

Татусь В.В.

## КОНЦЕПТУАЛЬНА СХЕМА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

**Анотація.** Запропонована концептуальна схема побудови імітаційної моделі процесу реалізації проекту автомобільної дороги для оцінки ризиків та алгоритмів управління ризиками проекту.

**Ключові слова:** управління проектами автомобільних доріг, управління ризиками, моделювання ризиків, агрегат, агрегативна система, імітаційна модель.

**Аннотация.** Предложена концептуальная схема построения имитационной модели процесса реализации проекта автомобильной дороги для оценки рисков и алгоритмов управления рисками.

**Annotation.** The proposed conceptual scheme of the simulation model of the process of road project for risk assessment and risk management algorithms.

**Постановка проблеми.** Врахування ризиків є одним з найбільш важливих елементів управління інфраструктурними проектами для зменшення перевитрат коштів і великих затримок в реалізації, що переслідують великі державні проекти, до яких відносяться автомобільні дороги та мостові переходи.

В роботах [1,2] показано, що 9 з 10 проектів транспортної інфраструктури мали в середньому перевитрати на 28% (44,7% залізниці, 33,8% мости і тунелі і 20,4% дорожні проекти). Вирішення проблеми пошуку засобів утримання в розумних межах проектних вартості і часу за рахунок більш адекватної оцінки ризиків та можливостей, які потенційно можуть вплинути на проект, на основі імітаційного моделювання має велике теоретичне і практичне значення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В літературі з управління проектами механізм управління ризиками почав розглядатись у середині 1980-х років. Сформувався процес управління ризиками на основі аналізу фінансових та часових втрат. Наприкінці 1990-х років були створені нові методики

управління ризиками, які ґрунтувались на досвіді зниження ступеню дії несприятливих подій до прийняттого рівня.

Причинами ризику є вплив на процес реалізації проекту зовнішніх та внутрішніх випадкових факторів та невизначеності, яка трактується не лише у розумінні відсутності вичерпного знання, а й як постійна змінюваність умов, трансформація, швидка та гнучка переорієнтація складної системи. Тому, за даними аналізу останніх досліджень, основні вживані в теорії і практиці моделі оцінки ризику відносяться до класу стохастичних.

Відомі методи аналізу проектних ризиків базуються на: аналізі чутливості результатів до змін параметрів проекту, стохастичних моделях, імітаційному моделюванні з використанням методу Монте-Карло, динамічних моделях на ідеях системної динаміки Форрестера, моделях дерева рішень, тощо.

В сфері управління проектами автомобільних доріг можна відмітити, як приклад, роботи [3,4,5], в яких регламентуються або рекомендуються моделі оцінки і прогнозування ризиків на основі експертних оцінок законів розподілу вірогідності випадкових факторів ризику і застосування методу Монте-Карло для імітації впливу ризикованих подій. Однак, як показав аналіз, імітація впливу ризиків на очікувані результати реалізації проектів не враховує алгоритмів оперативного управління ризиками.

**Постановка завдання.** Потрібно розробити концептуальну схему імітаційної моделі ризиків реалізації проектів, яка б враховувала специфіку проектів автомобільних доріг, містила в собі алгоритми оперативної зміни параметрів проекту з метою мінімізації негативного впливу ризиків.

**Виклад основного матеріалу.** Проект автомобільної дороги - це діяльність, призначена для будівництва або реконструкції автомобільної дороги і її подальшого обслуговування (ремонту та утримання) до наступної реконструкції або закриття дороги.

Проектний ризик – поняття, яке складається з трьох елементів: "фактор", "подія" і "вплив". Фактори – це потенційні причини, що перешкоджають досягненню мети. Події, спричинені цими факторами, відбуваються з деякою ймовірністю, тобто як безпосередні причини, що перешкоджають досягненню мети. У результаті подій, відбувається "вплив" на параметри виконання проекту [6]. Розділення ризику на три елементи дає можливість встановити чіткий зв'язок між ними і правильне розуміння ризику.

Прогнозування ризику і управління ним на основі аналітичних математичних моделей може дати лише грубе наближення до дійсних значень досліджуваних показників з причини недостатнього відображення ними взаємодії випадкових процесів і реагування на них керуючої підсистеми проекту. В той же час, імітаційне моделювання - це процес конструювання моделі реалізації реальної системи і постановки експериментів на цій моделі з метою або зрозуміти поведінку системи, або оцінити (в рамках обмежень, які накладаються деяким критерієм або сукупністю критеріїв) різні стратегії, що забезпечують функціонування даної системи [7].

Реалізація проекту автомобільної дороги – це складний, динамічний, стохастичний процес з управлінням, тому імітаційна модель повинна мати відповідні алгоритми і відтворювати прийняття управлінських рішень, які приводять до структурних змін в проекті або до змін параметрів робіт проекту.

В якості математичного апарату імітаційної моделі можна використати концепцію, яка ґрунтується на схемах кусочно-лінійного агрегату та агрегативної системи [8,9] з кусочно-постійною структурою.

