

Сорокіна Леся Вікторівна

Доктор економічних наук, професор, професор кафедри економіки будівництва,

<https://orcid.org/0000-0002-9981-4615>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Гойко Анатолій Францович

Кандидат економічних наук, професор, професор кафедри економіки будівництва,

<https://orcid.org/0000-0002-9591-0829>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРОГРАМИ
БУДІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

***Анотація.** Розкрито сутність та головну мету формування інвестиційної програми задля забезпечення ефективної реалізації основних напрямів інвестиційної стратегії розвитку економічної системи підприємства чи територіальної громади. Наведено умови і критерії, дотримання яких забезпечує інвестору можливість сформувати оптимальну інвестиційну програму. Вказано на необхідність коригування інвестиційної програми при зміні умов зовнішнього й внутрішнього середовища. Розглянуто різні моделі формування інвестиційної програми і можливості їх практичного застосування. Авторами запропоновано модель формування інвестиційної програми, що дає змогу здійснювати реінвестування коштів, які надходять для реалізації проєктів. Модель ґрунтується на розв'язках основної та допоміжної оптимізаційних задач. Основна оптимізаційна задача спрямована на мінімізацію залученого капіталу, цільова функція допоміжної задачі – забезпечити мінімальне відхилення суми фактичних початкових капіталовкладень, порівняно із сумою, передбаченою інвестиційною програмою. Допоміжна задача є моделлю нечіткої оптимізації, а її розв'язок являє собою максимум перетину функцій належності двох нечітких множин – цілі та обмеження. Як нечітке обмеження запропоновано врахувати варіант несприятливих умов здійснення інвестиційного проєкту, коли значна економія початкових капіталовкладень буде неможливою. Для нечіткої мети і обмеження обґрунтовано тип функцій належності і визначено їх параметри, розроблено низку рекомендацій щодо їх уточнення для інвесторів із різною схильністю до ризику. Наведено приклади використання запропонованого підходу до прикладних задач управління інвестиційним процесом. Застосування цієї моделі допоможе господарській системі оптимізувати використання обмежених фінансових ресурсів, знизити потребу в залучених коштах, підвищити ефективність управлінських рішень в інвестиційній сфері.*

***Ключові слова:** інвестиційна програма; реінвестування коштів; фінансові ресурси; норма рентабельності проєкту; цільова функція; нечітка оптимізаційна задача; позиковий капітал; індекс рентабельності; власні фінансові ресурси; оптимізація управлінських рішень*

Постановка проблеми

Безжална, жорстока, неосяжна здоровим глуздом агресія РФ-ї проти України щоденно збільшує масштаб втрат національного багатства. Системно знищується не лише безцінний людський капітал, але і матеріальні активи, однак останні відновити порівняно легше. Тривалість усунення втрат через пошкодження та руйнування виробничих потужностей безпосередньо залежить від забезпечення потреб у капіталовкладеннях доступними фінансовими ресурсами. Проте вкладання коштів у розбудову української економіки відбувається неактивно насамперед через посилену

корисливу мотивацію інвесторів, які насамперед керуються розрахунками очікуваного економічного ефекту, і менше уваги приділяють соціо-культурній чи екологічній ефективності. Тому обсяг капіталовкладень залишається незначним проти інвестиційних потреб вітчизняної економіки.

Інвестування в ліквідацію наслідків збройної агресії сповільнюється передусім із оглядом на віддачу проєктів, здійснюваних в Україні в довоєнний період, протягом якого реалізовані проєкти технічного переозброєння, або модернізації виробництва було спрямовано переважно на оновлення основних виробничих фондів на наявному техніко-технологічному рівні. Отже, незалежно від

економічної чи геополітичної ситуації в країні, рішення про інвестування, зазвичай, приймаються за критерієм мінімізації витрат у реалізацію проєкту. Безперечно, такий підхід не дає змоги вирішити стратегічні завдання підприємств. Під час розроблення інвестиційних програм відновлення виробничих потужностей, зруйнованих через бойові дії, ракетні атаки, терористичну діяльність держави-агресорки, головним завданням виявляється не відтворення об'єктів до рівня, наявного на початок війни, а створення нових, які б відповідали найкращим світовим стандартам продуктивності, енергоефективності, екологічності. Отже, і в мирний час, і на різних стадіях війни за незалежність нашої держави не втрачає актуальності пошук шляхів вирішення найважливіших завдань стратегічного розвитку, таких як ліквідація технологічного відставання та підвищення конкурентоспроможності продукції. Вагомі успіхи в цьому напрямі можливі тільки на основі розроблення та реалізації довгострокових інвестиційних програм, що являють собою сукупність реальних інвестиційних проєктів, реалізованих певним суб'єктом господарювання в середньостроковому періоді. Головною метою формування інвестиційної програми є забезпечення ефективної реалізації основних напрямів інвестиційної стратегії підприємства. Остання визначає можливості поліпшення результатів діяльності підприємств за допомогою вкладень капіталу (тобто окреслює напрями вкладення коштів для одержання прибутку та зростання власних активів) і формує відповідну структуру інвестиційної програми та види інвестиційних портфель: портфель реальних інвестицій, портфель цінних паперів (фінансових інвестицій), портфель інтелектуальних цінностей.

Формування оптимальної інвестиційної програми можливе у випадку дотримання низки умов:

1) відбір проєктів до інвестиційної програми має здійснюватися на системі декількох критеріїв. При цьому системи критеріїв мають бути сформовані й використовуватися для різних видів інвестиційних проєктів.

Це дає змогу врахувати всю сукупність стратегічних інвестиційних цілей підприємства;

2) при формуванні інвестиційної програми обов'язково мають бути враховані об'єктивні обмеження, до яких належать:

- плановані обсяги інвестиційної діяльності відповідно до інвестиційної стратегії;
- напрями й форми інвестиційної діяльності;
- можливості формування власних інвестиційних ресурсів;
- можливості залучення позикових інвестиційних ресурсів;

– інвестиційний клімат держави й норми чинного законодавства;

– об'єктивні передумови здійснення інвестування в регіоні й галузі економіки;

3) інвестиційна програма має бути оптимізована за критеріями прибутковості, ризику і ліквідності.

Формування інвестиційної програми підприємства здійснюється за такими етапами.

1. Побудова системи критеріїв оцінки й відбору проєктів в інвестиційну програму, що включає в себе основні і допоміжні нормативні показники.

2. Оцінка інвестиційних проєктів з погляду сформованої системи критеріїв і ранжування розглянутих інвестиційних проєктів за основним і допоміжним критерієм.

