

ВІДСТРОЧЕНИЙ ВИБІР ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЕКТУ В СТАДІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ

Визначено умови відстроченого вибору одного з двох типових проектів в стадії впровадження спільного для них початкового етапу; наведено алгоритм розрахунку тривалості проектів з урахуванням виконання певних стадій для обох проектів одночасно; запропоновано методику обчислення моменту раціонального вибору за умови невизначеності зовнішнього середовища; обґрунтовано необхідність урахування часової вартості грошей для вибору проекту за критерієм мінімальної вартості. Рис. 6, табл. 2, дж. 38.

Ключові слова: інвестиційний проект, мережеві методи планування, метод критичного шляху, ефективність, стадія впровадження.

Постановка проблеми. Питання вибору доцільного інвестиційного проекту – багатоаспектна проблема, яка має безліч інтерпретацій та критеріїв. Вибір конкретного з них залежить від особливостей проекту та контексту інвестування. Якщо мова йде про поодинокі проекти чи прості альтернативи, інвестори користуються наявним апаратом оцінки ефективності інвестицій. Проте якщо виникає необхідність оцінки в межах регулярної інвестиційної діяльності, особливо коли мова йде про типові проекти, його виявляється недостатньо, оскільки в цьому випадку вирішується питання не тільки ефективності конкретного проекту (більшість із наявних варіантів виявляється ефективними), не тільки і не стільки альтернативного вибору (часто такий вибір зовсім не передбачається, оскільки інвестор має наміри вкладати кошти у всі прибуткові проекти), скільки питання режиму освоєння інвестицій. Вирішення цього питання зумовлене, в першу чергу, обмеженим обсягом фінансування проектної діяльності, або ширше – обмеженим обсягом ресурсів, виділених на цю діяльність (крім фінансових ресурсів важливе значення має персонал, який безпосередньо займається розробкою та впровадженням проектів), а відтак інвестор прагне якнайшвидше отримати віддачу від впроваджених об'єктів аби мати можливість знову вкладати кошти в нові проекти.

Сучасна інвестиційна діяльність як окремий вид економічної діяльності породжує ще одну проблему, спричинену тією ж самою необхідністю якнайшвидшого впровадження проектів. Найчастіше термін впровадження заздалегідь невідомий, оскільки невідомий термін виконання окремих робіт проекту. Наприклад, може бути невідомим термін виконання окремих робіт, оскільки не складений кошторис і невідомий склад цих робіт. А складання кошторису недоцільне, доки не будуть завершені маркетингові дослідження та не буде визначений остаточний вигляд об'єкту проектування. В такій ситуації впровадження проекту може бути почате до остаточного визначення його ефективності та терміну впровадження.

Актуальність зазначених вище проблем підвищується ще й завдяки тому, що більшість інструментів оцінки інвестиційних проектів зорієнтована на розрахунок показників одного конкретного проекту, а методика їх порівняльного аналізу розроблена значно слабше. Тим більше, недостатньо розробленою виявляється вона тоді, коли мова йде про взаємопов'язані проекти. Зокрема часто інвестор вимушений розпочинати впровадження декількох проектів одночасно, оскільки не має достатньої інформації для виробітку раціональної стратегії інвестування. Наприклад, починаючи будівництво об'єкту роздрібною торгівлі може виникнути дилема: організувати власну торгівлю чи залучати інших торговців в форматі

торгового центру. Якщо поряд розпочато та призупинено будівництво гіпермаркету міжнародної торговельної мережі, вибір стає зовсім не очевидним і не залежить від порівняльної ефективності впроваджуваних проектів (тобто ефективність цих проектів стане очевидною тільки тоді, коли буде зрозуміло, чи буде відкрито гіпермаркет). Тому деякий час, вкладаючи кошти, інвестор вимушений збільшувати витрати, реалізуючи одночасно обидва проекти (готуючи торговельний майданчик під два можливих формати торгівлі).

Саме наявність проблемного поля інвестиційної діяльності в частині визначення режиму впровадження типових прибуткових проектів (часто пов'язаних між собою чи таких, що мають спільні етапи) в умовах обмеження ресурсів і зумовила необхідність цього дослідження.

Аналіз сучасного стану проблеми. Питання оцінки та вибору інвестиційного проекту широко розглядаються як вітчизняними, так і зарубіжними вченими. Найпоширеніші підходи до прогнозної оцінки ефективності інвестицій викладено в [18; 20; 30] та інших роботах. Ґрунтовний аналіз показників ефективності проектів наведено в публікації М. С. Кувшинова та Н. С. Комарової [15]. Розробці модифікацій цих показників стосовно конкретних умов впровадження проекту постійно приділяють увагу як вітчизняні, так і зарубіжні фахівці. Прикладом можуть служити модифікації, які стосуються впливу на показники ефективності дії збурюючих зовнішніх чинників [11], графіка освоєння інвестицій [31], передбачають урахування додаткових показників [13, 22], тощо.

Проте більшість показників і їхніх модифікацій ґрунтується на визначенні додаткової вартості, яку може здобути інвестор, вкладаючи кошти у той чи інший проект. Зокрема, найпоширеніший сьогодні метод оцінки проектів на базі їхньої чистої приведеної вартості передбачає саме такий критерій вибору. Проте далеко не завжди додаткова вартість визначає інвестиційне рішення, особливо коли мова йде не про відокремлений проект, а про серію проектів чи відокремлену інвестиційну діяльність. В цьому випадку на передній план виступають вже не вартісні критерії вибору проекту, а інші - ресурсні, часові, організаційні тощо.

Приклади такого вибору можна знайти в роздрібній торгівлі, коли мова йде про створення чи розширення роздрібною мережі. Тоді в інвестиційному портфелі підприємства потенційно можуть опинитися відразу декілька проектів, кожен з яких задовольняє інвестора. Проте, враховуючи наявні обмеження у фінансуванні, їх одночасне впровадження виявляється неможливим і виникає питання послідовності впровадження. При цьому критерієм її встановлення виступає показник, відмінний від вартісної оцінки ефективності проекту. Найчастіше таким критерієм стає критерій часу: бажаючи якнайшвидше почати повернення вкладених коштів (незалежно від терміну окупності проекту), інвестор прагне першочергового впровадження тих проектів, які потребують меншого часу на впровадження.

