

транспортних літаків, мережа навчальних закладів з підготовки фахівців для авіації. Основною задачею для України сьогодні є відмова від амбітних планів зробити гідну конкуренцію таким авіафірмам як Boeing, Airbus, Embraer в області створення пасажирських літаків. За Україною повинне залишатися лідерство в проектуванні й виробництві транспортних літаків, а також транспортно-пасажирських літаків для складних кліматичних регіонів, таких якими були Ан-26, Ан-38, Ан-12, Ан-124, Ан-225.

УДК 625.7/8:338

АГРЕГАТИВНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ РИЗИКІВ В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Татусь В.В.

Постановка проблеми. Оцінка ризиків проекту автомобільної дороги, який включає в себе фази: ініціалізації; оцінки здійсненності; вишукування і проектування; будівництва або реконструкції; ремонтів та утримання – до реконструкції або закриття дороги - це складна техніко-економічна задача, розв'язання якої, як правило, здійснюється шляхом моделювання, тому розробка адекватних моделей управління ризиками названих проектів являє актуальну наукову проблему.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел, наприклад, [1,2,3] та багатьох інших показав, що сучасні моделі управління ризиками в недостатній мірі враховують зв'язок та взаємодію трьох елементів ризику: факторів, подій та впливів, що знижує їх адекватність.

Постановка завдання. Розробити загальну математичну схему моделювання здійснення проекту автомобільної дороги у всіх фазах його життєвого циклу.

Виклад основного матеріалу. В найбільш суттєвому з теоретичної і практичної точок зору випадку, коли елементи системи описуються різнорідними математичними схемами, введення уніфікованої абстрактної схеми агрегату, який дозволяє одноманітно описувати всі елементи системи (дискретні, неперервні, детерміністичні, стохастичні), має істотне значення [4]. Агрегат – це абстрактний об'єкт – перетворювач інформації, внутрішній стан якого характеризується:

- 1) вектором незмінних параметрів $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_n) \in B$;
- 2) множиною внутрішніх станів агрегату Z , яка представляється у вигляді об'єднання $U_v \Gamma_v$, де Γ_v - замкнута підмножина багатомірного простору з розмірністю v , яка задає область стану агрегату;
- 3) вектором простору станів $Z = (v, z_1, z_2, \dots, z_v)$, де v – розмірність вектору; z_v – вектор координат простору станів, який змінюється рівномірно і прямолінійно;
- 4) оператором переходів H , який визначає нову область стану агрегату Γ_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 – множиною моментів часу, в які агрегат змінює область стану Γ_v .

Підсистеми агрегативної системи, яка моделює процес здійснення проекту і управління цим процесом, повинні відображувати структуру фаз проекту: передпроектну, вишукування та проектування, пропозицію та узгодження ціни, відвід земель, будівництво та експлуатацію дороги. Кожній фазі проекту притаманні специфічні види ризиків, які мають властиві їм імовірнісні параметри, однак між ними має місце формальна схожість, що дозволяє імітувати їх за допомогою одного і того ж алгоритму.

Поставимо у відповідність кожній роботі з розкладу проекту КЛА першого типу. Кожний КЛА має ідентифікатор. Вектор ідентифікаторів $ID = (id_1, id_2, \dots, id_n)$.

Агрегат на початку моделювання (в момент ініціалізації) отримує ознаку активності $a = 1$ (роботу не розпочато). Коли створюються умови для початку виконання роботи $a = 2$, а після її

закінчення $a = 3$.

V – об'єм роботи.

V_{c+} - об'єм роботи, який необхідно виконати, щоби стало можливим виконання наступної суміщеної з даною роботи. Виконання цього об'єму - це створення організаційно-технологічного заділу для наступної суміжної роботи, $V_{c+} < V$.

$R = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ - вектор продуктивності нескладованих ресурсів в термінах об'єму робіт за одиницю часу. Призначений для розрахунку детермінованого часу на виконання роботи.

$Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ - вектор кількості нескладованих ресурсів, виділених для виконання роботи. Всі елементи цього вектора – цілі числа.

$M^i = (m_1^i, m_2^i, \dots, m_{k_m}^i)$ - вектор потреби складованих ресурсів, потрібних для виконання одиничного об'єму роботи. Всі елементи цього вектора – дійсні числа.

$M^n = (m_1^n, m_2^n, \dots, m_{k_m}^n)$ - вектор потрібних для виконання роботи складованих ресурсів. Всі елементи цього вектора – дійсні числа.