3. Оцінка інвестиційних ресурсів підприємства, а також можливостей залучення й ефективного використання позикових і залучених коштів для інвестування.

4. Формування інвестиційної програми.

5. Оцінка сформованої інвестиційної програми з позиції прибутковості, ризику й ліквідності.

6. Реалізація інвестиційної програми.

Реалізація інвестиційної програми передбачає розроблення заходів короткострокового періоду для здійснення реальних інвестиційних проєктів. Заходи щодо реалізації інвестиційної програми містять розроблення оперативних планів короткострокового періоду з реалізації інвестиційних проєктів. До системи управління інвестиційної програми підприємства входять заходи не тільки з успішної її реалізації, але й з поточного її коригування. Необхідність коригування інвестиційних програм підприємства диктується двома причинами. По-перше, поява на інвестиційному ринку більш продуктивних інвестиційних товарів і більш ефективних об'єктів вкладення коштів, пов'язана із технологічним прогресом, призводить до необхідності коригування планових завдань. По-друге, істотне зниження очікуваної ефективності окремих реалізованих інвестиційних проєктів при зміні умов зовнішнього і внутрішнього середовища веде до необхідності відмови від реалізації запланованих проєктів. У цьому випадку підприємству необхідно приймати рішення про відмову від реалізації окремих проєктів і реінвестування коштів у нові проєкти. При цьому необхідно вибрати найбільш ефективну форму відмови від реалізації проєкту, фінансові втрати щодо якої будуть мінімальними.

Аналіз основних досліджень і публікацій

У науковій літературі представлено значну кількість робіт, присвячених аналізу і моделюванню інвестиційної програми підприємства. Слід назвати

таких авторів, як О. Б. Багрицький, О. С. Білан, І. А. Бланк, М. В. Жемчугов, І. Ю. Івченко, С. В. Козловський, Т. В. Майорова, Г. А. Отливанська, В. Г. Федоренко [1 – 9]. У моделях інвестиційної програми, що представлені авторами, застосовуються складні алгоритми, які обтяжують їх використання на практиці. Окрім того, як критерії, на основі яких приймаються інвестиційні рішення, пропонуються, зазвичай, показники чистого зведеного доходу та ризику. При цьому не враховуються критерії мінімізації фінансових витрат при оптимізації інвестиційних ресурсів, що на сьогодні є актуальним і потребує подальшого дослідження при формуванні моделей інвестиційної програми.

Мета статті

Мета статті полягає у вдосконаленні моделі формування інвестиційної програми підприємства чи територіальної громади шляхом врахування ціннісних аспектів їх інвестиційної діяльності.

Виклад основного матеріалу

У дослідженні розглянуто різні моделі оптимізації інвестиційних програм та можливості їх практичного застосування. Формування інвестиційної програми за моделлю Діна передбачає побудову графіків вартості капіталу і внутрішньої норми рентабельності проєктів [3]. Оптимальний розмір інвестиційної програми досягається в точці перетину цих двох графіків. Практичне використання моделі Діна пов'язані з такими обмеженнями:

1. Модель Діна статична одноперіодична, тобто, всі змінні (потреба у додатковому капіталі та доходи від інвестицій) і наявні між ними зв'язки розглядаються як постійні.

2. Інвестор у цьому випадку приймає до реалізації проєкти, які мають найбільший запас міцності в разі зростання вартості позикового капіталу. Інші чинники невизначеності та ризику не розглядаються.

У запропонованій Г. Альбахом моделі одночасного формування оптимальної інвестиційної та фінансової програми здійснено спробу створення синхронної фінансової та інвестиційної програми з урахуванням витрат різних форм фінансування.

Цільова функція формулюється так:

$$\max C = \sum_{j=1}^n c_j \cdot M_j + \sum_{i=1}^m v_i \cdot Y_i,$$

де C_j – чистий зведений дохід від реалізації програми; c_j – чистий зведений прибуток проєкту; M_j – число проєктів, що володіють j -м чистим зведеним доходом; v_i – дохідність використання i -ої форми фінансування; Y_i – сума коштів, залучених за допомогою інших форм фінансування.

Бюджетне обмеження визначається таким чином:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n a_{tj} \cdot M_j + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m d_{ti} \cdot Y_i < \sum_{t=1}^T L_t.$$

Дотримання цієї умови гарантує, що для всіх періодів $t = 1, \dots, T$ накопичені негативні сальдо грошових потоків (a_{tj}) відповідних проєктів і витрат пов'язані з використанням відповідних фінансових інструментів (відсотки тощо) (d_{ti}), що не перевищать наявного обсягу ліквідних коштів (L_t).

Розглянута модель, на відміну моделі Діна, дає змогу одночасно врахувати ефективність проєкту та бюджетне обмеження. Однак, як і в моделі Діна, інвестиційні проєкти оцінюються лише за одним критерієм (у даному випадку – за величиною чистого доходу).

Формування програми за методом просторової оптимізації передбачає включення до інвестиційного портфеля проєктів з метою максимізації сумарного ефекту від вкладення капіталу за умови обмеженості фінансових коштів [5 – 7]. При цьому умови застосування моделі такі:

– загальна сума фінансових ресурсів на конкретний період (припустимо, рік) обмежена зверху, причому бажано ці кошти використати з максимально можливою мірою (невикористаний залишок коштів у додатку до цієї інвестиційної програми не оцінюється);

– доступні для реалізації кілька незалежних інвестиційних проєктів із сумарним обсягом необхідних інвестицій, що перевищує наявні у підприємства ресурси;

– інвестиційні проєкти не можна переносити за термінами реалізації на наступні роки. У цій моделі, як й у попередніх, включення інвестиційного проєкту у програму здійснюється за результатами порівняння єдиного параметра ефективності (індекса рентабельності). Ризик, пов'язаний із реалізацією проєктів, не враховується.

Метод тимчасової оптимізації може застосовуватись за таких умов:

– загальна сума фінансових ресурсів, доступних для фінансування протягом кількох послідовних років, обмежена зверху у межах кожного року;

– є кілька доступних незалежних інвестиційних проєктів, які з огляду на обмеженість фінансових ресурсів не можуть бути реалізовані в плановому році одночасно, однак у наступні роки проєкти, що залишилися, або їх частини можуть бути реалізовані;

– потрібно оптимальним чином розподілити проєкти за тимчасовим параметром (тобто в результаті реалізації моделі визначається послідовність виконання інвестиційних проєктів).