Вибір проекту за вищезначеним критерієм здійснюється засобами мережевого планування та управління (МПУ). До сьогоднішнього дня розроблено досить велику кількість методів і моделей вирішення задач МПУ, проте всі вони принципово схожі і відрізняються тільки ступенем визначеності виконання тих чи інших робіт [4; 5; 6; 8; 9; 14; 18; 21; 28]. Базові методи МПУ було розроблено в США у 1956-1966 роках. Коротко розглянемо призначення найважливіших з них.

Хронологічно, першим методом, розробленим для вирішення задач МПУ, є *метод критичного шляху* (англ. *Critical path method – CPM*). Його було розроблено в США у 1956 році Морганом Р. Уолкером та Джеймсом Е. Келлі під патронатом хімічної корпорації «*E. I. du Pont de Nemours and Company*» за участю одного з перших розробників ЕОМ – компанії «*Remington Rand*» в межах

рекомендацій щодо управління інженерною діяльністю фірми з використанням ЕОМ [24, с. 10]. Це найпростіший метод МПУ, який передбачає заздалегідь визначену кількість, послідовність та тривалість робіт. Його ідея полягає у визначенні критичного шляху – найдовшої послідовності робіт протягом усього проекту з урахуванням їхнього взаємозв'язку. Роботи, які лежать на критичному шляху, не можуть бути перенесені без зміни терміну реалізації всього проекту; інші можна пересувати (наприклад, для більш ефективного використання ресурсів) в межах визначеного резерву часу без шкоди для проекту в цілому. Традиційно метод критичного шляху передбачає побудову стрілочного мережевого графіка (англ. *Arrow Diagramming Method – ADM*), тобто графіка типу «вершина-подія», в якому роботи позначають стрілками, що поєднують дві – початкову та кінцеву – події. Альтернативним методом побудови мережевого графіка є діаграма передування (англ. *Precedence Diagramming Method – PDM*), тобто графік типу «вершина-робота». Останній метод вважається більш ефективним, оскільки дозволяє моделювати паралельні роботи та роботи, що повторюються [5, с. 71; 33, с. 127].

Ідея методу критичного шляху (сам термін було запропоновано Дж. Келлі) була використана в розробках *методу оцінки та аналізу програм* (англ. *Program Evaluation and Review Technique – PERT*), який було розроблено у 1958 році консалтинговою фірмою «Booz Allen Hamilton Inc.» спільно з військово-промисловою корпорацією «Lockheed Martin Corporation» на замовлення Підрозділу спеціальних проектів ВМС США у складі Міністерства Оборони США для проекту створення ракетної системи «Поларіс» [12, с. 414-415; 29]. Його основною перевагою перед методом критичного шляху є урахування фактору невизначеності терміну виконання окремих робіт, що враховується трьома характеристиками тривалості: оптимістичною, найбільш ймовірною та песимістичною. Традиційно метод PERT використовує діаграми типу «вершина-подія» [5, с. 87-88; 9, с. 8; 12, с. 421-423; 14, с. 77-87; 33, с. 165-166].

Обидва описані вище методи передбачають заздалегідь визначену послідовність виконання робіт. Причому проект може бути завершеним тільки за умови виконання всіх робіт проекту. Проте ускладнення економічних відносин, збільшення альтернативних можливостей інвестування спричинили появу більш складних проектів та додаткових умов та обмежень їх реалізації. Як наслідок, виникла необхідність розробки нових методів вирішення задач МПУ. Одним із них є *метод графічної оцінки та аналізу* (англ. *Graphical Evaluation and Review Technique – GERT*), розроблений Аланом Б. Прітскером у США в 1966 році [37]. В його основу покладено використання альтернативних мереж (т. з. GERT-мережі), які дозволяють планувати проекти в умовах, коли склад робіт та їх тривалість заздалегідь невідомі, або існує багатоваріантність реалізації проекту [33]. Метод передбачає, що реалізація проекту можлива за умови виконання не всіх, а лише декількох робіт, причому їх виконання має ймовірнісний характер. Цей метод дає оцінки ймовірності реалізації подій, що базуються на статистичних даних, які отримують в результаті моделювання [5, с. 107; 38]. З огляду на складність розрахунку GERT-мереж, цей метод, незважаючи на його практичну значущість, найменш поширений при плануванні інвестиційних проектів.

Окремо можна виділити методи, які базуються на використанні *S-подібної директивної кривої* до планування окремих проектів та проектів, які реалізуються паралельно. Перший побудовано на введенні класифікації робіт за показниками значущості для роботи часового та/або грошового параметру [26]. Графічна інтерпретація цього методу дозволяє підвищити вірогідність «правильного» прийняття інвестиційного рішення за рахунок цілісного бачення планового та фактичного станів реалізації проектів. В основу другого підходу покладено

процедуру зворотного ходу та введення відносних координат як додаткових інструментів управління невизначеністю на фазі реалізації інноваційних проектів [27].

Перспективним напрямком для вирішення питань вибору конкретного інвестиційного проекту, який знаходиться в портфелі проектів інвестора в умовах відсутності у нього достатньої інформації для прийняття такого рішення, можна вважати *метод, який засновано на інтроформаційних моделях поведінки особи, що приймає рішення у нечіткій постановці* [25]. Метод базується на розумінні оцінювання компонентів портфеля проектів як складної багатомірної соціально-економічної події, яка реалізується за відповідними правилами. Механізм формування правил оцінювання вдосконалений за рахунок розкриття його інтроформаційної суті як знань експертів про оцінні шкали показників компонентів портфеля, які встановлені і висловлені ними в інтроформаційно правильному стані. Ці знання виступають в якості підстави для трансформації вхідних значень показників компонентів портфеля в цілісні оцінки за допомогою продукційних правил [19]. Ці методи вже отримали апробацію у секторі місцевого самоврядування та при формуванні інноваційного портфелю проектів з нечітко визначеними продуктами проектів. Але такі методи на сьогодні є достатньо складними і потребують відповідного інструментального забезпечення.

Крім описаних, в практиці управління проектами використовують й інші методи МПУ, які відрізняються призначенням, а відтак – певними деталями. Наприклад, метод LESS передбачає побудову графіка робіт за критерієм мінімальних затрат; PACT – метод аналізу та управління, який дозволяє розробляти прогнози з випередженням, достатнім для корегування проекту; RAMPS дозволяє розподіляти ресурси при побудові графіків для кількох пов'язаних між собою проектів [12, с. 423-424; 24, с. 11].

