

ІМОВІРНІСНІ ТА ІМІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ В МУЛЬТИПРОЕКТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

© Катренко А. В., Магац А. С., Магац Д. С., 2014

Розглянуто моделі формування портфеля проектів та розподілення ресурсів між проектами портфеля в умовах невизначеності, їхні переваги та недоліки, вплив організаційних структур та сучасних технологій розроблення програмного забезпечення на зменшення рівня невизначеності, обґрунтовано необхідність застосування імітації для отримання рішень з планування в мультипроектному середовищі, запропоновано структуру імітаційної моделі.

Ключові слова: портфель проектів, імовірнісна модель, імітація, ресурси, оптимізація, управління проектами, планування, екстремальне програмування.

In the paper considered the models of project portfolio's formation and the allocation of resources between the portfolio projects under uncertainty, their advantages and disadvantages, the impact of organizational structures and modern software development technologies to reduce the uncertainty level, substantiated the necessity to use imitation to obtain decisions on planning in multi-project environment, offered structure of the simulation model.

Key words: project portfolio, probabilistic model, imitation, resources, optimization, project management, planning, extreme programming.

Вступ. Загальна постановка проблеми

Важливість розв'язання задачі планування та управління портфелем проектів пов'язана з такими обставинами: зростанням вимог інвесторів до проектів, що входять до портфеля; виникає потреба в розробленні таких інструментів для обрання проектів, які б враховували стратегічні аспекти розвитку за забезпечували конкурентну здатність проектноорієнтованих компаній; існуючі підходи до управління портфелем є доволі фрагментарними та в багатьох випадках не зовсім відповідають реальним проектам.

Основними поняттями в плануванні та управлінні портфелями проектів є програма та портфель проектів. І якщо програма є множиною пов'язаних взаємно проектів, планування та управління якими потребує координації, що збільшує ступінь керованості ними, який недосяжний у випадку окремого планування кожного проекту, то портфель – це множина проектів та програм та інших робіт, які об'єднані разом насамперед з погляду стратегічних цілей [1]. У більшості випадків під час досліджень розглядаються портфелі двох крайніх видів: у вигляді множини незалежних проектів, що можуть виконуватися одночасно, та у вигляді взаємопов'язаної мережі. У цих випадках середовище, в якому виконується портфель (а це може бути одна або декілька компаній), буде мультипроектним.

У мультипроектному середовищі цілі окремих проектів портфеля можуть бути лише частково збіжними або й протилежними. Слід зазначити, що управління портфелем проміжного типу – частково незалежних проектів – є чи не найскладнішим, особливо з врахуванням факторів невизначеності, багатокритерійності та наявності значної кількості інформації, отриманої експертним шляхом, тому в багатьох випадках побудова та використання імітаційних моделей для таких випадків є одним з перспективних підходів до розв'язання цієї проблеми.

У процесі планування та реалізації портфеля чи не найважливішим є аспект ресурсного забезпечення, тому що різні проекти портфеля переважно використовують спільні ресурси, запаси яких є обмеженими. На етапі формування портфеля ресурси розподіляються між проектами та програмами портфеля, під час його виконання здійснюється оперативне управління з метою вирішення конфліктів.

Формулювання мети

Основною метою роботи є критичний аналіз моделей формування портфелів проектів та моделей розподілу ресурсів між проектами портфеля, обґрунтування імітаційного підходу до розв'язання цих проблем.

Організаційні структури, методи Agile та управління в мультипроектному середовищі

Класичним варіантом організаційної структури проектноорієнтованої організації є функціонально-матрична та її різновиди (матрична, збалансована функціонально-матрична, функціональна) [2]. За допомогою матричної структури успішно розв'язуються проблеми управління окремими проектами, але у випадку портфелів проектів виникають якісно інші завдання [3, 4]:

- встановлення пріоритетів проектів – prioritization (для розподілення ресурсів);
- формування ефективного портфелю – project selection (окрім економічної ефективності необхідно враховувати відповідність місії, цілям та стратегії компанії);
- формування балансу між стратегічними та тактичними цілями компанії – balancing (особливо важливим це є для іноваційних, ІТ-компаній, діяльність яких є винятково проектно-орієнтованою);
- врахування невизначеностей та ризиків (економічно ефективний та привабливий з погляду стратегії портфель може бути дуже ризиковим, і прийнятним виявиться дещо гірший, але з меншим рівнем ризику).