В основу методики складання оптимального портфеля в цьому випадку закладено ідею мінімізації сумарних втрат, обумовлених тією обставиною, що окремі проекти відкладаються в реалізації. Ця модель має багато умовностей, зокрема тут передбачається незмінність грошових потоків у проекті під час відкладання їх у реалізації. Метод тимчасової оптимізації не передбачає врахування ризику, пов'язаного з реалізацією проектів.

Перевага імітаційної моделі з використанням дводольного графа полягає в тому, що вона допомагає врахувати та найбільш наочно відобразити множину факторів у стратегічному інвестуванні в умовах невизначеності та ризику [1; 2; 4; 8]. Вибір та включення інвестиційного проекту до програми здійснюється на основі таких критеріїв:

- 1) найбільш гарантований запас міцності;
- 2) найвища віддача ризику;
- 3) належна міра фінансового консервативізму.

Критерії 1) та 3) є взаємообумовленими, оскільки необхідною умовою запасу фінансової міцності є мінімізація витрат інвестиційного проекту, досягненню якої сприяє економія на витратах з обслуговування позикового капіталу. Своєю чергою, така економія забезпечується за умов якнайменшого обсягу запозичених інвестиційних ресурсів, отже, у разі дотримання консервативної фінансової політики. Натомість уникнення зовнішнього фінансування стає можливим лише в тому випадку, коли інвестиційний проект характеризується коротким строком окупності капіталовкладень, що властиво тільки для високорентабельних бізнес-проектів. Звичайно, вища здатність до генерування грошових потоків притаманна видам діяльності із вищим показником прибутковості, а отже, й з вищим запасом фінансової міцності.

Практичне застосування описаної вище імітаційної моделі генерування інвестиційним проектам грошових потоків пов'язане з такими проблемами:

- складність визначення ймовірності можливих втрат;
- проблема вибору проекту за умови однакового рейтингу у двох та більше проектів.

За результатами дослідження виявлено проблеми, пов'язані із практичним застосуванням усіх розглянутих вище моделей. Найбільш поширеною помилкою у методології формування інвестиційних програм є невраховані можливості взаємного реінвестування проектів. Такий підхід призводить до втрати оптимальності у сенсі черговості виконання проектів, передбачених певною інвестиційною програмою. Докорінна модернізація підприємства передбачає реалізацію інвестиційних проектів, терміни окупності яких

становлять 10 років і більше. Позикове фінансування таких великих проектів може виявитися не вигідним з таких причин:

- рентабельність більшості інвестиційних проектів нижче ставок кредитування;
- тривалий термін запозичення значно збільшує ризикову та інфляційну премії у кредитній ставці.

За даними Укрстату, в структурі інвестицій найбільшу частину в 2021р. (68,8%) становлять кошти підприємств, частина банківських кредитів за деякого її зростання залишається незначною (5%). Деяко більшими є показники частини державного (9,2%) і місцевого 8,4% бюджетів [10]. Вкрай низькою в довоєнний період залишалась і питома вага інвестиційних кредитів банків-нерезидентів, яка становила тільки 1,98% загального обсягу капіталовкладень, або 9810903 тис. грн. Останній факт викликає чимале занепокоєння щодо тривалості періоду повоєнного відновлення національної економіки, вагомим фінансовим джерелом якого мають стати кошти закордонних інвесторів. Особливо прикрий є той факт, що європейські фінансові інституції керуються виключно економічними інтересами, нехтуючи морально-етичними принципами – насамперед вдячності героїчному народові України, що ціною власного життя й добробуту захищає безпеку континенту проти варварських амбіцій терористичної країни.

Тому слід припустити, що шанси якнайшвидшої відбудови зруйнованих об'єктів матимуть підприємства тих видів економічної діяльності, які відзначались інвестиційною привабливістю у довоєнний період. Втім, і 2021 р. не характеризувався економічним зростанням (як в Україні, так і у світі) через жорсткі карантинні обмеження, а тому приплив капіталовкладень із інших держав спостерігався лише у господарюючих суб'єктів декількох видів економічної діяльності (рис. 1).

Ліва частина проектів, профінансованих за рахунок кредитування іноземними фінансовими установами, припадає на підприємства промисловості і постачання електроенергії, газу, пари та кондиціонованого повітря. Сумарний обсяг інвестиційних кредитів з-за кордону, наданих для проектів технічного оновлення в сільському господарстві, наземному й трубопровідному транспорту й галузі комунальних послуг, у 2021 р. виявився майже у 200 разів меншим (рис. 1).

З огляду на це викликає занепокоєння питання тривалості відновлення зруйнованої ворогом логістичної та критичної соціальної інфраструктури, оскільки ці напрями інвестування виявились не надто привабливими для міжнародних позикодавців.

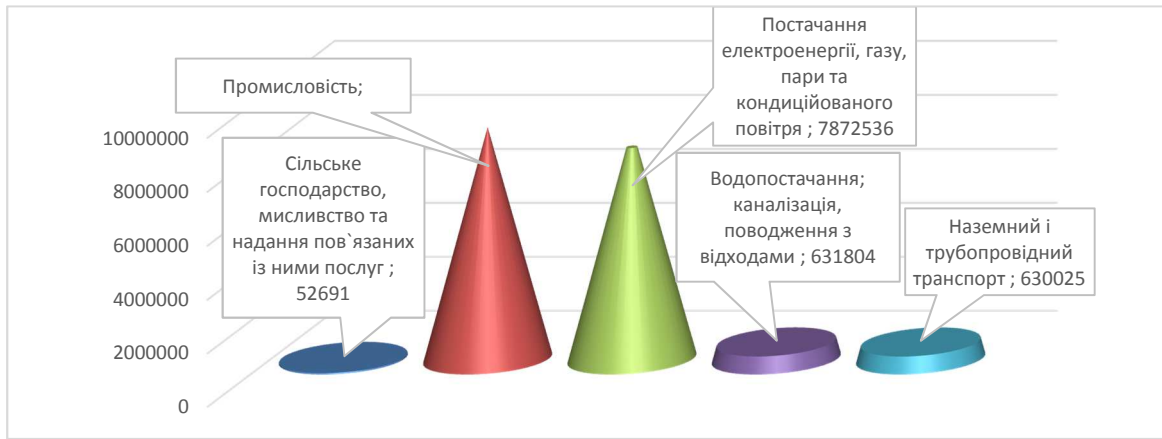


Рисунок 1 – Розподіл бенефіціарів реальних інвестицій за рахунок кредитів банків та інших позик за видами економічної діяльності. Джерело: [10].