В СРСР в 1960-1970 роках розроблялися власні систем МПУ: ПУСК – планування, управління створенням корабля; СУР – система управління розробками; АСОР – автоматизована система організації робіт; АККОРД – автоматизація контролю та координації оптимальних режимів діяльності та інші [24, с. 10].

Метою статті є розробка методичного інструментарію вибору інвестиційного проекту в стадії його впровадження в ситуації, коли на початку впровадження такий вибір не може бути здійснений. Поставлена мета зумовила вирішення наступних задач:

- визначення умови відстроченого вибору проекту в стадії його впровадження;
- розроблення алгоритму розрахунку тривалості проектів з урахуванням виконання певних стадій для обох проектів одночасно;
- розроблення методики обчислення моменту раціонального вибору за умови невизначеності зовнішнього середовища;
- обґрунтування необхідності урахування часової вартості грошей для вибору проекту за критерієм мінімальної вартості.

Викладення основного матеріалу дослідження. Необхідність відстроченого вибору з'являється у двох випадках:

- коли інвестор до початку впровадження проекту не може визначитися з його доцільністю (до цього випадку належить вищенаведений приклад про будівництво об'єкту роздрібної торгівлі в очікуванні відкриття гіпермаркета конкурента);
- коли інформація, необхідна для прийняття рішення, з'являється лише в стадії впровадження проекту (прикладом останньої ситуації є необхідність проведення маркетингових досліджень, проведення переговорів та складання

економічного обґрунтування до появи остаточних показників ефективності проекту).

Причому в обох випадках виконання робіт з впровадження обох проектів збільшує термін впровадження та підвищує їх загальну вартість. В обох випадках інвестор має можливість прийняти рішення про впровадження одного з двох проектів на будь-якій стадії впровадження, проте чим раніше таке рішення буде прийняте, тим вищим є ризик впровадження менш ефективного проекту. Різниця між названими випадками полягає в керованості чинників визначення інвестиційної стратегії: у першому випадку рішення інвестора залежить від конкурентного середовища, і інвестор на будь-якій стадії вимушений взяти на себе відповідальність вибору, піти на пов'язаний із цим ризик; у другому випадку на певній стадії впровадження показники обох проектів набувають остаточного вигляду, і інвестор може прийняти рішення з мінімальним ризиком.

Рішення задачі відстроченого вибору має складатися з двох стадій: розрахунку тривалості проектів з урахуванням виконання певних стадій для обох проектів одночасно та розрахунку вартості тих самих проектів з урахуванням тієї ж обставини.

Тривалість проектів може бути розрахована засобами МПУ. Порядок розрахунків проілюструємо на умовному прикладі будівництва об'єкта роздрібною торгівлі, вихідні дані якого наведено в табл. 1. При цьому в якості елементів мережі тут і далі будемо розглядати не роботи, а укрупнений склад пакетів робіт.

Таблиця 1

Вихідні дані для побудови мережевого графіка проекту організації торговельного об'єкта (укрупнений склад пакетів робіт)

Номер і найменування пакетів робіт	Попередні пакети робіт	Проект 1		Проект 2		Проект 1+2	
		Тривалість пакетів робіт, днів	Вартість пакетів робіт, у.о.	Тривалість пакетів робіт, днів	Вартість пакетів робіт, у.о.	Тривалість пакетів робіт, днів	Вартість пакетів робіт, у.о.
A. Маркетингові дослідження	—	5	16	7	18	9	32
B. Переговори з власниками	A	8	16	6	12	14	18
C. Будівельні роботи	B	37	225	32	195	43	260
D. Розробка формату об'єкта	B	5	14	5	14	8	20
E. Планувальні рішення	D	3	7	3	7	5	12
F. Закупка обладнання	E	25	125	25	125	25	175
G. Монтаж обладнання	C, F	12	36	14	42	16	64
H. Набір персоналу	E	15	42	18	51	18	51
I. Поставка товару	G	17	136	14	112	17	144
J. Отримання дозвільної документації	D	18	12	18	12	18	12

Пошук критичного шляху мережевого графіка потребує значної кількості розрахунків, які мають ітераційний характер. Це ускладнює можливості автоматизації і вимагає постійного контролю і коригування результатів з боку проектного менеджера. Вирішення цієї проблеми можливе при використанні розробленого автором методу локально-критичних вершин [10; 32; 36].

1. Побудова мережевого графіка. Як зазначалося вище, метод критичного шляху в розвинутому варіанті припускає побудову мережевих графіків двох типів: «вершина-подія» (ADM) та «вершина-робота» (PDM). Запропонована модифікація методу припускає виростання будь-якого з них, проте графік типу «вершина-робота» дозволяє спростити процедуру його побудови та розташувати на ньому більшу кількість інформації. Для підвищення наочності взаємозв'язку робіт на графіку, за необхідності, рекомендується також відображати деякі фіксовані події, які відділятимуть один від одного основні етапи проекту.

Фіксовані події можуть вибиратися довільно, виходячи з логіки самого проекту, але для збереження наочності необхідно обмежувати їхню кількість; в більшості випадків достатньо ввести тільки вихідну (за умови, що вихідних робіт більше, ніж одна) та завершальну (за умови, що завершальних робіт більше, ніж одна) події для всього комплексу робіт.

Для зручності розрахунків вершини графіка, що позначають роботи, рекомендується позначати у вигляді прямокутника, зображеного на рис. 1-а, а вершини, що позначають події – у вигляді квадрата, зображеного на рис.1-б.

N		
<i>t</i>	T_p^n	T_p^3
R_s	T_n^p	T_n^3
R_n	T_n^n	T_n^3

N – номер і найменування роботи;

t – тривалість роботи;

R_s – вільний резерв роботи;

R_n – повний резерв роботи;

T_p^n – термін початку роботи за умови її закінчення в момент раннього терміну початку наступної роботи;

T_p^n – ранній термін початку роботи;

T_n^n – пізній термін початку роботи;

T_p^3 – ранній термін закінчення роботи;

T_n^3 – пізній термін закінчення роботи;

T_n^3 – термін закінчення роботи, за умови її закінчення в момент раннього терміну початку наступної роботи

а) Вузол типу «вершина-робота»

N	T_p
R	T_n

N – номер події;

R – резерв часу події;

T_p – ранній термін настання події;

T_n – пізній термін настання події

б) Вузол типу «вершина-подія»

Рис. 1. Вузли мережевого графіка

За даними таблиці побудова мережевого графіка не вимагає складних алгоритмів, оскільки і вершини, і зв'язки вже визначені. Процес побудови легко може бути автоматизований і перекладений на машинну мову. Варіант побудованого мережевого графіка першого проекту з урахуванням виконання перших двох етапів для обох проектів наведено на рис. 2.