Agile-менеджмент (від англ. Agile – «рухливий», «спритний», «еластичний») – ітераційний метод планування та керування процесами і проектами, що концентрується на коротких циклах розроблення, оперативних оновленнях залежно від зміни потреб клієнта та фокусується на досягненні персонального, технічного та організаційного успіху [5].

Методи Agile дозволяють на ранній стадії виявити проект, що не матиме організаційного успіху, і скасувати його до того моменту, як організація витратить багато ресурсів. Організаційного успіху досягають фокусуванням на якісному виконанні та зменшенні затрат, що спричиняє збільшення віддачі від інвестицій і таким чином сприяє зменшенню ступеня невизначеності. Цінність у цій моделі є дуже важливою сутністю. Хоча для деяких проектів вона залежить лише від продажів, для більшості все ж організаційна цінність є важливішою, ніж доходи. Джерелами цінності є: конкурентна диференціація; проектування бренду; підвищення довіри клієнтів; задоволення нормативних вимог; оригінальні дослідження; стратегічна інформація. Підвищення цінності досягають, залучаючи бізнес-експертів та виконуючи основні компоненти, позбутися збитків вдається скасуванням невдалих проектів на ранній стадії, а також заміною затратних розробок ефективнішими.

У галузі інформаційних технологій під час розроблення програмного забезпечення використовують такий аджайл-метод, як екстремальне програмування (ЕП), який орієнтований на досягнення технічного успіху [6]. Розробники програмного забезпечення працюють разом, що допомагає їм відслідковувати дрібні деталі, необхідні для успішності проекту і гарантує, що щонайменше дві особи переглядають код. Програмісти безперервно інтегрують свій код, що дає можливість команді випускати програмні рішення, лише вони матимуть значення для бізнесу. Команда фокусується на впровадженні кожної властивості перед початком впровадження наступної, що запобігає неочікуваним затримкам перед випуском програмного забезпечення і дозволяє приймати рішення про зміну напрямку діяльності.

Додатково до структури розроблення ЕП містить покращені технічні практики, що розвивають технічну майстерність. Важливим для керівників і вищого менеджменту є зусилля команди щодо забезпечення окупності інвестицій та актуальності програмного забезпечення. Користувачі,

власники продукту, зацікавлені сторони цінують можливість впливати на розроблення програмного забезпечення, прагнення розробників випускати корисне, цінне програмне забезпечення, а також підвищену частоту випуску продукту. Менеджери проектів та продуктів цінуватимуть свою можливість змінювати скерування розробки, розробники – підвищення рівня власної діяльності, що спричинятиме покращення технічної якості, більший вплив на кошторис, графіки і автономність команди.

Тобто, сучасні методології та методи розроблення сприяють зменшенню ступеня невизначеності при виконанні проектів та скеровані на забезпечення задоволення різнорідних вимог та координації дій всіх учасників проекту.

Невизначеність та ризик портфелів проектів

Однією з найважливіших складових характеристик портфеля є його ризик, а у випадку іноваційних проектів взагалі відомо, що більшість з них не будуть успішними. Ризик портфеля проектів – це ризики проектів – складових портфеля, які розглядають сумісно для досягнення синергетичного ефекту при реалізації стратегічних цілей компанії [7]. Основними характеристиками ризиків портфеля є такі: взаємна зумовленість (ризик одного проекту може зумовлювати виникнення ризику іншого проекту); взаємне підсилення (керування ризиком одного проекту може збільшити величину впливу іншого проекту); взаємна компенсація (зменшення ризиків інших проектів за умови керування ризиком одного проекту). Порівняння характеристик ризиків окремого проекту та портфеля проектів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння характеристик ризиків проекту та портфеля проектів