Фінансові інститути поки що неефективно трансформують наявні інвестиційні ресурси у капіталовкладення. Важливого значення в умовах, що склалися, набуває проблема раціонального використання власних фінансових ресурсів. Нами розроблено модель формування інвестиційної програми на основі мінімізації суми залучених коштів та відсотків за кредитом. При цьому враховується прагнення інвесторів забезпечити запас фінансової стійкості понесених вкладень за умов підвищеного ризику перевитрат проєктів.

Методичну основу розробленого алгоритму складають теорія інвестування, методи математичної оптимізації для чітких та нечітких цілей і обмежень, а також постулати нечітко-множинного підходу до обґрунтування рішень. Зокрема, алгоритм передбачає можливість неконтрольованого зростання потреб у капіталовкладеннях і дає змогу зберегти фінансову незалежність навіть за таких умов.

Економічна постановка завдання: нехай у деякій економічній системі необхідно реалізувати інвестиційну програму, куди входять N проєктів, протягом 10 років. Такою економічною системою може бути не лише підприємства, але й територіальні громади, які зацікавлені у цілеспрямованому усуненні наслідків збройної агресії РФ, масштабність яких вимагає тривалої, систематичної, керованої діяльності. Підприємство, або ж територіальна громада має власні кошти, яких не вистачає на виконання програми без залучення сторонніх фінансових ресурсів. Кожен із проєктів характеризується такими параметрами:

- період інвестування τ_i , років, де i – номер проєкту;
- інвестиційні витрати на реалізацію проєкту C_i , грн, які наперед визначити точно неможливо;
- упродовж 10-річного прогнозного горизонту сума інвестицій в рамках кожної із черг робіт (будівництва, або ж виготовлення чи придбання

устаткування та його монтажу й запуску) можуть зростати з темпом α . При цьому не виключається випадок економії капітальних витрат, однак більш вірогідним вбачається їх зростання понад запланованого інвестиційною програмою рівня;

- порядок виконання проєктів (він може бути довільним, частково послідовним або послідовним);
- урахування наявності чи відсутності технологічної залежності від інших проєктів, що визначає послідовність реалізації пов'язаних проєктів;

– прибуток у результаті реалізації проєкту (сальдо від операційної діяльності), який починає поступово спадати, починаючи з τ_i+1 -го року в обсягах P_i , грн/рік.

Процедура прийняття рішення про інвестування кожного з проєктів та повернення позикових коштів полягає в такому:

- позикові кошти на фінансування чергового проєкту можуть бути надані за умови наявності не менше ніж $A\%$ власних коштів від вартості проєкту, тобто на початку реалізації i -го проєкту підприємство повинно мати щонайменше $AC_i/100$ грн власних коштів, що формуються за рахунок накопичень або прибутку від вже реалізованих проєктів. Однак визначення цієї суми як певної точкової оцінки є некоректним. У динамічному економічному середовищі більш прийнятним буде урахування витрат за песимістичною оцінкою. Тобто у вигляді верхньої межі інтервалу припустимих значень суми початкових капіталовкладень, необхідних для кожної з черг інвестиційного проєкту. Водночас, слід враховувати міру прийняття такої песимістичної оцінки. Остання, на нашу думку, має визначатись як величина функції належності для розв'язання задачі нечіткої багатокритеріальної оптимізації;

- повернення позикових коштів за i -м проєктом (з відсотками) має стартувати після закінчення періоду інвестування починаючи з τ_i+1 -го року.

Погашення боргу може здійснюватися за рахунок прибутку від цього проекту, або реалізованих раніше проєктів. Залишок коштів після погашення боргу може бути спрямованим на фінансування наступних проєктів.

Для математичної формалізації основної задачі необхідно вирішити низку допоміжних завдань:

1. Сформуувати повний перелік варіантів послідовного виконання N проєктів (всього таких послідовностей буде $N!$).

2. Виокремити частковий список варіантів з урахуванням обмежень виду $i > j$, тобто умов, коли виконання i -го проєкту має за технологією передувати виконання j -го проєкту.

3. Виключити з переліку варіанти, в яких перша робота не забезпечується власними коштами, тобто не виконується умова:

$$C_0 \geq \frac{A C_i}{100}, \quad (1)$$

де C_0 – власні кошти підприємства при $T = 0$. Слід передбачити, що одночасно, за достатності власних коштів, можуть виконуватися кілька проєктів. Крім того, слід враховувати песимістичну оцінку фінансової потреби інвестиційного проєкту.

4. Розробити алгоритм послідовного (у часі) інвестування та виконання проєктів; виключити ті з них, які не укладаються у заданий період часу T_0 .

5. Використовуючи цільову функцію, вибрати варіант послідовного виконання комплексу робіт, що мінімізує суму інвестицій.

Виконання п. 3 вищеподаного переліку полягає у розв'язанні допоміжної оптимізаційної задачі, пов'язаної із уточненням можливих перевитрат по інвестиційних проєктах. Особливість цієї задачі – це модель нечіткої оптимізації, цільова функція та обмеження якої є нечіткими числами через неможливість точного визначення початкових капіталовкладень за умов перманентних макроекономічних та геополітичних збурень військової економіки.

Нечітка мета цієї допоміжної задачі – забезпечити максимальну відповідність фактичних капіталовкладень розрахунковій кошторисній вартості інвестиційного проєкту. Її необхідно сформулювати у вигляді такого висловлювання: «початкові інвестиції проєкту $C_{0ф}$ мають бути дуже близькими до суми C_0 , передбаченої інвестиційною програмою». Тобто нечітку ціль можна подати як нечітку множину із П-подібною дзвоноподібною функцією належності. Для урахування інтервальної оцінки можливих витрат за проєктом, на нашу думку, слід використати трапецієподібну функцію належності, в якій похилі ділянки задаються нелінійною дзвоноподібною залежністю, зокрема:

$$m = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left(\frac{C_{0ф} - C_0}{\alpha_h}\right)^2}, C_{0ф} \leq (1 - \alpha_l) \cdot C_0, \\ 1, (1 - \alpha_l) \cdot C_0 \leq C_{0ф} \leq (1 + \alpha_l) \cdot C_0, \\ \frac{1}{1 + \left(\frac{C_{0ф} - C_0}{\alpha_h}\right)^2}, C_{0ф} \geq (1 + \alpha_l) \cdot C_0. \end{cases} \quad (2)$$