2. Нумерування подій (робіт). Для зручності розрахунків параметрів мережевого графіка його вершини мають бути перенумеровані таким чином, аби просуваючись будь-яким шляхом графіка від першої до останньої роботи (чи від вихідної до завершальної події) номера вершин графіка зростали. При цьому може бути використаний наступний алгоритм нумерування.

1. Вихідній роботі (події) присвоїти номер 1.

2. Позначити всі ребра графіка, що виходять із пронумерованих вершин.

3. Пронумерувати вершини, у які входять позначені ребра.

4. Повторювати пункти 2 і 3 до закінчення нумерування.

Результат нумерування мережевого графіка першого проекту також наведено на рис. 2 (номера робіт вказано в дужках перед їхньою умовною назвою).

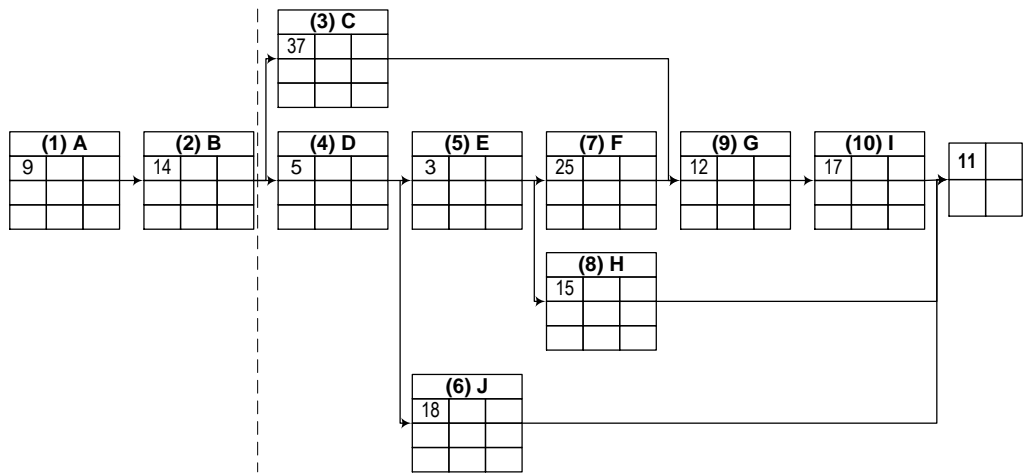


Рис. 2. Мережевий графік проекту 1 (тип «вершина-робота»)

3. Визначення критичного шляху. Для розв'язання мережевого графіка пропонується використовувати метод локально-критичних вершин. Для чіткішого викладення алгоритму цього методу, необхідно ввести декілька додаткових понять.

Локально-критична робота – це робота, що визначає ранній термін настання наступної роботи або наступної фіксованої події, тобто робота, для якої виконується умова:

$$T_p^n(i) + t(i) = T_p^n(i+1) \text{ або } T_p^n(i) + t(i) = T_p(i+1), \quad (1)$$

де індекс i відноситься до поточної (локально-критичної) роботи, а індекс $i+1$ – до наступної роботи або події.

Інакше кажучи, робота А є локально-критичною для роботи (події) В, якщо робота А визначає часові параметри роботи (події) В.

Аналогічно локально-критична подія - це подія, що визначає ранній строк настання наступної роботи, тобто подія, для якого

$$T_p(i) = T_p^n(i+1). \quad (2)$$

З перших двох визначень видно, що кожній події або роботі, крім вихідної, відповідає принаймні одна локально-критична робота або подія. Далі буде видно, що таких робіт (подій) може бути декілька.

Роботу або подію, стосовно яких дана робота (подія) є локально-критичною, будемо називати обумовленою. Ребро мережевого графіка, що позначає взаємозв'язок локально-критичної роботи (події) з обумовленою роботою (подією), будемо називати визначальним. Локально-критична ланка – це ділянка сіткового графіка, що складається з локально-критичної роботи (події) і визначального ребра графіка. Локально-критичний ланцюг – це безперервна послідовність локально-критичних ланок. Повний локально-критичний ланцюг, тобто ланцюг, що зв'яже вихідну і завершальну події (роботу) всього циклу, утворює критичний шлях графіка, тобто шлях, що визначає мінімальний час реалізації всього проекту. Локально-критичний ланцюг будемо називати

нерозгалуженим, якщо кожна робота (подія) є локально-критичною тільки для однієї роботи (події).

Метод локально-критичних вершин наступний.

1. Зафіксувати час настання вихідної події (роботи):

$$T_p(1) = T_n(1) = 0 \text{ або } T_p^n(1) = 0. \quad (3)$$

2. Раннім строком початку кожної наступної роботи або раннім строком настання кожного наступного події (j) уважати максимальне значення ранніх строків закінчення попередніх робіт або настання попередніх подій (i):

$$T_p^n(j) = \max T_p^s(i). \quad (4)$$

3. Позначити локально-критичні роботи й ребра, що показують напрямок локально-критичному ланцюга.

4. Повторювати пункти 2 і 3 до визначення часу настання завершальної події, яка буде мінімальним строком реалізації всього проекту.

5. Рухаючись від завершальної події до вихідного по локально-критичному ланцюгу, визначити критичний шлях графіка.

Результат виконання алгоритму для розглянутого прикладу наведений на рис. 3 (тут локально-критичні роботи (події) і зв'язки позначені жирним пунктиром, а критичний шлях – жирним).