$M^e = (m_1^e, m_2^e, \dots, m_{k_m}^e)$ - вектор виділених на роботу складованих ресурсів. Всі елементи цього вектора – дійсні числа.

$C = (c_1, c_2, \dots, c_m)$ - вектор вартості виконання одиничного об'єму роботи. Всі елементи цього вектора – дійсні числа.

$G = (p_1, p_2 + p_2, \dots, \sum_{i=1}^{i=k-1} p_i + p_k)$ - кумулятивна гістограма розподілу імовірностей часу на виконання одиниці об'єму роботи. Необхідна для моделювання випадкової тривалості роботи методом Монте-Карло.

$I = (x_{\min}, x_{\max})$ – інтервал, який задає область визначення випадкової величини.

$E = (e_1, e_2, \dots, e_{k_e})$ - вектор ознак завершення передуючих робіт. Ознаки приймають значення 0, якщо попередня робота не завершена, і 1, якщо вона завершена. Коли роботі не передують інші роботи, $E = \emptyset$. Знак \emptyset - пуста множина, символізує поняття «не визначено»

Вектор простору станів $Z = (z_1, z_2, \dots, z_{2+k_m})$: $v = 2 + k_m$ характеризує розмірність вектору стану; z_1 - час, що залишився до завершення повного можливого об'єму роботи; z_2 - час, що залишився до завершення створення об'єму роботи, рівного організаційно-технологічному заділу V_{c+} , для можливості розпочати наступну суміщену роботу, якщо така є, (рис. 3.2a). $z_2 = \emptyset$, якщо $V_{c+} = \emptyset$.

z_{2+k_m} - вектор координат часу, який залишився до вичерпання складованих ресурсів.

Оператори переходів H . Переходи в інший простір станів здійснюються в моменти надходження вхідних сигналів та в моменти виходу однієї з неперервних координат на границю простору станів.

На вхід агрегату поступають вхідні сигнали таких видів:

- 1) від агрегату, який моделює зв'язану з даною передуючу роботу X_1 ;
- 2) від агрегату, який моделює ресурсний календар X_2 ;
- 3) від агрегату, який моделює складовані ресурси X_3 ;
- 4) керуючі сигнали від керуючого блоку (спеціального виду агрегату) X_4

Сигнал виду X_1 від агрегату, який моделює передуючу роботу, після її закінчення або створення нею необхідного заділу для даної роботи, перетворює простір станів даного агрегату таким чином.

$$z_1 = f_1(\beta, \xi), z_2 = \begin{cases} z_1 \frac{V_{c+}}{V}, & \text{якщо } V_{c+} \neq \emptyset \\ \emptyset, & \text{якщо } V_{c+} = \emptyset \end{cases} \quad (1)$$

Функція f_1 визначення z_1 - це алгоритм з такими кроками:

1) Якщо $E \neq \emptyset$, то $e_i = 1$. Перевіряється можливість розпочати роботу: якщо $E \neq \emptyset$ і всі елементи вектора E дорівнюють 1, то роботу можна розпочати, інакше вихід.

2) Визначається детермінована оцінка часу на виконання роботи

$$t = \max\left(\frac{V}{r_1 \times q_1}, \frac{V}{r_2 \times q_2}, \dots, \frac{V}{r_n \times q_n}\right) \quad (2)$$

3) за допомогою гістограми G методом Монте-Карло (рис. 1.3) визначається випадковий коефіцієнт ξ

$$z_1 = t \times \xi. \quad (3)$$

Таким чином моделюється дія внутрішньої невизначеності, яка впливає на тривалість робіт.

4) Здійснюється перевірка існування необхідних умов виконання роботи за наявності складованих ресурсів. Якщо для всіх елементів вектору $M^e = (m_1^e, m_2^e, \dots, m_{k_m}^e)$ виконується умова $m_i \neq \emptyset, i = \overline{1, k_m}$, то визначаються k_m додаткових координат:

$$z_{2+i} = \frac{m_i^e}{m_i^e / z_1}. \quad (4)$$

Сигнал виду X_2 від агрегату, який моделює ресурсний календар. Змінюються в той чи в інший бік елементи вектору $Q = (q_1 + \Delta q_1, q_2 + \Delta q_2, \dots, q_n + \Delta q_n)$. Стан агрегату змінюється подібно (2 – 3), окрім п. 1, а замість V і вектору M^e використовуються їх невиконані залишки.