де m – міра прийняття відповідності фактичної суми початкових капіталовкладень сумі, передбаченій інвестиційним проєктом; α_l , α_h – міра відхилення фактичної суми початкових капіталовкладень від потреби, передбаченої інвестиційним проєктом. З огляду на традиційну шкалу ризику, міру α_h слід обирати на рівні 20 – 25%. Оскільки саме 25%-на варіація фактичного значення певного показника проти його математичного сподівання береться за межу ризику, або ж точності економетричної моделі, або ж однорідності вибірки об'єктів аналогів. Зазначене зумовило обґрунтування точки переходу. Навпаки, міра ризику α_l відображає таку межу варіації, нижче якої прийняттям ризику можна нехтувати. Традиційно це – 10%. Аналогічно, не більше за 10%-ве значення величина усередненого модулю помилки економетричної моделі є ознакою її високої точності, а відхилення основних кількісних характеристик від середнього по вибірці в межах $\pm 10\%$ є ознакою її однорідності. Ці умови ми врахували під час обґрунтування моди нечіткого числа на позначення суми початкових інвестицій за проєктом.

На рис. 2 наведено графік нечіткої цільової функції для терму C_{00} : «початкові капіталовкладення складають близько 35 млн грн. При цьому за нижню межу міри ризику обрано 10%-не відхилення фактично понесених інвестиційних витрат. Тому горизонтальна ділянка графіка функції належності із одиничною мірою прийняття, тобто ядро нечіткої множини відповідає інтервалу із універсуму в межах від 31,5 до 38,5 млн грн. Надалі, у міру віддалення суми початкових інвестицій понад визначений за допомогою α_l поріг, рівень прийняття вартості інвестиційної програми стрімко скорочується.

Нелінійність дзвоноподібною функції призводить до того, що темп зниження міри прийняття неоднорідний, він сповільнюється після точки переходу, яка відповідає найвищому рівневі невпевненості з мірою прийняття у 0,5. Цей поріг прийняття визначено при допомозі α_h , тобто в сумі 8,75 млн грн, що й відображає конфігурація штрихпунктирної лінії на рис. 2: ординаті 0,5 відповідають значення початкових інвестицій в сумі 22,75 та 47,25 млн грн.

Нечітке обмеження обґрунтовано нами з урахуванням позиції крайнього песимізму, відповідно до якої економія капіталовкладень вбачається неможливою.

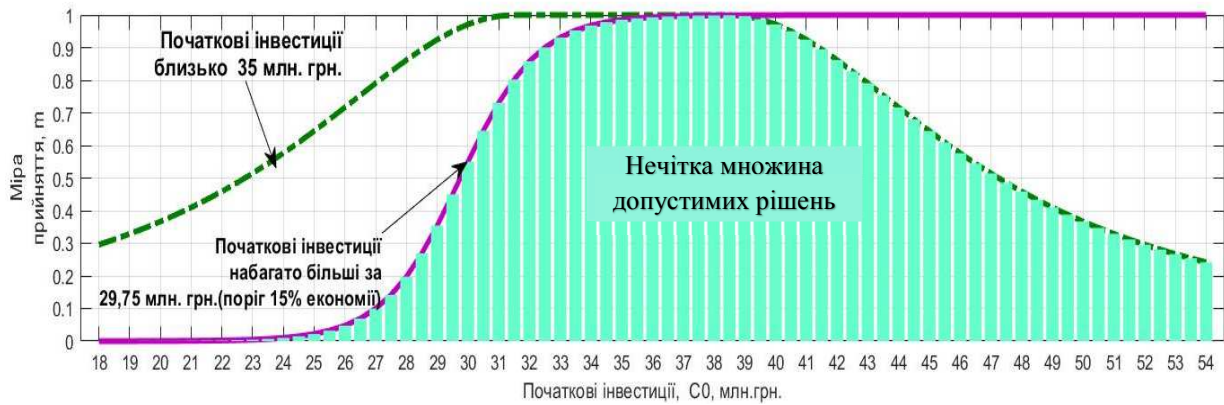


Рисунок 2 – Розв’язок нечіткої оптимізаційної задачі щодо імовірної суми початкових інвестицій (Авторська розробка)

Розумно обумовлена сума зменшення капіталовкладень на 15% проти суми, обґрунтованої інвестиційною програмою, найбільш імовірно може бути перевищеною, що можна сформулювати за допомогою такого висловлювання: «капітальні витрати будуть набагато більшими за суму, передбачену інвестиційною програмою з оглядом на економію витрат». Для прикладу на рис. 2 з цією метою пропонується використати S-подібну функцію належності: «Початкові інвестиції набагато більші за 29,75 млн грн» (поріг 15% економії):

$$m_c = \begin{cases} 0, & \text{якщо } C_{0\phi} < \delta \cdot C_0, \\ \frac{1}{1 + e^{-\gamma \cdot (C_{0\phi} - \delta \cdot C_0)}}, & \end{cases} \quad (3)$$

де δ — %-й розмір економії, рекомендований нами на рівні 15%; γ — «масштабний» коефіцієнт, який власне й відповідає лінгвістичній оцінці перевищення порогового показника. Його пропонується визначати за шкалою, подібною до шкали Чеддока для оцінювання тісноти зв’язку між змінними:

- $\gamma = -0,2$ для відношення «набагато менше»;
- $\gamma = -0,4$ для відношення «дещо менше»;
- $\gamma = 0,6$ для відношення «дещо більше»;
- $\gamma = 0,8$ для відношення «набагато більше».

Головною відмінністю пропонованої шкали від «традиційної» шкали оцінки тісноти зв’язку є використання додатних та від’ємних чисел, що потрібно для відтворення належної конфігурації кривої. Так, відношення «менше» має графічно відобразитись спадною функцією належності, що є горизонтальним віддзеркаленням S-подібної. Однак вживання термів із відношенням «набагато менше» чи навіть «дещо менше» якраз і відповідає економії, а тому в цій методиці не розглядається. Тобто, прийнявши позицію не крайнього песимізму, а помірного песимізму, доцільно використати $\gamma = 0,6$. На рис. 2 представлено також функцію належності для нечіткого обмеження «початкові інвестиції

набагато більші за 29,75 млн грн». Сума у 29,75 млн грн відповідає 15%-й економії від 35 млн грн, первинно передбачених інвестиційною програмою. Для s-подібної, суцільної лінії на рис. 2 використано значення «масштабного коефіцієнта» $\gamma = 0,8$.

