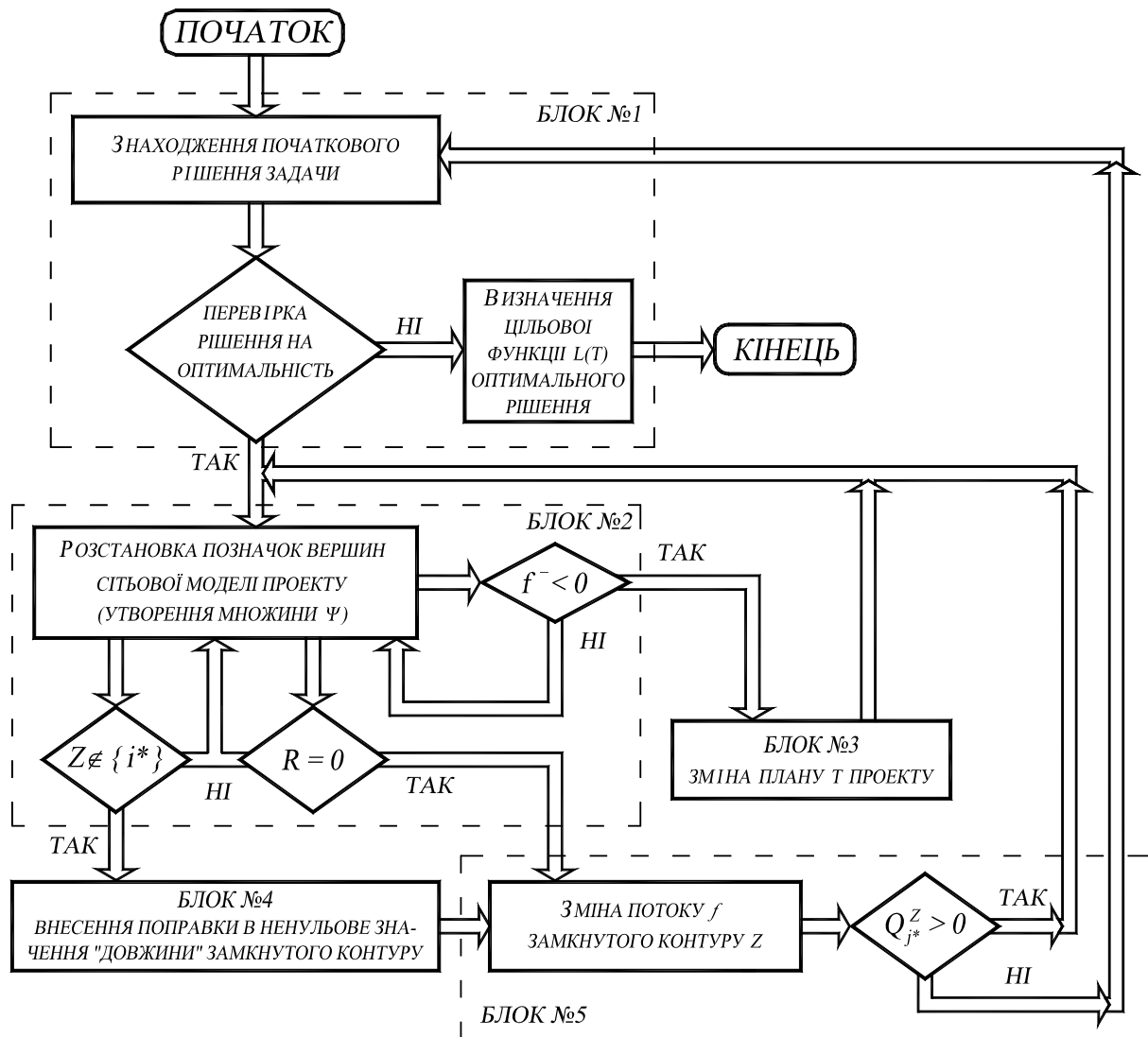


Рис. 1 Принципова блок-схема запропонованого алгоритму

Практичним застосуванням запропонованого методу знаходження оптимального розподілу капітальних вкладень для реконструкції ЦПТЛ ВАТ «Запоріжсталь» було доведено його працездатність. Для перевірки отриманих результатів завдання була також розв'язана основним методом лінійного програмування – симплекс-методом, в прямій та двоїстій постановці. Результати прямої і двоїстої задачі вказали на правильність знаходження календарного графіка проекту. Виконаний порівняльний аналіз розробленого методу та симплекс алгоритму, продемонстрував переваги запропонованого методу: високу збіжність, ефективність знаходження оптимального результату, мінімально можливу трудомісткість обчислень які виконуються, високу зрозумілість перетворень при якісно кращій, в порівнянні з існуючими методиками.

Висновки: Аналіз отриманих за допомогою розробленого методу практичних результатів доводить доступність та легкість обґрунтування

проектних оцінок. Що у свою чергу, має високе ситуаційне значення для керівництва проекту та полегшує не тільки проведення досліджень, але й розширює потенційне коло фахівців здатних освоїти та впровадити запропонований метод в практиці календарного планування на передінвестиційній стадії розробки проекту.

Список використаної літератури

1. Абрамов С.И. Организация инвестиционно–строительной деятельности. – М.: Центр экономики и маркетинга, 1999.– 240 с.
2. Антипенко Е.Ю., Доненко В.И. Принципы анализа капитальных вложений: Монография. – Запорожье: Фазан; Дикое Поле, 2005. – 420 с.
3. Организационно-техническая надежность строительства // Гусаков А.А., Гинзбург А.В., Манфред Ю.Б. и др. – М.: SvR-Аргус, 1994. – 472 с.
4. Павлов И.Д., Брехаря Г.П., Радкевич А.В. Модели принятия управленческих решений / Запорожский национальный ун-т. – Запорожье: ЗНУ, 2005. — 321 с.
5. Ahuja R.K., Magnati T.L., Orlin J.B. Network flows: Theory, algorithms, and applications. – *Prentice Hall*, 1993. – 586 p.
6. Herroelen W.S., Dommelen P.V., Demeulemeester E.L. Project network models with discounted cash flows a guided tour through recent developments, *European Journal of Operational Research*, 1997 – p.97–121.

Аннотация

В статье рассмотрена математическая постановка и метод решения задачи формирования рациональных планов распределения капитальных вложений при реализации проектов строительства. При решении задачи проект представляется в виде сетевой модели на базе которой выполняется оптимизация за избранным критерием.

Анотація

В статті розглянуто математичну постановку та метод рішення задачі формування раціональних планів розподілу капітальних вкладень при реалізації проектів будівництва. При вирішенні задачі проект представляється у вигляді сіткової моделі на базі якої виконується оптимізація за обраним критерієм.

Annotation

In the article the mathematical raising and method of decision of task of forming of rational plans of distributing of capital investments is considered during realization of building projects. At the decision of task a project appears as a network model on the base of which optimization is executed after a select criterion.