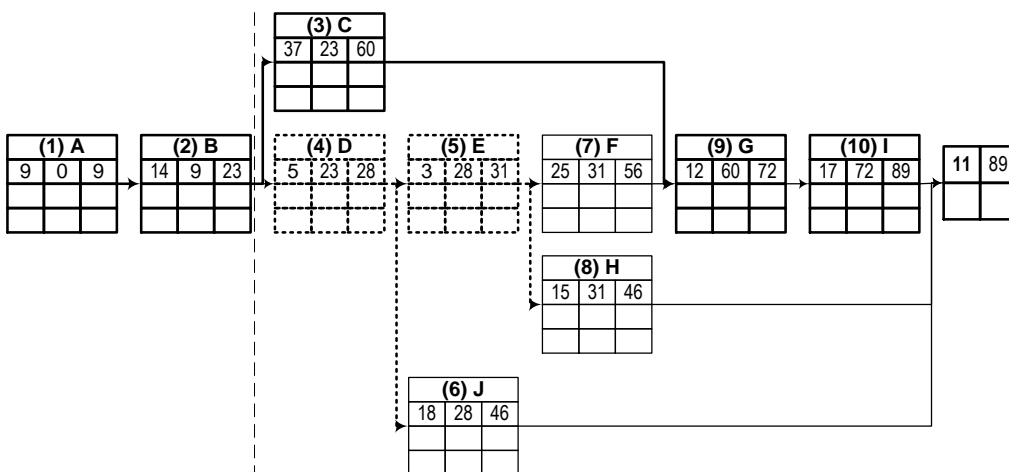


Рис. 3. Визначення критичного шляху мережевого графіка першого проекту

Як видно з рис. 3, час реалізації першого проекту складе 89 днів, причому критичний шлях визначають роботи А-В-С-Г-І.

4. Визначення резервів подій і робіт. При визначенні резервів подій і робіт необхідно враховувати наступні моменти.

1. Резерви часу критичних подій дорівнюють нулю.

2. Вільний резерв часу локально-критичних робіт дорівнює нулю.

3. Повний резерв часу робіт нерозгалуженому локально-критичному ланцюга однаковий для всіх робіт ланцюга.

Отже, нульові резерви часу мають роботи А, В, С, G, I та подія 11. Роботи D та E мають нульовий вільний резерв.

Отже, нульові резерви часу мають фіксовані події й роботи А, В, С, F, H, I, K, а робота J має вільний нульовий резерв. Інші параметри графіка неважко розрахувати, використовуючи наступні формули:

$$T_n^3(i) = \min T_n^n(i+1), \quad (5)$$

$$T_n^p(i) = \min T_p^n(i+1), \quad (6)$$

$$T_n^n(i) = T_n^3(i) - t(i), \quad (7)$$

$$T_n^p(i) = T_s^p(i) - t(i), \quad (8)$$

$$R_n(i) = T_n^n(i) - T_p^n(i) = T_n^3(i) - T_p^3(i), \quad (9)$$

$$R_e(i) = T_n^p(i) - T_p^n(i) = T_s^p(i) - T_p^3(i), \quad (10)$$

де індекс i ставиться до поточної (локально-критичної) роботи, а індекс $i+1$ – до наступної роботи або події.

Мережевий графік першого проекту з повністю розрахованими параметрами наведено на рис. 4.

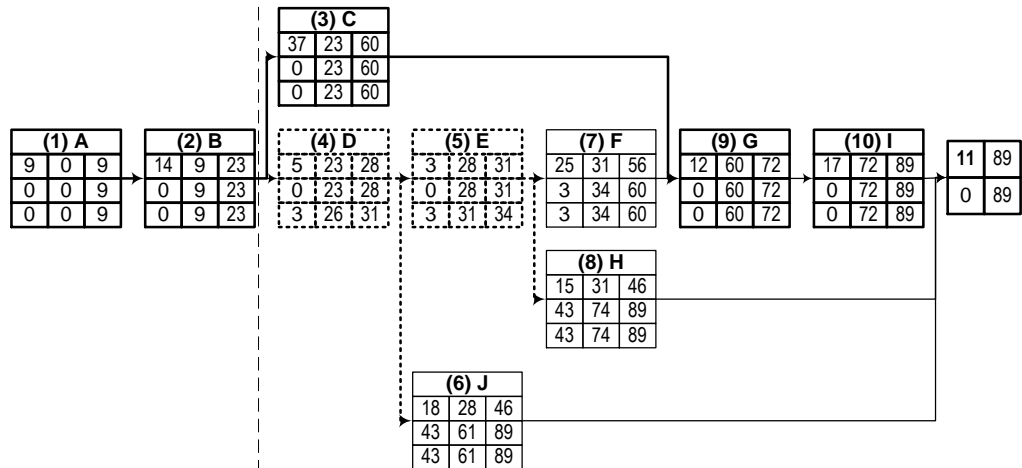


Рис. 4. Розв'язання мережевого графіка першого проекту

Аналогічно можна розрахувати параметри мережевого графіка проекту 2. Результат розрахунку наведено на рис. 5.

На підставі розрахунків можна зробити висновок, що за критерієм мінімального терміну впровадження більш ефективним є другий проект. Запропонований метод розв'язку завдання мережевого планування дозволяє швидше й ефективніше розрахувати параметри мережевого графіка й більш наочно представити положення кожного етапу щодо попередніх і наступних.

Проте якщо на ефективність проекту впливають зовнішні чинники (тобто ми маємо справу з першим з наведених вище випадків відстроченого вибору) виконаних розрахунків для прийняття рішення про вибір проекту недостатньо,

оскільки завжди існує ризик зниження віддачі від проекту внаслідок зміни умов зовнішнього середовища. Пояснимо цю тезу на прикладі, який розглядається.

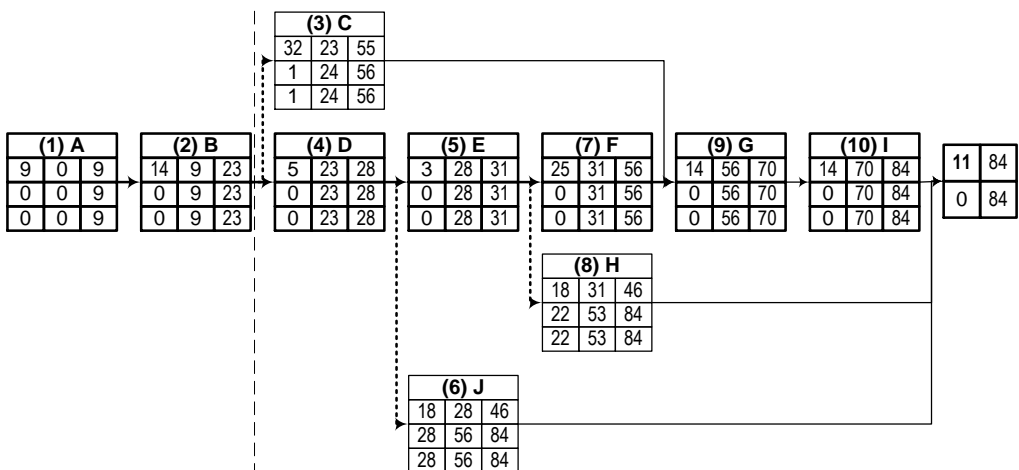


Рис. 5. Розв'язання мережевого графіка другого проекту

Якщо інвестор вибирає між будівництвом власного гіпермаркету чи торгового центру, і його вибір залежить від того, чи буде розпочато будівництво гіпермаркету конкурента, прийняття рішення на стадії завершення переговорів з власниками нерухомості і підписання договору купівлі-продажу пов'язане із значним ризиком. Якщо буде прийняте рішення про будівництво власного гіпермаркету, а конкурент відновить власні будівельні роботи, наявність двох гіпермаркетів на обмеженій території значно знизить прибутковість кожного з них, а відтак – віддачу від вкладених коштів. І навпаки, якщо будівництво гіпермаркету конкурента буде заморожене, а інвестор прийме рішення про будівництво торгового центру, він недоотримає певну суму прибутку, оскільки дохідність від власної діяльності зазвичай вища, ніж від девелопменту.