Ризики проекту	Ризики портфелю проектів
Операційний (локальний) масштаб	Стратегічний масштаб, що охоплює певну ділову область
Менеджер проекту прагне звести зміни до мінімуму	Керівники портфеля постійно відслідковують зміни в навколишньому середовищі
Результат вимірюється ризиковим бюджетом конкретного проекту	Результат вимірюється в термінах сукупного впливу ризиків портфеля
Управління ризиками проекту	Управління ризиками з урахуванням взаємодії між проектами портфеля
Ризик-менеджери координують дії конкретних ризиків проекту, керуючи продуктами проектів	Керівники координують діяльність декількох ризик-менеджерів за проектами, створюючи необхідні комунікації між проектами портфеля з контролем загального результату за всіма проектами

Важливим в цьому випадку для проектноорієнтованої компанії є накопичення та опрацювання інформації про набутий досвід. Навіть з використанням найпростіших показників, як частка успішних проектів в динаміці, можна оцінити мінімальну дохідність кожного проекту з метою досягнення дохідності компанії загалом. Використання ж детальнішої інформації дає змогу точніше враховувати ризики, хоча слід розуміти, що якість врахування ризиків суттєво залежить від типу проектів портфеля.

За характером впливу на досягнення цілей компанії розрізняють два основні види взаємної залежності: синергія та канібалізм (від'ємна синергія). В першому випадку виграш від реалізації двох чи більшої кількості проектів одного портфеля буде більшим, ніж алгебраїчна сума виграшів від реалізації кожного проекту окремо, в другому – менше. Існує чотири джерела вірогідного синергетичного ефекту проектів, що складають портфель: маркетингова синергія, технологічна синергія, універсальні ресурси компанії, управлінські навички.

Маркетингова синергія полягає в універсальності використання ланцюгів дистрибуції та просування товару. Технологічна синергія відображає ступінь застосовності наявних у компанії технологій до технології виробництва нового продукту. Універсальні ресурси компанії дозволяють реалізувати декілька продуктів, витрачаючи при цьому кошти лише один раз. Управлінські навички, досвід, отриманий під час виконання одного проекту, можна застосувати при реалізації

іншого, що значно скорочує витрати. Окрім того, розглядають ще одне джерело синергії – синергію брендів, яка, на відміну від синергії портфеля збільшує позитивні грошові потоки, а не зменшує витрати компанії.

Негативна взаємодія є переважно технологічною: послідовна залежність, перекриття результатів, боротьба за обмежені ресурси. Послідовна залежність виникає, якщо реалізація одного проекту залежить від реалізації іншого – при паралельному виконанні обох проектів невдача одного викликає невдачу й іншого, і кошти, витрачені на цей проект, також втрачаються. Перекриття результатів виникає, коли результати одного проекту корелюють з результатами іншого. Наприклад, для продуктових проектів це канібалізація продуктів – тобто об'єм, на який один товар зменшує продажі іншого, який пропонується тією ж фірмою на певному ринку. Боротьба за обмежені ресурси вирішується за допомогою портфельного менеджменту.

Недостатньо вивченими є такі проблеми: розроблення методів та моделей оцінювання інтегрованого ризику портфеля взаємно пов'язаних проектів; побудова системи управління інтегрованим ризиком; розроблення методології селекції портфеля взаємно пов'язаних проектів.

Моделі формування портфелів

Існує велика кількість моделей управління портфелем проектів. У США активно використовується модель на основі процесу «стадія-ворота» (Stage-Gate Process) [8], відомою також є модель Радулеску – формування портфеля проектів з множини конкуруючих, в якій ризик портфеля визначається як варіація балів, що виставляються експертами, в інших пропонується визначати вірогідності успіху кожного з проектів-кандидатів експертним шляхом, що переважно зменшує достовірність такої інформації. Якщо ж завдання формування портфеля полягає в обранні таких проектів, які забезпечать максимальний ефект за умови обмежень на ресурси та мінімальний рівень ризику, то відповідна модель перетворюється на завдання стохастичного програмування, для вирішення якого його доводиться спрощувати, будуючи РЕВ (ризик-ефективність-вартість) діаграми.

У моделі обрання проектів портфеля Бадрі-Девіса [9], яка по суті є моделлю цілочислового булевого програмування, враховуються вигоди від кожного проекту, витрати (окремо виділяються на комп'ютерне обладнання та програмне забезпечення), формалізовані обмеження на час виконання, навчання, додаткову робочу силу, логічні обмеження на взаємні зв'язки між проектами. Модель по суті є детермінованою, невизначеності пропонується враховувати шляхом приведення стохастичних аспектів до детермінованих, замінюючи їх математичними сподіваннями та варіаціями.

