

УДК 656.052:681.51.54

В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ ЗА УМОВ КОМБІНОВАНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Вступ

Актуальність. Останнім часом все більша увага приділяється розробці методів прийняття рішень в розподілених системах. Прикладами таких систем є системи телекомунікацій і зв'язку, керування транспортом, виробничі системи тощо. Розподілені системи переважно працюють в умовах невизначеності. Ця невизначеність пов'язана з неможливістю одночасного і точного визначення параметрів стану в усіх точках розподіленої системи і може мати стохастичну або нечітку природу. Стохастична невизначеність полягає у використанні випадкових величин, які є результатом вимірювань або накопичуються протягом певного часу. Нечітка невизначеність пов'язана з використанням функцій належностей, що формуються на основі суб'єктивних тверджень експертів. На сьогоднішній день розроблені методи прийняття рішень в умовах нечіткої або стохастичної невизначеності [2,4]. Проте існують системи з комплексною невизначеністю, в яких для прийняття рішень необхідно використовувати як нечіткі, так і стохастичні дані.

Таким чином, постає **проблема** прийняття рішень в умовах комбінованої стохастичної і нечіткої невизначеності, яка досліджена недостатньо і потребує подальшого вивчення.

Для розв'язання проблеми використовують переважно два підходи: представлення нечіткої невизначеності як стохастичної і використання теорії статистичних розв'язків [4,5] або представлення стохастичної невизначеності як нечіткої і використання нечіткої логіки [2,3]. Проте оптимальні розв'язки, отримані за допомогою цих підходів, можуть відрізнятися між собою.

Метою роботи є розробка методу прийняття рішень в системах керування розподіленими системами в умовах комбінованої невизначеності.

Для розв'язання поставленої задачі проведено дослідження результатів використання відомих методів на прикладі задачі регулювання перехрестям, яка описана в [7].

Задача керування перехрестям з одностороннім рухом полягає у зміні сигналів світлофора таким чином, щоб час затримки транспортних засобів (ТЗ) на перехресті був мінімальним. Нехай вхідними величинами задачі є :

- інтенсивність прибуття ТЗ на перехрестя по центру, задана у стохастичній формі;
- інтенсивність прибуття ТЗ справа, задана у нечіткій формі.

Вихідним параметром є час, протягом якого повинне горіти зелене світло для однієї із сторін.

Результати

Для **розв'язання задачі** за допомогою *теорії статистичних рішень* вхідні данні представляються у вигляді законів розподілу ймовірностей, які характеризують ймовірність появи певного числа ТЗ на перехресті за одиницю часу, тобто інтенсивність вхідного потоку.

Нехай N – число ТЗ, які прибули на перехрестя справа, а M – кількість ТЗ, що очікують на проїзд по центру. В обох випадках потоки ТЗ описуються законом розподілу Пуассона [6], тому що саме цей розподіл найчастіше зустрічається на практиці в подібних ситуаціях. Кількість ТЗ справа і в центрі є незалежними величинами.

Для прийняття рішень використаємо критерій Байеса, який можна записати у вигляді:

$$R(E) = \iint g(E, N, M) \cdot P(N, MQ) dN dM, \quad (1)$$

де $R(E)$ – середній ризик від прийняття рішення E ; $P(N, M)$ – ймовірність спільної появи конкретних значень величин N і M ; $g(E, N, M)$ – функція втрат, яка характеризує втрати від прийняття рішення E при заданих значеннях N і M .

Функція втрат враховує час простою ТЗ на перехресті, а також швидкість проїзду перехрестя.

Будемо вважати, що для проїзду перехрестя одному ТЗ потрібна одна секунда. Виходячи з цього, функція втрат має такий вигляд:

$$g = \frac{N}{E} \cdot \left(\frac{T-E}{E} \right) \cdot b + \frac{M}{T-E} \cdot \left(\frac{E}{T-E} \right) \cdot b, \quad (2)$$

де b – коефіцієнт пропорційності;

T – інтервал регулювання.

Рішення вважається оптимальним, якщо йому відповідає мінімальний ризик.