Опинившись в такій ситуації, інвестор може виконувати роботи таким чином, аби потім отримані результати можна було використовувати для обох проектів. При цьому підвищується тривалість впровадження та вартість проекту, проте знижується ризик невдалого вибору. Тому в основу критерію вибору необхідно покласти саме порівняння додаткових витрат на впровадження «подвійного» проекту (враховуючи, що реалізовуватися проект буде в якомусь одному вигляді) з оцінкою ризику неправильного прийняття рішення.

Ризик неправильного прийняття рішення може вимірюватися як сумарною вартістю недоотриманого прибутку від реалізованого проекту, так і оцінкою витрат переходу від однієї стратегії діяльності до іншої (на наведеному прикладі це означає витрати на перебудову гіпермаркету в торговельний центр і навпаки). Порівнюючи ці два способи вимірювання, можна заздалегідь стверджувати, що витрати на зміну стратегії в більшості будуть меншими за недоотриманий прибуток, оскільки зміна стратегії відбувається одноразово, а занижений прибуток інвестор отримує постійно протягом усього терміну експлуатації проекту. А якщо ризик вимірюється витратами на зміну стратегії, то чим далі інвестор впроваджує «подвійний» проект, тим меншими потім стають такі витрати.

Отже задача відстроченого вибору повинна включати в себе підзадачу пошуку оптимальної точки вибору, коли подальше збільшення витрат (часу і

грошей) стає недоречним, оскільки перевищуватиме витрати на зміну стратегії. Для вирішення цієї підзадачі необхідно порівнювати обидві величини вздовж критичного шляху «подвійного» проекту, який має перераховуватися при кожній зміні точки вибору. Розрахунок критичного шляху подвійного проекту наведено на рис. 6.

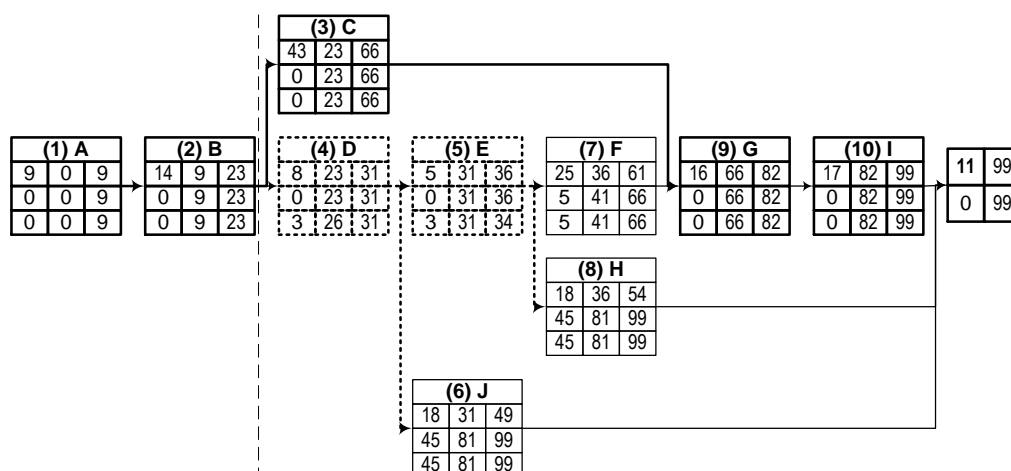


Рис. 6. Розв'язання мережевого графіка «подвійного» проекту

Для більшої наочності порядку розрахунків будемо вважати що витрати часу на перебудову одного проекту в інший по кожному виду робіт становить половину витрат часу на виконання тієї ж роботи для цільового проекту за умови, що роботи для базового проекту не проводилися (табл. 2). При цьому розрахунки для перших двох робіт опустимо, оскільки передбачається, що вони повинні виконуватися в будь-якому випадку.

Таблиця 2

Розрахунок тривалості проекту з урахуванням можливого переходу

Номер і найменування роботи	Проект 1				Проект 2			
	Тривалість переходу робіт, днів	Критичний шлях в точках вибору, днів	Тривалість переходу в точках вибору, днів	Тривалість проекту з переходом, днів	Тривалість переходу робіт, днів	Критичний шлях в точках вибору, днів	Тривалість переходу в точках вибору, днів	Тривалість проекту з переходом, днів
A. Маркетингові дослідження	—	—	—	—	—	—	—	—
B. Переговори з власниками	—	89	33	105,5	—	84	30	99
C. Будівельні роботи	18,5	95	14,5	102,25	16,0	95	14	102
D. Розробка формату об'єкта	2,5				2,5			
E. Планувальні рішення	1,5				1,5			
F. Закупка обладнання	12,5				12,5			
G. Монтаж обладнання	6,0	99	8,5	103,25	7,0	96	7	99,5
H. Набір персоналу	7,5				9,0			
I. Поставка товару	8,5	99	0	99	7,0	99	0	99
J. Отримання дозвільної документації	9,0				9,0			

Далі розрахуємо довжину критичного шляху для кожної точки вибору за формулою:

$$t_c^{ai} = t_c^a + (T_3^w(i) - T_3^a(i)), \quad (11)$$

де t_c^{ai} – довжина критичного шляху проекту a за умови вибору проекту після роботи i ; t_c^a – довжина критичного шляху проекту a ; $T_3^w(i)$ – термін завершення роботи i в «подвійному» проекті; $T_3^a(i)$ – термін завершення роботи i в проекті a .