У роботі [10] розглядається модель формування портфеля пов'язаних між собою проектів, і «сила» зв'язку оцінюється матрицею нормованих коефіцієнтів, що змінюються в інтервалі (0,1) і відображають ступінь успішності реалізації одного з проектів від реалізації іншого. Надалі ця матриця використовується для визначення часток доходів від кожного з проектів портфеля. Метою є максимізація чистого приведенного прибутку (NPV), обмеження накладаються на бюджет та збалансованість портфеля. Окрім того, по суті обмеженнями є співвідношення, які враховують динаміку інвестування в портфель, витрати на залучення капіталу, впровадження та підтримання проектів. Однак основними недоліками цієї моделі є суттєве спрощення деяких важливих аспектів (проект є неподільним, кожному проекту присвоюється лише одна стратегічна ціль, не враховується вплив об'єму ресурсів на тривалість виконання проекту) та складність отримання необхідної інформації від експертів (як, наприклад, вірогідність успіху проекту та елементи матриці взаємних пов'язань проектів).

Моделі розподілення ресурсів між проектами портфеля

Управляють портфелем проектів переважно, розподіляючи та перерозподіляючи ресурси між проектами портфеля. Основним методом оцінювання тривалості в умовах невизначеності став в минулому сторіччі метод PERT. На його основі було розроблено евристичні процедури розподілу ресурсів у конфліктних ситуаціях, побудовані на пріоритетності робіт [11]. Якщо в певний момент часу є можливість виконувати декілька робіт, але є недостатньо ресурсів, то починають з тих, які мають найвищий пріоритет та забезпечені ресурсами, але при цьому не враховується залежність тривалості виконання роботи від кількості вкладеного ресурсу.

У роботі [12] запропоновано метод побудови багатопараметричного розподілу вірогідностей, який дозволяє оцінити залежність між ймовірнісними розподілами параметрів операцій, перевагою якого є порівняно невеликі витрати ресурсів та певні теоретичні обґрунтування. Спочатку виявляються спільні фактори ризику, які спричиняють статистичну залежність певних робіт проекту – з цією метою використовується «мозковий штурм». Потім множину робіт проекту розбивають на підмножини, кожній з яких ставиться у відповідність єдиний спільний ризик-фактор (ризик-групи), будуються сумісні розподіли для кожної ризик-групи зі своїм ризик-фактором. За результатами досліджень можна зробити висновок про те, що традиційні підходи (як PERT) схильні до недооцінювання ризику, оскільки не враховують впливу спільних факторів ризику.

Зрозуміло, що залучення додаткових ресурсів для виконання роботи принаймні не повинне збільшити її тривалість, а на певне значення зменшити. Існують методи оптимізації за двома критеріями – вартості та тривалості проекту для детермінованих лінійних залежностей тривалостей робіт від величини вкладених коштів, але певні дослідження для стохастичного випадку теж проводили [13]. Досліджували вплив розподілу обмежених ресурсів між роботами на математичне сподівання та дисперсію тривалості проектів, але використовували лише рівномірний та трикутний симетричний розподіл тривалостей робіт. Окрім цього, ця модель обмежувалася виявленням лише шляхів та призначенням одного невідновлюваного ресурсу роботам. Отже, ця модель не дає змоги визначати ефективні варіанти розподілу обмежених ресурсів за проектами портфеля, незважаючи на її загалом корисність.

Інші дослідники [14] використовували теорію нечітких множин для моделювання тривалостей робіт проекту та залежності між тривалістю та їх вартістю, запропонували евристичні алгоритми календарного планування за умови обмеженості ресурсів та узгодженості вартості проекту загалом з його тривалістю. Рівень прийняттого ризику визначається на ґрунті директивно встановленого мінімального терміну завершення робіт над проектом.

Слід зазначити, що у всіх цих роботах обмеження за ресурсами та ефекти впливу розподілу різних видів ресурсів на тривалості робіт проектів відображаються опосередковано, а не безпосередньо, і це пов'язане з неможливістю отримання аналітичних розв'язків на запропонованих моделях.