Характерною особливістю розв’язку задач нечіткої оптимізації є те, що спочатку визначається множина допустимих рішень у вигляді субнормальної нечіткої множини, тобто такої, мода якої має функцію належності меншу за 1. Власне модальне значення універсуму і виявляється чітким розв’язком задачі нечіткої оптимізації. Множина допустимих рішень являє собою перетин нечітких множин цільової функції та обмежень, що й відображено на рис. 2 зафарбованою криволінійною фігурою. Математично функція належності рішення задачі нечіткої оптимізації визначається як мінімальне значення функцій належності нечіткої цілі та сукупності обмежень.

Для цього прикладу чітке значення сподіваної суми капіталовкладень за песимістичних обмежень склало 39 млн грн. Міра упевненості для отриманого чіткого розв’язку задачі нечіткої оптимізації максимально наближена до 1. Отже, для обґрунтування вибору оптимального варіанта фінансування інвестиційної програми доцільно виходити саме із цього показника капіталовкладень, що виявився більшим за номінальну суму, передбачену в економічних розрахунках.

На рис. 3 подано блок-схему алгоритму вибору оптимального варіанта виконання проектів.

У блоці 1 послідовно формується повний перелік варіантів. Далі вибираються ті з них, на проекти яких накладено обмеження щодо послідовності виконання проектів, а також ті, для виконання яких вистачає коштів на початкову організацію інвестування одного з проектів.

Блок 2 упорядковує варіанти вартості. Цей блок допомагає розпочати виконання програми з найбільш «зручного» варіанта.

Блок 3 організує можливість розрахунку першого варіанта комплексу проєктів. Якщо умова виконується, відбувається перехід до наступного блоку 4.

Блок 5 виявляє можливість виконання кількох проєктів одночасно.

Для цього перевіряється умова:

$$C_{00} \geq \frac{A}{100} (C_1 + C_2 + \dots + C_n). \quad (4)$$

При цьому передбачається, що C_{00} визначатиметься з урахуванням розв'язку допоміжної задачі нечіткої оптимізації.

Якщо нерівність (4) виконується для $n > 1$, то вибирається максимальне значення n і вважається, що ці n проєктів можна розпочати одночасно. Після цього управління передається блоку 6.

Наступний блок 7 коригує нову кількість проєктів з урахуванням об'єднаних. Якщо нерівність (4) виконується тільки для $n = 1$, то управління передається блоку 8.

У блоці 9 визначається момент часу, коли поточний проєкт (проєкти) виконано, борги по ньому виплачені та накопичені нові власні кошти C_{0n} , яких вистачить для початку наступних інвестиційних проєктів.

Необхідно розрахувати інтервал Δt_n , крайніми точками якого є момент закінчення періоду інвестування n -го проєкту та момент часу, коли накопичена достатня сума власних коштів для початку $(n+1)$ -го проєкту. Він визначається з нерівності:

$$\left(\sum_{i=1}^n P_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{\Delta t_n} (1 + \alpha)^i \right) - D_{\tau_n} (1 + \alpha)^{\Delta t_n} \geq \frac{A \cdot C_{n+1}}{100},$$

де D_{τ_n} – сума боргу до моменту закінчення періоду інвестування n -го проєкту з урахуванням банківського відсотка; α – банківський відсоток.

$$t_{n+1} = t_n + \tau_n + \Delta t_n,$$

$$D_{\tau_n} = \left[\frac{C_n - C_{(n-1)}}{\tau_n} - \sum_{i=1}^{n-1} P_i \right] \cdot \sum_{j=1}^{\tau_n} (1 + \alpha)^j + \left(\sum_{i=1}^{n-1} P_i \right) \cdot (1 + \alpha)^{\tau_n}.$$

Отже, Δt_n визначається шляхом послідовного обчислення лівої частини нерівності (приймається рівним 1, 2, ...) до його виконання.

Цільова функція розраховується за формулою:

$$Ц = \sum_{n=1}^N \frac{D_{\tau_n}}{(1 + r)^{t_n + \tau_n}},$$

де r – норма дисконту.

Наведемо приклад використання запропонованого алгоритму за умови, що ставка банківського відсотку складає 20% річних, при цьому 60% вартості другої черги проєкту має фінансуватись

за рахунок власних коштів. Згідно із даними проєктно-кошторисної документації початкові інвестиції для реалізації даної черги складають 35 млн грн. Отже, величина власних коштів, потрібних для здійснення цього проєкту, складає 21 млн грн (=35млн грн·0,6), а решта 14 млн грн має фінансуватись із зовнішніх джерел.

Перша черга будівництва полягала у спорудженні 3-х об'єктів, які забезпечили прибуток в сумі 10, 13 та 14 млн грн. Причому вихід на межу окупності за цими об'єктами відбувся відповідно 3, 2 та 1 рік тому. Залежно від довжини інтервалу Δt_n , коли закінчиться інвестування другої черги, рішення щодо доцільності її спорудження може змінюватись, зокрема:

$$- \Delta t_n = 1: 10 \cdot (1 + 0,2)^3 + 13 \cdot (1 + 0,2)^2 + 14 \cdot (1 + 0,2)^1 - 14 \cdot (1 + 0,2)^1 = 52,8 - 16,8 = 36 > 21.$$

Отже, реалізація другої черги не вимагатиме втрати фінансової автономії замовника проєкту;

$$- \Delta t_n = 2: 10 \cdot (1 + 0,2)^3 + 13 \cdot (1 + 0,2)^2 + 14 \cdot (1 + 0,2)^1 - 14 \cdot (1 + 0,2)^2 = 52,8 - 20,2 = 32,6 > 21.$$

Тобто реалізація другої черги також відбуватиметься зі збереженням фінансової автономії замовника проєкту.

Аналогічно і для $\Delta t_n = 3$ та $\Delta t_n = 4$:

$$- 10 \cdot (1 + 0,2)^3 + 13 \cdot (1 + 0,2)^2 + 14 \cdot (1 + 0,2)^1 - 14 \cdot (1 + 0,2)^3 = 52,8 - 24,2 = 28,6 > 21$$

та

$$- 10 \cdot (1 + 0,2)^3 + 13 \cdot (1 + 0,2)^2 + 14 \cdot (1 + 0,2)^1 - 14 \cdot (1 + 0,2)^4 = 52,8 - 29 = 23,8 > 21.$$

Натомість за 5-річного періоду інвестування проєкт спорудження 2-ї черги об'єкта слід відхилити, оскільки:

$$10 \cdot (1 + 0,2)^3 + 13 \cdot (1 + 0,2)^2 + 14 \cdot (1 + 0,2)^1 - 14 \cdot (1 + 0,2)^5 = 52,8 - 34,8 = 18 < 21.$$

Якщо врахувати песимістичну оцінку витрат, обґрунтовану поданим вище розв'язком допоміжної задачі нечіткої оптимізації, капіталовкладення для реалізації другої черги скоріш за все становитимуть 39 млн грн, з яких власним капіталом замовника має покриватись 23,4 млн грн (=0,6·39 млн грн). Доведеться залучити зовнішнє фінансування в сумі 15,6 (=39-23,4) млн грн.