З точки зору *теорії масового обслуговування* перехрестя являє собою одноканальну систему масового обслуговування без відмов. Довжина черги є необмеженою. Вважаємо, що потоки є пуассонівськими, з середніми інтенсивностями λ_1, λ_2 .

Позначимо через T часовий інтервал регулювання. Тоді

$$t_1 + t_2 = T, \quad (3)$$

де t_1 – час, протягом якого горить зелене світло для одного потоку.

t_2 – час, протягом якого горить зелене світло для іншого потоку.

Величину інтервалу t_1 і t_2 можна визначити таким чином:

$$t_1 = \alpha \cdot T, \quad t_2 = (1 - \alpha) \cdot T, \quad (4)$$

де $\alpha \in (0; 1)$ – коефіцієнт поділу інтервалу.

Важливою характеристикою СМО є інтенсивність обслуговування μ , яка характеризує кількість обслужених заявок за одиницю часу. Якщо задати середній час обслуговування однієї заявки (час проїзду перехрестя транспортним засобом) Δt , то можна визначити інтенсивність обслуговування для кожного з потоків.

$$\mu_1 = \frac{t_1}{\Delta t} = \frac{\alpha \cdot T}{\Delta t}, \quad \mu_2 = \frac{t_2}{\Delta t} = \frac{(1 - \alpha) \cdot T}{\Delta t}, \quad (5)$$

Знаючи інтенсивності вхідних потоків та інтенсивності обслуговування визначимо загальні втрати як суму втрат кожного потоку. Втрати одного потоку дорівнюють добутку середнього часу очікування однієї заявки і середньої кількості заявок у черзі цього потоку. Таким чином загальні втрати обчислимо за формулою:

$$G = \frac{\rho_1^3}{\mu_1 \cdot (1 - \rho_1)^2} + \frac{\rho_2^3}{\mu_2 \cdot (1 - \rho_2)^2}, \quad (6)$$

де $\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1}$, $\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2}$ – інтенсивності завантаження системи від кожного потоку.

Таким чином, задача знаходження оптимального режиму регулювання перехрестя зводиться до мінімізації загальних втрат по α .

При використанні *нечіткої логіки* вхідні дані представляються у вигляді лінгвістичних змінних, кожній з яких відповідає кілька термів.

Вхідні лінгвістичні змінні приймають такі значення:

▪ “інтенсивність прибуття ТЗ, справа”

A = {“дуже мала”, “мала”, “середня”, “велика”, “дуже велика”};

▪ “інтенсивність прибуття ТЗ по центру”

Q = {“дуже мала”, “мала”, “середня”, “велика”, “дуже велика”};

Вихідний параметр “час до відключення зеленого сигналу світлофора” приймає такі значення

E = {“дуже малий”, “малий”, “середній”, “великий”, “дуже великий”}

Функції належностей вхідних величин мають форму, яка відповідає закону розподілу ймовірностей Пуассона. Функції належностей вихідної змінної мають форму, яка відповідає нормальному закону розподілу ймовірностей.

Вхідні величини змінюються в таких діапазонах:

- “інтенсивність прибуття ТЗ справа” [0; 10];
- “інтенсивність прибуття ТЗ по центру [0; 10];
- “Час до відключення зеленого сигналу світлофора” [0;10].

Нечіткий логічний висновок здійснюється за допомогою нечіткої бази знань, яка складається із сукупності правил виду “якщо–то”.

Дефазифікація нечіткої множини здійснюється методом центра тяжіння.

Результати тестування моделей наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Метод	Інтенсивності потоків			
	$\lambda_1 = 0,$	$\lambda_1 = 7,$	$\lambda_1 = 6,$	$\lambda_1 = 3,$
	$\lambda_2 = 7$	$\lambda_2 = 0$	$\lambda_2 = 6$	$\lambda_2 = 7$
ТМО	0,1Т	0,9Т	0,5Т	0,4 Т
ТСР	0,1Т	0,9Т	0,5Т	0,4Т
Нечітка логіка	0,101Т	0,87Т	0,5Т	0,292Т

Де T – інтервал регулювання.