Сигнал виду X_3 від агрегату, який моделює складовані ресурси. Змінюються елементи вектору $M^e = (m_1^e + \Delta_1, m_2^e + \Delta_2, \dots, m_{k_m}^e + \Delta_{k_m})$. Якщо $z_1 \neq \emptyset$, тобто робота виконується, то за (4) змінюються додаткові координати $z_{2+i}, i = \overline{1, k_m}$.

Сигнал виду X_4 від керуючого агрегату (блоку управління). Ці сигнали змінюють конструктивні параметри агрегату β , та ініціює нове функціонування агрегату.

Оператори переходів H в моменти виходу однієї з неперервних координат на границю простору станів.

$z_1 = \emptyset$. Означає завершення роботи. Параметр $\alpha = \exists$ - ознака активності приймає значення завершення роботи і агрегат перестає бути активним. Інформація про траєкторію його розвитку записується в архів. Потім вона використовується для обчислення функціоналів, які характеризують ефективність використання моделюємої системи. В цей момент агрегат видає вихідний сигнал в сполучений з ним агрегат, якщо такий є. Стан останнього змінюється, як описано вище. $z_2 = \emptyset$, а інші координати не змінюються. Це означає, що створено необхідний організаційно-технологічний заділ для наступної роботи, виконання якої частково суміщено з даною.

$z_{2+i} = \emptyset$. Означає, що складований i -й ресурс вичерпано. Стан агрегату зміниться:

$$z_1 = \emptyset, z_2 = \emptyset, m_i^e = \emptyset. \quad (5)$$

Агрегат видає вихідний сигнал в агрегат, який моделює стан складованих ресурсів про потребу в i -му виді ресурсу. Нескладовані ресурси (люди, машини, устаткування і т.п.) повинні бути розподілені між роботами у відповідності з їх потребою і наявністю (ресурсним календарем).

Фактори загроз, які визначають ризик використання ресурсів цього типу, зводяться до втрати роботоспроможності. В свою чергу, втрата роботоспроможності стає причиною призупинення робіт, залучення більшої кількості ресурсів, що здійснює негативний вплив на тривалість та вартість робіт.

Параметри β включають такі об'єкти.

$G_1 = (p_1, p_1 + p_2, \dots, \sum_{i=1}^{k-1} p_i + p_k)$ - кумулятивна гістограма розподілу імовірностей часу безвідмовної роботи ресурсу. Необхідна для моделювання випадкової тривалості безвідмовної роботи ресурсу методом Монте-Карло.

$I_1 = (a_{\min}, a_{\max})$ – інтервал, який задає область визначення випадкової величини - часу безвідмовної роботи ресурсу.

$G_2 = (p_1, p_1 + p_2, \dots, \sum_{i=1}^{k-1} p_i + p_k)$ - кумулятивна гістограма розподілу імовірностей часу відновлення роботи ресурсу. Необхідна для моделювання випадкової тривалості відновлення ресурсу методом Монте-Карло.

$I_2 = (b_{\min}, b_{\max})$ – інтервал, який задає область визначення випадкової величини - часу відновлення ресурсу.

P - імовірність втрати ресурсу.

Координати стану агрегату:

$s = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ - стан ресурсу: 1 – справний, 0 – несправний;

$w = \begin{cases} id \\ \emptyset \end{cases}$, id - ідентифікатор роботи, на якій зайнятий ресурс, ;

z_1 – час, що залишився до зміни стану ресурсу: якщо $s = 1$, то в роботі або простоє, якщо $s = 0$, то в ремонті, або потребує заміни.

На вхід агрегату поступають вхідні сигнали.

Від управляючого агрегату поступає сигнал $x_1 = id$, якщо $s = 1$; $w = id$.

Від агрегату – «робота» з ідентифікатором id в момент її закінчення або припинення поступає сигнал $x_2 = 1$, який свідчить про її закінчення: $w = \emptyset$.

Агрегат має тільки одну неперервну координату z_1 . Оператор переходу при $z_1 = 0$:

$$s' = \begin{cases} 1, s = 0 \\ 0, s = 1 \end{cases} \quad z_1' = \begin{cases} \xi_1, s = 0 \\ \xi_2, s = 1 \end{cases} \quad (6)$$

ξ_1, ξ_2 – випадкові величини, які генеруються методом Монте-Карло.

В цей момент видається вихідний сигнал в управляючий агрегат:

$$y = \begin{cases} 0, s = 1 \\ 1, s = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Складовані ресурси (матеріали, конструкції, фінансові ресурси і т.п.) повинні бути розподілені між роботами у відповідності з їх потребою і наявністю.