Агрегат, як перетворювач інформації, – це об’єкт, який має внутрішній стан, отримує управляючі та вхідні сигнали і видає вихідні сигнали (рис. 1).

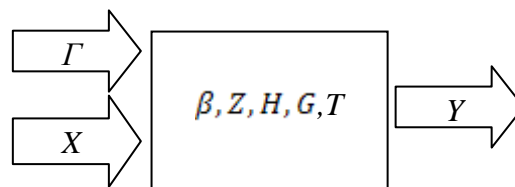


Рис. 1. Схема агрегату

Внутрішній стан агрегату характеризується:

- 1) вектором параметрів  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_n) \in B$ ;
- 2) множиною внутрішніх станів агрегату  $Z$ , яка представляється у вигляді об'єднання  $\bigcup_v \Gamma_v$ , де  $\Gamma_v$  - замкнута підмножина багатомірного простору з розмірністю  $v$ , яка задає область стану агрегату;
- 3) вектором простору станів:

$$Z = (v, z_1, z_2, \dots, z_v), \quad (1)$$

де  $v$  - розмірність вектору простору станів;

$z_v$  – вектор координат простору станів, який змінюється рівномірно і прямолінійно:

$$\frac{dz_v}{dt} = -\alpha_v, \quad (2)$$

де  $\alpha_v$  - постійний вектор, розмірності  $v$ ;

4) оператором переходів  $H$ , який визначає нову область стану агрегату  $\Gamma'_v$  при виході однієї з координат поточного стану на границю простору станів або при надходженні вхідного сигналу;

5) оператором виходів  $G$ , який визначає вихідний сигнал  $Y$ ;

6)  $T$  – множина моментів часу, в які агрегат змінює область стану  $\Gamma_v$ .

Область станів агрегату змінюється також при надходженні вхідного або управляючого сигналу, які приймають свої значення з множин  $X$  і  $\Gamma$  відповідно,  $\Gamma_v \Rightarrow \Gamma'_v$ .

Елементарним прикладом агрегату може бути модель, скажімо, роботи, яка створює технологічний заділ для можливості виконання наступної залежної від даної роботи:

$$Z = (z, z_1, z_2), \quad (3)$$

де  $z_1$  - час, що залишився до створення потрібного заділу,  $\alpha_1 = -1$ ;

$z_2$  – час, що залишився до закінчення роботи,  $\alpha_2 = -1$ .

Якщо  $z_1 = 0$ , то в агрегат видає вихідний сигнал в агрегат, який моделює виконання наступної роботи.

Якщо робота, в свою чергу, залежить від попередньої роботи і їй потрібний заділ для початку виконання, то при надходженні в агрегат сигналу від попередньої роботи визначаються:

$$z_1 = \xi_1, \quad (4)$$

$$z_2 = \xi_2, \quad (5)$$

де  $\xi_1$  – випадкова реалізація величини  $z_1$ , яка отримується методом Монте-Карло за заданим законом розподілення (практично, гістограмою). Аналогічно розігрується і  $\xi_2$ .

Агрегати взаємодіють між собою шляхом обміну сигналами, утворюючи при цьому агрегативну систему (рис. 2).

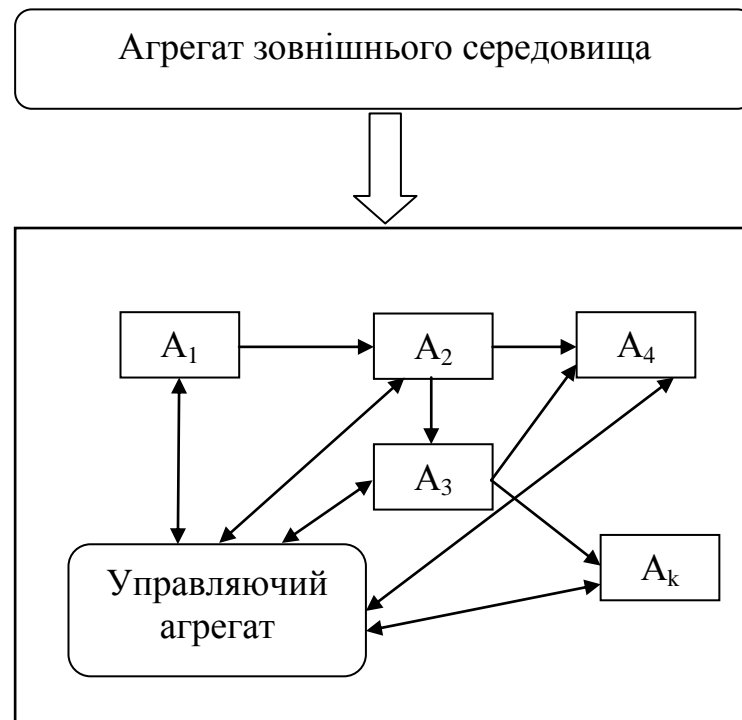


Рис. 2. Агрегативна система

Особливе місце займає управляючий агрегат. Його роль полягає у можливій зміні структури системи, що в управлінні проектом означає зміну параметрів робіт проекту або їх послідовності або змісту проекту, тощо, тобто таким чином моделюються оперативні управління, в тому числі, пов'язані з реагуванням на дії факторів ризику. Управляючий агрегат, коли відбуваються ризикові події, за допомогою спеціального алгоритму проектує реагування на ці події і змінює структуру агрегативної системи та видає управляючі сигнали. Тому агрегативна система має кусочно-постійну структуру.