Окрім того, однією з найважливіших задач є календарне планування графіка виконання робіт для декількох проектів, що використовують спільні ресурси. Більшість з підходів до розв'язання цієї задачі ґрунтується на правилах пріоритетів [15], а розширення для мультипроектного середовища будуються на суттєвих спрощеннях – проекти вважаються незалежними, по суті пов'язаними лише споживанням спільних ресурсів (переважно лише одного), критерій якості є лінійним згортанням показників кожного з проектів, логічні зв'язки між проектами відображаються дуже спрощено шляхом введення фіктивних операцій «початок» та «завершення» (start та finish).

Структура імітаційної моделі планування та управління в мультипроектному середовищі

Отже, застосування лише аналітичних моделей можливе на етапах попереднього оцінювання характеристик того чи іншого варіанта портфеля проектів. Більші можливості надає імітація – але й потребує значної кількості обчислювальних ресурсів. Імітація дає можливість оцінити як інтегрований ризик портфеля, так і окремі складові – технологічні, ринкові, фінансові та інші ризики, а також побудувати календарні та ресурсні плани на рівні етапів проектів портфеля. Слід врахувати те, що суттєво зменшити затрати часу на імітацію допомагає раціональне планування імітаційних експериментів. Окрім того, особливу увагу слід звернути на формування вхідних даних, щоб уникнути їх суб'єктивного відбору.

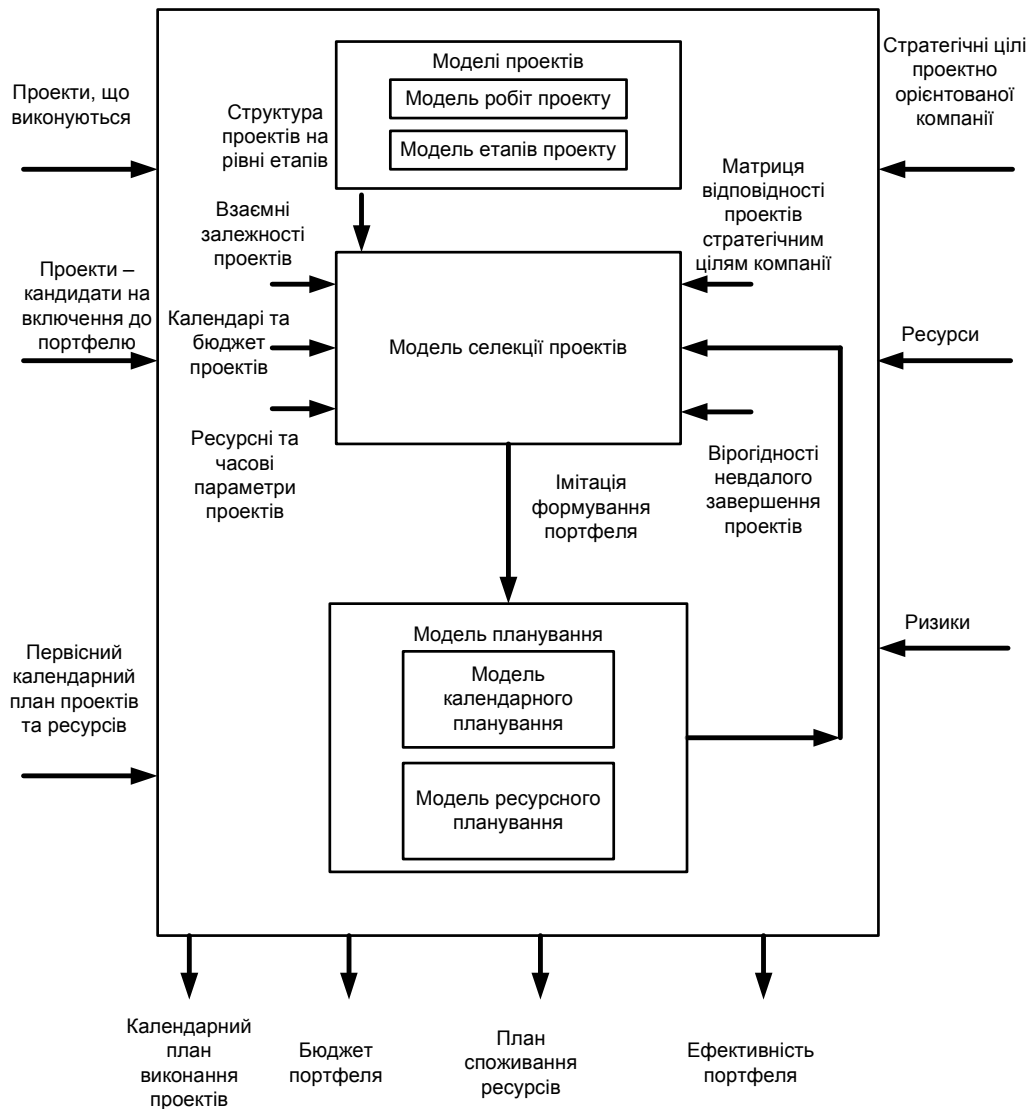
Запропонована структура імітаційної моделі (рисунок) містить три основні моделі (модель проектів, модель селекції проектів, модель планування). Модель проектів є дворівневою та містить модель робіт проекту і модель етапів проекту. Модель планування реалізує імітацію виконання проектів в часі та споживання ресурсів різних видів.