За таких умов гранично допустимий інтервал тривалості інвестування скоротиться до 4-х років, оскільки:

– для $\Delta t_n = 3$:

$$10 \cdot (1 + 0,2)^3 + 13 \cdot (1 + 0,2)^2 + 14 \cdot (1 + 0,2)^1 - 15,6 \cdot (1 + 0,2)^3 = 52,8 - 27 = 25,8 > 23,4 \text{ і умова (4) виконана.}$$

Проте для $\Delta t_n = 4$:

$$10 \cdot (1 + 0,2)^3 + 13 \cdot (1 + 0,2)^2 + 14 \cdot (1 + 0,2)^1 - 15,6 \cdot (1 + 0,2)^4 = 52,8 - 32,3 = 20,5 < 23,4.$$

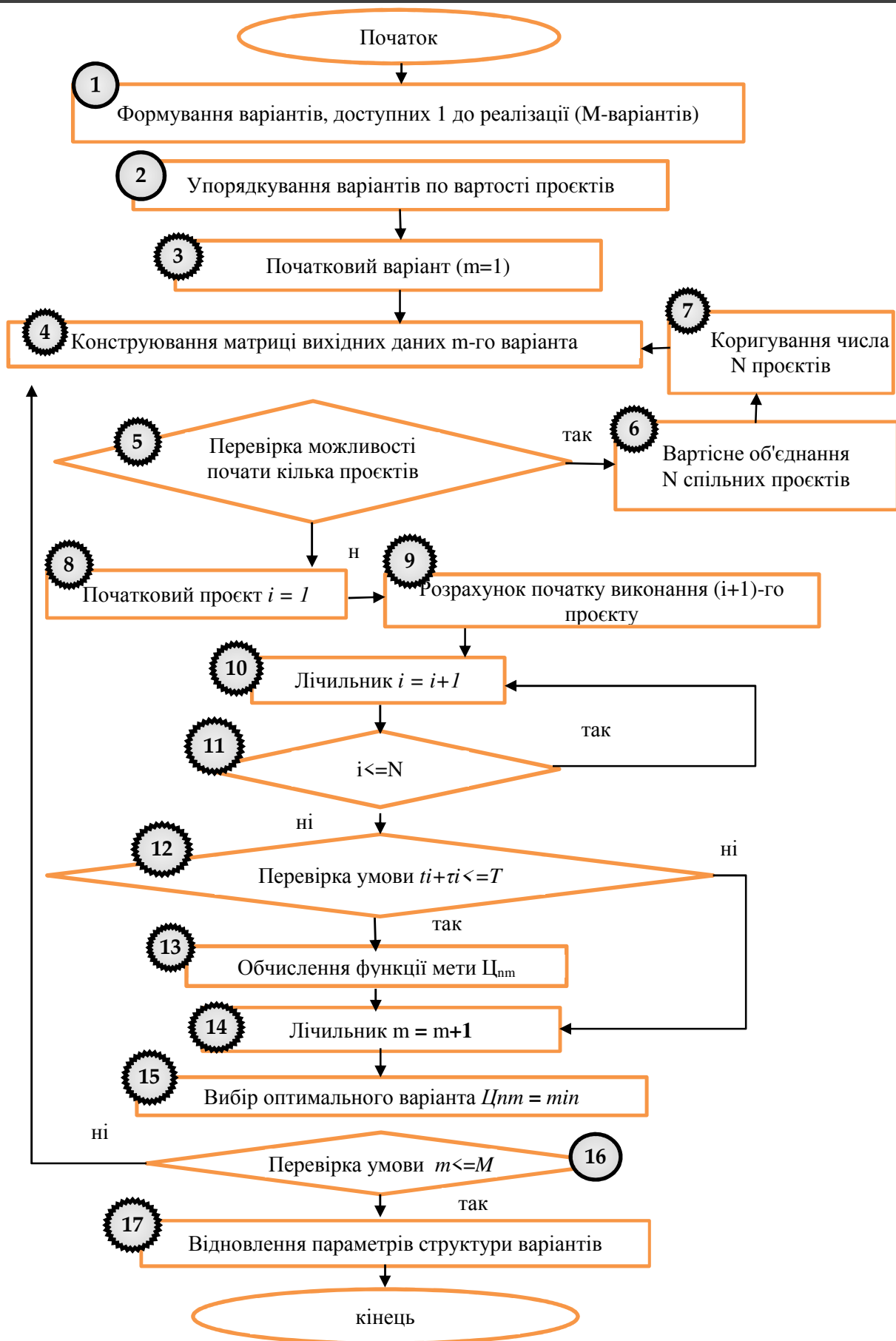


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритму вибору оптимального варіанта виконання проектів

Перевагами запропонованої моделі є:

- можливість використання коштів, що надходять у результаті реалізації проєктів, для фінансування наступних проєктів;
- врахування періоду інвестування, протягом якого прибуток від реалізації проєкту не надходить;
- врахування технологічної зв'язаності окремих проєктів;
- урахування ризику додаткових перевитрат інвестиційних ресурсів, спричинених реалізацією військової економіки.

Застосування цієї моделі при формуванні інвестиційної програми підприємства або територіальної громади може сприяти оптимізації управлінських рішень у сфері економічного і соціального розвитку, ефективнішому використанню обмежених фінансових коштів, зниженню потреби у ресурсах, прискоренню реалізації основних етапів техніко-технологічного оновлення чи відновлення пошкоджених та зруйнованих активів, позитивній динаміці основних показників фінансово-господарської діяльності.