Фактори загроз, які визначають ризик використання ресурсів цього типу, зводяться до перевитрат. В свою чергу, відсутність ресурсів стає причиною призупинення робіт, що здійснює негативний вплив на тривалість та вартість робіт.

Параметри β включають такі об'єкти.

Q_k - критичний запас, при досягненні якого потрібно здійснити постачання на склад нової кількості ресурсу.

$G_1 = (p_1, p_1 + p_2, \dots, \sum_{i=1}^{k-1} p_i + p_k)$ - кумулятивна гістограма розподілу імовірностей часу між поставками ресурсу. Необхідна для моделювання випадкової тривалості постачання ресурсу методом Монте-Карло.

$I_1 = (t_{\min}, t_{\max})$ – інтервал, який задає область визначення випадкової величини - часу на постачання ресурсу.

Стан агрегату обумовлюється такими змінними:

q - кількість ресурсу в запасі;

α - інтенсивність споживання ресурсу;

z_1 - час до вичерпання ресурсу;

z_2 - час до постачання нової партії ресурсу.

На вхід агрегату поступають вхідні сигнали.

Від агрегату, що моделює роботу, поступає сигнал $x_{i;d} = \alpha_{i;d}$, який містить інформацію про інтенсивність споживання ресурсу даною роботою. Стан агрегату зміниться таким чином:

$$\alpha' = \alpha + \alpha_{i;d}, \quad z_1' = \frac{q}{\alpha}, \quad q \geq 0, \quad \alpha' > 0. \quad (8)$$

Оператори переходів стану при досягненні границі простору станів змінними z_1, z_2 .

$z_1 = 0$. Ресурс вичерпано. У сполучені з ним агрегати-роботи видається вихідний сигнал, згідно якому вони припиняються. Новий стан агрегату:

$$z_1' = 0, \quad z_2' = \begin{cases} z_2 \\ \xi \end{cases}. \quad (9)$$

З (9) слідує: якщо замова на постачання була зроблена, то z_2 не змінюється, інакше методом Монте-Карло визначається ξ - новий час до поставки ресурсу.

$z_2 = 0$. Надійшла нова партія ресурсу Δq . Стан агрегату зміниться:

$$q' = q + \Delta q, \quad z_1' = \frac{q'}{\alpha}. \quad (10)$$

В управляючий агрегат видається сигнал про нову наявність ресурсу. В управляючому агрегаті виконується алгоритм розподілу нової кількості ресурсу.

Агрегат – управляючий блок здійснює ініціювання дії всіх агрегатів системи, отримує від них вхідні сигнали і видає в них вихідні сигнали, здійснюючи таким чином управління всією системою. Управляючий агрегат (УА) – перетворювач всієї вихідної та поточної інформації про стан системи – діє на основі застосування спеціальних алгоритмів, які реалізують правила реагування на події, що відбуваються в системі. Наприклад, при поставці певного ресурсу в управляючому агрегаті повинен бути здійснений алгоритм його розподілу в залежності від пріоритетів робіт.

По-перше, УА конструює необхідні у відповідності з розкладом проекту типи і кількість агрегатів. По-друге, він впорядковує події, що відбуваються в системі і здійснює реакцію на них, шляхом зміни самої структури системи або параметрів агрегатів системи. По-третє, УА накопичує всі дані про траєкторію розвитку системи з метою оцінки тривалості і вартості здійснення проекту, впливу на них окремих видів ризиків.

Взаємодія агрегатів в агрегативній системі здійснюється шляхом обміну сигналами, тому для їх організації вводиться поняття оператора сполуки агрегатів.

З метою управління процесом моделювання шляхом послідовного розгляду подій системи створюється так званий реєстр системного часу. Системний час – це вісь часу, на якій відмічаються моменти виходу неперервних змінних стану на границю простору станів та формується деяка структура даних, асоційована з цими моментами, наприклад, ідентифікатор агрегату і номер координати, яка досягла границі простору станів. Структура даних дає можливість виконати обчислення нового стану агрегату, сформувати вихідні сигнали, якщо вони передбачені описом агрегату, і занести у реєстр новий момент часу зміни стану цього агрегату.