Наступним кроком необхідно розрахувати вартість додаткових витрат часу на переобладнання об'єкту від одного цільового призначення до іншого (т. з. «тривалість переходу проекту»). Тривалість переходу проекту може бути визначена як сума довжини критичного шляху в конкретній точці вибору та тривалості переходу всіх критичних робіт, які необхідно виконати після точки вибору.

На завершення необхідно розрахувати тривалість проекту з урахуванням можливого переходу на інший проект. Для цього необхідно додатково ввести параметр ймовірності переходу. Для кожної точки переходу при цьому має виконуватися умова:

$$\alpha^{a \rightarrow b} + \alpha^{b \rightarrow a} = 1, \quad (12)$$

де $\alpha^{a \rightarrow b}$ та $\alpha^{b \rightarrow a}$ – відповідно ймовірності переходу проекту a в проект b та навпаки.

У наведеному прикладі вважається, що ймовірність переходу в кожній точці для кожного проекту дорівнює 0,5, проте необхідно зазначити, що на практиці ймовірність переходу по мірі наближення фази впровадження до кінця для одного проекту збільшується, а для другого зменшується.

Всі розрахунки за викладеним алгоритмом наведено в табл. 2. За даними розрахунків можна зробити висновок, що за критерієм мінімального терміну впровадження вибір необхідно робити до початку будівельних робіт на користь другого проекту, або виконувати «подвійний» проект до кінця.

Розрахунок вартості та економічної привабливості проектів повинен враховувати режими фінансування та розподіл інвестиційних коштів у часі. Для спрощення будемо вважати, що всі роботи за кожним з розглянутих проектів оплачуються в момент їх початку. Проте в реальній практиці необхідно враховувати неоднаковий порядок оплат різних робіт. Більш детально можливі режими фінансування робіт проекту розглянуто в [31, 32]. І навіть при такому спрощенні неодномоментна оплата виконуваних робіт є очевидною, а якщо впровадження проекту триває довгий час, актуальним стає питання урахування часової вартості грошей. Тому при виборі інвестиційного проекту доцільно розраховувати його вартість за формулою:

$$PIV = \sum_{i=0}^n \frac{IC_i}{(1+r_i)^i}, \quad (13)$$

де PIV – теперішня вартість проекту, у.о.; IC_i – кошти, необхідні для виконання i -ї роботи, у.о.; r_i – норма дисконту в момент оплати i -ї роботи; i – номер роботи; n – кількість робіт проекту.

Як видно з наведеної формули, кошти, вкладені в проект на початку його реалізації, мають більшу вартість, ніж кошти, вкладені на останніх етапах реалізації проекту. Це пов'язано з тим, що вкладений на самому початку капітал

більший період часу заморожується в активах і не може приносити прибуток. А капітал, вкладений перед початком експлуатаційної фази, дає віддачу практично одразу. Тому при визначенні дисконтованої вартості проекту необхідно перерозподіляти роботи таким чином, аби оплата цих робіт здійснювалася якомога пізніше. Це, зокрема, можна досягти шляхом перенесення термінів виконання некритичних робіт на якомога пізніший строк (в межах повного резерву часу).

Висновки та перспективи подальших досліджень. За умови впровадження декількох інвестиційних проектів виникає необхідність пошуку додаткових критеріїв вибору. Одним з таких критеріїв може виступати термін впровадження. Особливо це має значення, коли вибір не можна здійснити на початку впровадження проекту. В статті запропоновано методіку вибору проекту в умовах невизначеності, коли вибір реалізується в ході впровадження проектів. Для цього застосовано метод критичного шляху, що дозволяє встановити мінімально можливі строки реалізації проекту, раціонально використовувати інвестиційний капітал. Наведені розробки з впорядкування алгоритму розрахунків параметрів мережевого графіка дають можливість автоматизувати процес визначення параметрів впровадження проекту з урахуванням уже виконаних робіт.

Подальшого дослідження потребує уточнення алгоритму вибору раціонального моменту часу для прийняття рішення щодо вибору проекту та методичне забезпечення вибору проекту на підставі вартісних показників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аверченков, В. И. Системы организационного управления [Текст] : учебное пособие / В. И. Аверченков, В. В. Ерохин. – 2-е изд., стереотип. – М. : Флинта, 2011. – 208 с.
2. Арчибальд, Р. Д. Управление высокотехнологичными программами и проектами [Текст] / Рассел Д. Арчибальд ; под общ. ред. А. Д. Баженова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 463 с.
3. Астанина, Л. А. Альтернативные стохастические графы в проектном менеджменте [Текст] / Л. А. Астанина, Л. В. Кирина // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте '2012 : сб. науч. тр. Sword по материалам междунар. науч.-практ. интернет-конф. 21 июня – 03 июля 2012. – Одесса, 2012. – С. 71–78. – ЦИТ: 212–568.
4. Астанина, Л. А. Сетевые модели и методы в проектном менеджменте [Текст] : учеб. пособие / Л. А. Астанина, Л. В. Кирина ; Новосибирский гос. ун-т, экон. факультет. – Новосибирск, 2015. – 92 с.
5. Ахьюджа, Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве / Х. Ахьюджа. – М. : Мир, 1979. – 640 с.
6. Баришполец, В. А. Сетевое моделирование стохастических процессов выполнения комплекса взаимосвязанных операций / Баришполец В. А. // РЭНСИТ. – 2011. – Т. 3. – № 2. – С. 59–84.
7. Бовтеев, С. В. Вероятностное планирование строительства объектов [Электронный ресурс] / С. В. Бовтеев, Ю. О. Чайка ; Санкт-Петербургский гос. архитектурно-строит. ун-т // Мир строительства и недвижимости. – 2008. – № 2. – URL : prosvet.su/information/planirovanie-pri-stroitelstve-obektov/
8. Голенко? Д. И. Статистические методы сетевого планирования и управления [Текст] : монография / Д. И. Голенко. – М. : Наука, 1968. – 400 с.
9. Голенко-Гинзбург, Д. И. Стохастические сетевые модели планирования и управления разработками [Текст] : монография. – Воронеж : Научная книга, 2010. – 284 с.
10. Гончаров, В. Н. Сетевые методы планирования инвестиционных проектов [Текст] / В. Н. Гончаров, С. С. Штапаук, А. В. Маршенко // Бизнес Информ : научно-информационный журнал. – Х. : АО «Бизнес Информ». – 1999. – № 1–2 (245–246). – С. 54–57.