Входами імітаційної моделі планування та управління в мультипроектному середовищі є: поточний стан (проекти, що виконуються, первісний календарний та ресурсний плани), проекти – кандидати на включення до портфелю, їх взаємні пов'язання та інвестиційні пропозиції, стратегічні та тактичні цілі компанії, наявні ресурси та ті, які можуть бути залучені, характеристики оточення та тенденції його розвитку, а також переліки, характеристики та оцінки ризиків.

Виходами є множина проектів, що складають портфель; календарний план реалізації портфеля з контрольними точками; план залучення та використання наявних ресурсів; ефективність та ризиковність портфеля; оперативна інформація про зміни в портфелі – призупинення, припинення, продовження виконання та включення нових проектів до портфеля, інтегрований ризик та бюджет. Імітацією формують декілька варіантів портфеля, з яких і обирають остаточний.

Модель проекту на рівні робіт включає множину робіт (можливе представлення у вигляді ієрархії робіт), форми законів розподілу тривалостей робіт та їхні параметри, або ж характеристики функцій належності, детерміновані, стохастичні чи нечіткі залежності тривалості кожної з робіт від об'ємів споживаних ресурсів. У процесі формування портфеля використовується агрегована модель етапів проекту, яка формується на основі моделі робіт або ж експертним шляхом. Використовуючи програмні генератори псевдовипадкових чисел та функцій, у кожному циклі моделювання генерується конкретна реалізація характеристик, що дає змогу накопичити статистику для визначених комбінацій факторів, які діють на конкретний варіант портфеля та накопичити необхідну статистику.

З метою врахування ефектів синергії та канібалізму для оцінювання інтегрованого ризику портфеля іноваційних проектів доцільно використовувати такі інструменти та методи: стохастичні мережеві моделі, призначені для оцінювання ризиків іноваційних проектів (ризиків патентних досліджень, випробувань, унікальності сировини, технології виробництва); моделі броунівського руху (чи повернення до середнього рівня), призначені для оцінювання ринкових ризиків на етапі виробництва та продажу іноваційної продукції; аналіз технологічної, організаційної та іншої документації, експертні методи, призначені для виявлення та оцінювання взаємних зв'язків між проектами портфеля.



Загальна структура імітаційної моделі формування та планування портфеля проектів

Оцінюють інтегрований ризик портфеля у такій послідовності: побудова моделі проекту на рівні етапів та побудова стохастичних мережевих моделей багатетапних проектів; оцінювання ризиків початкових етапів проекту шляхом імітаційного моделювання; виявлення та оцінювання взаємних зв'язків проектів портфеля; побудова моделі грошових потоків проектів та чистої поточної вартості інвестицій з врахуванням виявлених взаємних залежностей; оцінювання інтегрованого ризику портфеля проектів компанії імітаційним моделюванням.

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок

1. Значно впливають на зменшення рівня невизначеностей та ризиків у проектноорієнтованій організації її організаційна структура, методи планування і керування процесами та проектами, чому сприяє Agile-менеджмент.