Висновки

Подальший розвиток моделі формування інвестиційної програми підприємства дає змогу

сформулювати нову вдосконалену модель, що, на відміну від наявної, передбачає врахування ціннісних аспектів інвестиційної діяльності господарюючих суб'єктів та базується на таких основних положеннях:

1) до інвестиційної програми з визначеним терміном реалізації приймаються проєкти, які за умови спільної реалізації генерують чистий грошовий потік, що забезпечує створення економічної доданої вартості за гранично допустимого рівня ризику;

2) за обсягами інвестування витрати на інвестиційну програму, визначені за песимістичними оцінками, не можуть перевищувати обсяг фінансових ресурсів, доступних під час реалізації програми; обсяг доступних фінансових ресурсів залежить від фінансового стану господарюючого суб'єкта під час реалізації інвестиційної програми.

Практичне значення отриманих результатів дослідження полягає в можливості їх використання в господарській діяльності підприємства або територіальної громади при визначенні інвестиційної ефективності власних і залучених інвестицій, що визначають формування моделей кредитно-інвестиційної політики.

Список літератури

1. Багрицкий О. Б., Татевосян Г. М., Седова С. В. Методология обоснования инвестиционных программ и их оптимизация при ограниченных финансовых ресурсах (на примере химического комплекса). *Журнал новой экономической ассоциации*. 2014. № 3 (23). С. 130–152. URL: <ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/nea/journal/2014-23-130-152r.pdf>
2. Білан О. С. Побудова моделі оптимізації інвестиційного планування на кондитерському підприємстві. *Сталый розвиток економіки*. 2013. № 2 (19). С. 94–98.
3. Жемчугов О. С. Побудова раціональної інвестиційної програми. США: економіка, політика, ідеологія. 1994. № 12. С. 31–44.
4. Івченко І. Ю. Математичне моделювання інвестиційної програми підприємства з урахуванням виробничої діяльності. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2014. № 3. Ч. 2. С. 126–131.
5. Ковалев В. В. Финансовый анализ: методы и процедуры. Москва : Финансы и статистика. 2002. 559 с.
6. Козловський С. В., Козловський А. В. Моделювання економічних процесів в Україні: суть, значення, напрями розвитку. *Економіка: проблеми теорії та практики: Збірник наукових праць*. Дніпропетровськ: ДНУ, 2005. Вип. 202. Том 2. С. 449–456.
7. Майорова Т. В. Інвестиційна діяльність: навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури. 2004. 376 с.
8. Отливанська Г. А. Модель формування інвестиційної програми підприємства з урахуванням цінності. *БізнесІнформ*. 2017. № 3. С. 159–163.
9. Федоренко В. Г. Шляхи підвищення ефективності інвестицій в Україні. Київ : Науковий світ, 2003. 724 с.
10. Державна служба статистики. *Статистичний щорічник 2021*. 444 с.

Стаття надійшла до редколегії 10.02.2023

Sorokina Lesya

DSc (Economics), professor, professor of the Department of Construction Economics
<https://orcid.org/0000-0002-9981-4615>

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Goyko Anatoliy

PhD (Economics), professor, professor of the Department of Construction Economics,
<https://orcid.org/0000-0002-9591-0829>

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**THE MODEL FOR THE FORMATION OF THE INVESTMENT PROGRAM
OF A CONSTRUCTION ENTERPRISE**

Abstract. The essence and main purpose of forming an investment program to ensure the effective implementation of the main directions of the investment strategy of the enterprise's development is revealed. The conditions and criteria, the observance of which ensures the investor to form an optimal investment program, are given. It is pointed out the need to adjust the investment program when the conditions of the external and internal environment change. Different models of investment program formation and possibilities of their practical application are considered. The authors proposed a model for the formation of an investment program that allows for the reinvestment of funds received for the implementation of projects. The main optimization problem is aimed at minimizing the capital involved, the objective function of the auxiliary problem is to ensure the minimum deviation of the amount of actual initial capital investments, compared to the amount provided by the investment program. The auxiliary problem is a model of fuzzy optimization, and its solution is the maximum intersection of membership functions of two fuzzy sets – goals and constraints. As a vague limitation, it is proposed to take into account the variant of unfavorable conditions for the implementation of the investment project, when significant savings on initial capital investments will be impossible. For a vague purpose and limitation, the type of ownership functions is substantiated and their parameters are determined, a number of recommendations for their clarification for investors with different propensity to risk are developed. Examples of using the proposed approach to applied problems of investment process management are provided. Application of this model will allow the enterprise to optimize the use of limited financial resources, reduce the need for borrowed funds, and increase the effectiveness of management decisions in the investment sphere.

Keywords: investment program; reinvestment of funds; financial resources; project rate of return; objective function; net income; loan capital; profitability index; investment project; own financial resources; optimization of management decisions

References

1. Bagrytsky O. B., Tatevosyan, H. M., Sedova, S. V. (2014). Methodology of justification of investment programs and their optimization with limited financial resources (for example, a chemical complex). *Journal of the new economic association*, 3 (23), 130–152. URL: <ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/nea/journal/2014-23-130-152r.pdf>.
2. Bilan, O. S. (2013). Construction of a model for optimization of investment planning at a confectionery enterprise. *Sustainable economic development*, 2 (19), 94–98.
3. Zhemchugov, O. S. (1994). Building a rational investment program. *USA: economy, politics, ideology*, 12, 31–44.
4. Ivchenko, I. Yu. (2014). Mathematical modeling of the enterprise's investment program taking into account production activities. *Bulletin of the Khmelnytskyi National University*, 3, 2, 126–131.
5. Kovalev, V. V. (2002). *Financial analysis: methods and procedures*. Moscow: Finance and statistics, 559.
6. Kozlovskiy, S. V., Kozlovskiy, A. V. (2005). Modeling of economic processes in Ukraine: essence, significance, directions of development. *Economics: problems of theory and practice: Collection of scientific works*, DNU, 202, 2, 449–456.
7. Mayorova, T. V. (2004). *Investment activity: educational guide*. Kyiv : Center for educational literature, 376.
8. Otlivanska, G. A. (2017). The model of formation of the investment program of the enterprise taking into account the value. *BusinessInform*, 3, 159–163.
9. Fedorenko, V. G. (2003). *Ways to increase investment efficiency in Ukraine*. Kyiv: Scientific World, 724.
10. State Statistics Service. *Statistical Yearbook*. (2021). 444.

Посилання на публікацію

- APA Sorokina, Lesya & Goyko, Anatoliy. (2023). The model for the formation of the investment program of a construction enterprise. *Management of Development of Complex Systems*, 53, 100–110, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2023.53.100-110](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.53.100-110).
- ДСТУ Сорокіна Л. В., Гойко А. Ф. Модель формування інвестиційної програми будівельного підприємства. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. № 53. С. 100 – 110, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2023.53.100-110](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.53.100-110).