Тестування моделей показало, що при однаковій інтенсивності з двох сторін усі методи дають однаковий результат. При різних початкових даних збігаються результати теорії статистичних розв'язків і масового обслуговування. Результат, отриманий за допомогою нечіткої логіки, відрізняється від решти. Слід зазначити, що теорія статистичних розв'язків не накладає обмежень на вигляд законів розподілу вхідних величин, а тому є більш універсальною, ніж теорія масового обслуговування.

Враховуючи проведені дослідження, пропонується метод прийняття рішень на основі представлення нечітких і стохастичних даних у вигляді узагальнювальних функцій (УФ) [1] і застосування алгоритму, аналогічного теорії статистичних розв'язків. Формальна система узагальнюючих функцій G складається з правил утворення формул, правил переходу від формальних систем чітких чисел R , випадкових величин P , нечітких чисел A до системи узагальнювальних функцій G і назад, системи аксіом та правил виведення. Для стохастичного даного УФ збігається за властивостями з щільністю розподілу ймовірностей. Для нечіткого даного УФ визначається нормованою за площею функцією належності.

При врахуванні стохастичної і нечіткої невизначеності формула (1) записується за допомогою узагальнюючих функцій наступним чином:

$$R(E) = \iint g(E, N, M) \cdot \frac{\beta(M/N)\beta(N)}{\int \beta(M/N)\beta(N)dN} dN dM \quad (7)$$

де $\beta(M/N)$, $\beta(N)$ – узагальнювальні функції.

В розподіленій системі загальний ризик є сумою ризиків у всіх точках керування

$$R(E) = \sum_i R(E_i).$$

Значення ризиків в окремих точках є залежними. Для підрахунку загального ризику введемо поняття “сусідньої точки”. Дві точки будемо вважати сусідніми, якщо інтервал керування T системою більший за час τ передавання впливу між цими точками. При керуванні транспортними потоками точками керування є перехрестя, час передавання впливу між сусідніми перехрестями дорівнює часу руху транспорту між цими перехрестями. Якщо обрати інтервал керування так, щоб у кожному напрямку від точки X_0 сусідньою була лише одна точка (для чотиристороннього перехрестя це всього чотири точки X_1 - X_4 , то УФ у виразі (7) можуть бути знайдені за допомогою рівняння лінійного прогнозу на інтервал τ

$$m_{N0/1} = m_{N0} + r_{01}(\tau) \sqrt{\frac{D_0}{D_1}} [N_1(t - \tau) + M_1(t - \tau) - m_{N1+M1}].$$

Висновки

Проведений аналіз методів прийняття рішень в умовах невизначеності показав, що для задач керування розподіленими системами перспективними є методи, що ґрунтуються на теорії статистичних рішень. Запропоновано методику прийняття рішень в умовах комбінованої невизначеності, яка дозволяє використовувати нечіткі і стохастичні дані і може використовуватись для розв'язання практичних задач керування розподіленими системами. Методика враховує взаємний вплив процесів у сусідніх точках розподіленої системи.

Список літератури

1. Дубовой В. М., Глонь О. В. Использование обобщенной вычислительной модели в интеллектуальных системах управления // Вісник Технологічного університету Поділля – 2002. – №3. – Т.1(41). – С.122–125
2. Мелихов А. Н., Берштейн Л. С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990 – 272с.
3. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука. – 1986. –312с.
4. Репин В. Г., Тартаковский Г. П. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем. М.: Советское радио, 1977, 432с.
5. Савчук В.П. Байесовские методы статистического оценивания.– М.: Радио и связь, 1989.
6. Таха Х. Введение в исследование операций: В 2-х книгах, Кн. 2: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 496с.
7. С.Р. Pappis and E.H. Mamdani “A fuzzy logic controller for traffic junction”. – IEEE Trans. On Systems, Man and Cybernetics Vol. SMC-7, No 10, Oct 1977, pp. 707–717

Дубовой Володимир Михайлович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри КСУ, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна, тел.: (0432) 44-01-57.

Ковалюк Олег Олександрович, студент, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна, тел.: (0432) 32-04-61.