2. Ризики окремого проекту та портфеля проектів значно відрізняються, що потребує розроблення відповідних моделей та методів, накопичення та використання інформації про набутий досвід, а особливо про взаємну залежність між проектами.

3. У результаті критичного аналізу моделей формування портфелів проектів та моделей розподілення ресурсів між проектами портфеля в умовах ризику та невизначеності, проведеного авторами, виявлено, що існуючі методи є доволі фрагментарними і не охоплюють достатнім чином проблематики планування та управління в мультипроектному середовищі.

4. Підхід з погляду імітаційного моделювання дає змогу покращити якість планування та управління портфелем проектів. Автори розробили загальну структуру імітаційної моделі планування та управління в мультипроектному середовищі, що складається з трьох основних моделей: моделі проектів, моделі формування портфеля проектів та моделі планування, реалізація якої дасть змогу накопичити необхідну статистику, зімітувати можливі наслідки за умови дії різноманітних ризиків та отримати необхідну інформацію.

1. *Project management Institute. «A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)» / Project management Institute, The Fifth Edition 589p. – 2013.* 2. *Wheelwright S. C. «Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency, and quality» / Wheelwright S. C., Clark K. B. // New York: Free Press, 364p. – 1992.* 3. *Linenberg Y. «Optimizing organizational performance by managing project benefits» / Linenberg Y., Stadlker Z., Arbuthnot S. // PMI Global Congress, Europe – 2003.* 4. *Bert De Reyck. «The impact of project portfolio management on information technology projects» / Bert De Reyck, Yael Grushka-Cockayne, Martin Lockett, Sergio Ricardo Calderini, Marcio Moura, Andrew Sloper // International Journal of Project Management, 23. – 2005. – P. 524–537.* 5. *James Shore. «The Art of Agile Development» / James Shore, Sane Warden // O'Reilly Media. – 2007. – 440 p.* 6. *Steve McConnell. «Rapid Development: Taming Wild Software Schedules» / Steve McConnell. // Microsoft Press, 2006. – 680 p.* 7. *Dale F. Cooper. «Project Risk Management Guidelines: Managing Risk in Large Projects and Complex Procurements» / Dale F. Cooper, Stephen Grey, Geoffrey Raymond, Phil Walker. // Wiley. – 2004. – 400 p.* 8. *Robert G. Cooper. «Portfolio management for new product development: results of an industry practices study» / Robert G. Cooper, Scott J. Edgett, Elko J. Kleinschmidt // R&D Management 31, 4, 2001* 9. *Masood Badri. «A comprehensive 0-1 goal programming model for project selection» / Masood Badri, Donald Devis, Donna Devis // International Journal of Project Management. – 2001.* 10. *Dickinson M., A. «Technology Portfolio Management: Optimizing Interdependent Projects Over Multiple Time Periods» / Dickinson M., A. Thornton, S. Graves // IEEE Transactions on Engineering Management, V. 48, № 4, November. – 2001.* 11. *Golenko-Ginzburg D. «Stochastic Network Project Scheduling with Non-Consumable Limited Resources» / Golenko-Ginzburg D., Gonic A. // International Journal of Production Economics, 48. – 1997. – P. 29–37.* 12. *Van Dorp J. R. «Statistical Dependence in Risk Analysis for Project Networks Using Monte Carlo Methods» / Van Dorp J. R., Duffey M. R. // International Journal of Production Economics, 58. – 1999. – P. 17–29.* 13. *Gerchak Y. «On the Allocation of Uncertainty-Reduction Effort to Minimize Total Variability» / Y. Gerchak // IEEE Transactions, 32. – 2000. – P. 403–407.* 14. *Leu S.-S. «A GA-Based Fuzzy Optimal Model for Construction Time-Cost trade-off» / Leu S.-S., A.-T. Chen, C.-H. Yang // International Journal of Project Management, 19. – 2001. – P. 47–58.* 15. *Kurtulus I. S. «Multi-Project Scheduling: Categorization of Heuristic Rules Performance» / I. S. Kurtulus, E. W. Davis // Management Science, 28. – 1982. – P. 161–172.*