Висновки. Підсистема управління ризиками здійснення проектів – важлива складова системи управління проектами. Моделювання ризиків – один з найбільш ефективних інструментів оцінки їх впливу на досягнення цілей проекту. Проект являє собою складну систему, в якій задіяна велика кількість елементів, що взаємодіють між собою, тому для моделювання ризиків потрібні адекватні математичні моделі, що відображують послідовність подій в реалізації проекту. Зручною математичною схемою для моделювання є математична схема агрегату і агрегативної системи.

В схемах функціонування агрегатів для моделювання випадкових величин, які обумовлюють дію невизначеності на тривалість робіт і роботоспроможність ресурсів використовується метод Монте-Карло. Випадкові величини представлені кумулятивними гістограмами з певною кількістю інтервалів.

Література

1. Руководство к своду знаний по управлению проектами (*Руководство РМВОК®*)— Четвертое издание, 2008. – 496 с.

2. Project Risk Management. Guidance for WSDOT Projects // Washington State Department of Transportation, 2010. – 96 p.
3. 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.
4. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. М., Изд-во «Советское радио», 1973, 440 с.

УДК 629.113

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ АГРЕГАТУ ДЛЯ РЕКУПЕРАЦІЇ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА МІНІМАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ З ЯКОЇ ДОЦІЛЬНО ПОЧИНАТИ РЕКУПЕРАЦІЙНЕ ГАЛЬМУВАННЯ ДЛЯ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЇЗДОВОГО ЦИКЛУ

*Тімков О.М., кандидат технічних наук
Іванов О.С.*

Властивості автомобіля залежать від його здатності набирати швидкість, долати підйоми та зупинятися до певної швидкості за необхідний проміжок часу. В нормальних умовах руху максимальні можливості автомобіля використовуються рідко, протягом тривалого часу силова установка завантажена лише частково. Реальне тягове зусилля і швидкість автомобіля змінюються в широких межах, які визначаються прискоренням, сповільненням, ухилом або підйомом та т.п. Ці зміни пов'язані з дорожньою обстановкою та типом автомобіля. Режим рух автомобіля в місті або поза містом також дуже сильно впливає на його характеристики, як і кількість пасажирів. Все це дуже складно впливає на тягове зусилля і зміну швидкості автомобіля в реальних дорожніх умовах. Однак, деякі типові їздові цикли можуть бути використані для моделювання типових дорожніх умов. Ці їздові цикли представляють звичайно у вигляді залежності швидкості автомобіля від часу руху по горизонтальній дорозі.

Переваги гібридного автомобіля краще всього реалізуються при русі у міському циклі з великою кількістю зупинок та гальмувань. Тому для проведення розрахунку було взято їздові цикли (рис. 1): Federal Test Procedure EPA 75 та New York City Cycle (NYCC).

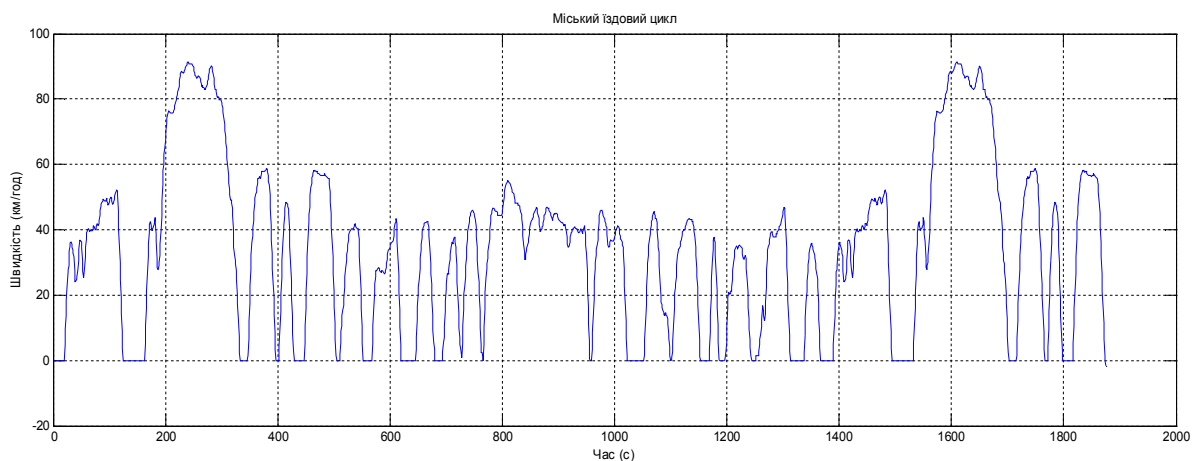


Рис.1. Їздові цикли (початок)