11. Денисова, Т. В. Методика анализа достоверности вариантов оптимизации инвестиционных проектов / Т. В. Денисова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Том 16. – № 6 (2). – С. 430-433.
12. Джонсон, Р. Системы и руководство / Р. Джонсон, Ф. Каст, Д. Розенцвейг ; пер. с англ. под ред. Ю. В. Гаврилова и Ю. Т. Печатникова. – 2-е изд., доп. – М. : Сов. радио, 1971. – 648 с.
13. Доценко, О. С. К вопросу о совершенствовании способов оценки эффективности реальных инвестиционных проектов / О. С. Доценко // Символ науки. – 2015. – № 6. – С. 113-115.
14. Кофман, А. Сетевые методы планирования: Применение системы ПЕРТ и её разновидностей при управлении производственными и научно-исследовательскими проектами [Текст] / А. Кофман, Г. Дебазей ; пер. с франц. – М. : Прогресс, 1968. – 181 с.
15. Кувшинов, М. С. Анализ и прогноз эффективности инвестиционных проектов промышленных предприятий / М. С. Кувшинов, Н. С. Комарова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2013. – Том 7. – № 2. – 74-79.
16. Лебедеенко, Е. В. Модель случайного времени наступления событий в задачах сетевого планирования и управления проектами, выполняемыми коллективом автономных исполнителей / Лебедеенко Е. В., Куцакин М. А., Дунаев В. А. // Интернет-журнал «Науковедение». – Том 8. – №3 (2016). – Режим доступа : <http://naukovedenie.ru/PDF/107TVN316.pdf>.
17. Лич, Л. Вовремя и в рамках бюджета: Управление проектами по методу критической цепи [Текст] / Лоуренс Лич ; пер. с англ. – М.: Альпина Пабlishерз, 2010. – 354 с.
18. Мазур, И. И. Управление проектами : справочник для профессионалов / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро ; под общ. ред. проф. И. И. Мазура. – М. : Высшая школа, 2001. – 875 с.
19. Медведєва, О.М. Особливості формалізації суджень експертів відносно критеріальних показників проектних пропозицій при застосуванні для прийняття оціночних рішень інтро-формаційних моделей на нечітких множинах / О.М. Медведєва, А.В. Євдокимова // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. праць. – Луганськ: Східноукр. нац. ун-т ім. В.Даля, 2013. - №2(46). – С.77-86.
20. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов : (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву., архит., и жил. политике; рук. авт. кол. Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназоров А.Г. – М. : Изд-во «Экономика», 2000. – 421 с.
21. Новицкий, Н. И. Сетевое планирование и управление производством [Текст] : учеб.-практ. пособие / Н. И. Новицкий. – М. : Новое знание, 2004. – 159 с.
22. Олех, Т. М. Методы оценки проектов и программ / Т. М. Олех, А. Г. Оборская, Е. В. Колесникова // Праці Одеського політехнічного університету. – 2012. – Вип. 2 (39). – С. 213-217.
23. Петров, А. Е. Сетевые методы планирования производства : учеб.-метод. пособие / А. Е. Петров ; Моск. гос. горн. ун-т. – М. : МГГУ, 2011. – 148 с.
24. Сетевые графики в планировании [Текст] : учеб. пособие / Разумов И. М., Белова Л. Д., Ипатов М. И., Проскуряков А. В. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1981. – 168 с.
25. Рач, В.А. Формування портфеля проектів на засадах теорії несилової взаємодії / В.А. Рач, О.М. Медведєва, А.В. Євдокимова // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля (Северодонецьк), 2017. – №4(64). – С. 115-147.
26. Рач, Д.В. Риск и неопределенность в инвестиционных проектах / Д.В.Рач // Вісник Східноукраїнського Державного університету. – 1997. – № 6 (10). – С. 54-58.
27. Рач, Д.В. Управление рисками в проектах в условиях контекстной и поведенческой неопределенности: резюме исследования / Д.В. Рач // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля (Северодонецьк), 2018. – №2(66). – С. 49-69.
28. Сыроежин, И. М. Азбука сетевых планов / И. М. Сыроежин И. М. – М. : Экономика, 1966. – 151 с. – (Лекции по сетевому планированию. Серия. Вып. 1).
29. Техніка оцінювання та аналізу програм [Електронний ресурс] // Вікіпедія – вільна енциклопедія. – URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Техніка_оцінювання_та_аналізу_програм.

30. Троцкий, М. Управление проектами [Текст] / М. Троцкий, Б. Груча, К. Огонек ; [пер. с польск. И. Д. Рудинского]. – М. : Финансы и статистика, 2011. – 302 с.
31. Штапаук, С. С. Оценка влияния графика освоения инвестиций на эффективность проекта / С. С. Штапаук, П. В. Кривуля // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. пр. – Луганськ : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2007 – №4 (24). – С. 20-25.
32. Штапаук, С. С. Сетевые методы в инвестиционном планировании при модернизации предприятий [Текст] / С. С. Штапаук // Економіка. Менеджмент. Підприємництво : зб. наук. праць Східноукр. держ. ун-ту. – Луганськ : Східноукраїнський державний університет, 2000. – Вип. 1. – С. 201–210.
33. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. – 5th ed. – Newtown Square, PA : Project Management Institute, 2013. – xxii, 589 p.
34. Devaux S. Total Project Control [Text] : A Practitioner's Guide to Managing Projects as Investments / Stephen A. Devaux. – 2nd ed. – Boca Raton, FL: CRC Press, 2015. – 310 p.
35. GERT [Електронний ресурс] // Вікіпедія – вільна енциклопедія. – URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/GERT>.
36. Gonczarow, W. N. Planowanie sieciowe w projektowaniu inwestycji / W. N. Gonczarow, S. S. Sztapauk, S. W. Tołok // Ekonomika i organizacja przedsiębiorstwa. – 1999. – №6 (593). – С. 22–25.
37. Pritsker, A. GERT: Graphical Evaluation and Review Technique. RM-4973-NASA [Text] / A. A. B. Pritsker. – Santa Monica, CA : National Aeronautics and Space Administration under Contract No. NASr-21, 1966 – xii, 138 p.
38. Ramani, T. Scheduling of Industrialized Construction Project using Graphical Evaluation and Review Technique (GERT) / Tanmay Ramani and Ramesh Kannan // Proceedings of second International Conference on Advances in Industrial Engineering Applications (ICAIEA 2014). – Anna University, January 6-8, 2014. – P. 35-39.

Рецензент статті
к.т.н., доц. Бірюков О.В.

Стаття рекомендована до
публікації 30.08.2018 р.