Зовнішнє середовище також можна моделювати схемою агрегату або агрегативною системою. Агрегати можуть бути спеціалізованими за видами ризиків.

За допомогою агрегативних систем можна моделювати складні структури робіт проекту з урахуванням дії випадкових факторів, наприклад, представлені сітьовими графіками, графіками Ганта або іншими способами. Ці структури повинні бути введені в модель як вихідні дані, на основі яких автоматично будується склад і зв'язки агрегативної системи. Графіки можуть перепроектовуватись управляючим агрегатом, що призводить до змін структури агрегативної системи.

Послідовність зміни стану агрегатів системи утворює випадкову траєкторію руху системи в просторі станів її агрегатів. Кожній можливій траєкторії можна поставити значення функціоналу – оператора, заданого на деякій множині функцій (в деякому функціональному просторі) і приймаючого значення з області дійсних чисел. Множина траєкторій, отриманих при одних і тих же умовах імітації, формує вибірку значень функціоналу, яка оцінюється методами математичної статистики. На відміну від аналітичних моделей, імітаційна модель дозволяє обчислити одночасно довільну кількість функціоналів, наприклад, вартість і тривалість проекту, сумарний вплив факторів ризику, тощо. Запропонована схема імітаційної моделі дозволяє обґрунтувати також ефективність алгоритмів управління, здійснюваного в процесі реалізації проекту, в тому числі, алгоритмів управління ризиками.

Агрегативна система структурно розділяється на декілька підсистем відповідно до фаз реалізації проекту автомобільної дороги: передпроектної, проектування, пропозиції та затвердження ціни, будівництва, експлуатаційної (ремонтні та утримання дороги в процесі експлуатації). Для кожної з цих фаз ідентифікуються можливі фактори ризику, складаються їх списки і визначаються гістограми законів розподілу часу між подіями виникнення небезпеки або гістограми законів розподілу часу виконання робіт проекту. Приклад технології побудови гістограм наведено в роботі [3]. Списки ризиків слугують основою для формування агрегату, який моделює випадковий процес їх здійснення, подібно наведеному вище прикладу (3,4,5).

Модель системи повинна включати агрегати, які моделюють систему резервування (коштів, матеріалів, виробничих потужностей, тощо) і систему страхування проектних ризиків, для оцінки і вибору раціональних засобів вирішення цих питань.

## Висновок

Запропонована концепція агрегативної системи як моделі процесу управління проектами автомобільних доріг може бути ефективною для подальшої розробки імітаційної моделі мінімізації ризиків з алгоритмізацією процесів управління здійсненням проектів і створення відповідної комп'ютерної програми, яка дозволить оцінити прогнозовані ризики і методи реагування на них.

## Література

1. Flyvbjerg, Bent, Mette S. Holm, and S. Buhl. (2002). "Underestimating Costs in Public Works Projects," *Journal of American Planning Association*, Vol. 68, No. 3, 279-295.
2. Flyvbjerg, B., Holm, M. K. S., and Buhl, S. L. (2003b). "How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects?" *Transport Reviews*, Taylor & Francis Ltd, UK, Vol. 23, No. 1, 71-88.
3. Project Risk Management Guidance for WSDOT Projects. Washington State Department of Transportation, July 2010. – 96 p.
4. Quantitative risk analysis of road projects based on empirical data in Japan // Yukiya Sato, Keiichi Kitazume, Kazuaki Miyamoto, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6, 2005. - pp. 3971 – 3984.
5. Risk Evaluation and Financial analysis for Road Maintenance on Urban Expressway Based on H-BMS. // Yasuhito Sakai, Mitsuru Jido, Hitoshi Furuta, Kiyoshi Kobayashi. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://psa2.kuciv.kyoto-u.ac.jp/lab/images/stories/research/2010/IABMAS2010.pdf>.
6. [http://science-bsea.bgita.ru/2006/ekonom\\_2006/aleshina\\_osoben.htm](http://science-bsea.bgita.ru/2006/ekonom_2006/aleshina_osoben.htm).
7. Stanley Kaplan' and B. John Garric. On The Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*, Vol. I , No. I , 1981, p. 11-27.
8. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем: искусство и наука. - М.: Мир, 1978. – 418 с.
9. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1968. – 355 с.
10. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. М., Изд-во «Советское радио», 1973. - 440 с.