

УДК 681.586

Чистоклєтов Є.П.

студент

Манко Г.І.

*к.т.н., доц. кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та метрології
ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»*

*м. Дніпро, Україна
bsoft@a-teleport.com*

ВИКОРИСТАННЯ ПОНЯТТЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В ЗАДАЧАХ АНАЛІЗУ І СИНТЕЗУ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Інформаційна невизначеність являється найважливішим елементом проблеми створення системи управління і синтезу законів управління, що слід враховувати в усіх етапах аналізу складних систем. Управління в умовах інформаційної невизначеності займає важливе місце в загальній проблемі управління. Успішне вирішення завдань управління неможливо без застосування спеціальних методів, інформаційних та інтелектуальних технологій. Ускладнює вирішення проблеми різні трактування поняття «невизначеність».

Класифікація невизначеностей в задачах моделювання і управління складними слабоформалізованими системами розглянуто в [1]. У роботі виділена багатокомпонентна слабоформалізована технічна система (МС). Це складна ієрархічна система, функціонуюча в умовах невизначеності вихідних даних, неузгодженості локальних цілей і порушення внутрішньої організації через знов виникаючих властивостей, в процесі досягнення глобальної мети. Був наведений класифікаційний поділ різних видів невизначеностей, таких як:

- епістемологічна (повна або часткова відсутність знань про систему);
- моделі (неможливість отримання істинної моделі реальної багатокомпонентної слабоформалізованої технічної системи);
- параметрична (повна або часткова відсутність знань про справжнє значення параметрів системи);
- випадкова (імовірнісний характер поведінки системи, зовнішніх впливів, а також зміни параметрів).

Такі види невизначеностей притаманні складним слабоформалізованим системам на двох етапах життєвого циклу – проектування і функціонування.

У роботі [2] акцентовано увагу на неімовірнісних моделях невизначеності, обумовленої неточністю і нечіткістю інформації в задачах оцінки і життєздатності проекту. Під життєздатності проекту розуміється наявність

необхідних ресурсів для здійснення та умов для реалізації проекту. Для розробки проектів великомасштабних систем вимагає класифікації та аналізу НЕ-факторів, які породжують невизначеність при концептуальному проектуванні та в задачах оцінки реалістичності проектів. При подоланні труднощів, викликаними НЕ-факторами, застосовуються метод багатокритеріального прийняття рішень – метод аналізу ієрархій (МАІ), який модифікується і знаходить широке використання в різних предметних сферах.

Методи врахування невизначеності експертних знань – розглядаються в роботі [3]. В даній дисертації термін «експертні знання» розуміється як отримувані від експерта оцінки і закономірності, описуючі значення аналізованих числових величин і зв'язки між ними. Проблема формалізації експертних знань являється однією з головних задач штучного інтелекту, і тому є необхідність розвитку методів врахування невизначеності експертних знань та їх формалізованого представлення, розробка процедур та алгоритмів, використовуючи формалізовані експертні оцінки при розрахунку результируючих показників в моделях аналізованих проблем.

У статті [4] проведено аналіз досліджень по виявленню та представленню видів «невизначеності» і «невпевненості» при оцінці ризику показав неадекватність багатьох досліджень, проведених різними авторами. Запропоновано класифікацію видів невизначеності та непевненості при оцінці ризику, яка є хорошим інструментом для об'єктивного розуміння концепцій понять «невизначеність» і «невпевненість» і діагностики їх наявності при оцінці ризику інтегрованої системи управління, а, отже, прийняття рішення для їх подолання з метою отримання щодо точного значення ризику. Відображений процес оцінки ризику в умовах невизначеності і непевненості, яка конкретно показує, на яких етапах оцінки ризику, можливо, виникає невизначеність і непевненість. Запропоновано рекомендації щодо методів подолання проблем невизначеності та непевненості, які можна використовувати індивідуально або комбіновано з іншими методами оцінки ризику при розробці і впровадженні інтегрованої системи управління.

Аналіз наукових публікацій показує, що дослідниками найчастіше виділяються наступні види математичного апарату опису моделі невизначеності [2]:

- класична статистика (стохастична модель);
- інтервальний аналіз (інтервальна модель);
- нечіткі множини («розмита» модель).

Хронологічно першим почав застосовуватися стохастичний або індетерміністський підхід. Найбільш детально використання ймовірностатистичних методів викладено в книзі [5].

Проте на сьогоднішній день спостерігається тенденція відмови від стохастичних моделей на користь детермінованих. Згідно [6], стохастичний підхід відкриває широкі можливості для свавілля. Нині стохастичний підхід використовується здебільшого в задачах управління економічними системами.

Один з якнайповніше пропрацьованих підходів до рішення задачі синтезу робастних систем управління є використання поняття систем з параметричною інтервальною невизначеністю або інтервальних систем (ІС). Аналіз і синтез ІС виконується шляхом дослідження поведінки системи при різних комбінаціях граничних значень параметрів. Як приклад можна навести задачу синтезу регуляторів в умовах інтервальної невизначеності [7].

Недоліком інтервальних методів є те, що вони не гарантують робастної стійкості і оптимальної якості управління.

Останнім часом інтенсивно розвивається підхід з використанням нечітких множин. Нечіткі множини використовуються тоді, коли отримати точний математичний опис системи неможливо або занадто складно. В цьому випадку замість математично описаних змінних використовуються лінгвістичні змінні, а поведінка системи закони управління описуються не рівняннями, а набором (базою) правил, використовуваних для нечіткого логічного висновку.

При такому підході замість імовірнісних розподілів параметрів функцій, що є об'єктивними характеристиками, використовуються нечіткі розподіли, що отримуються експертним шляхом, тобто суб'єктивно [8].

Кожен з використовуваних підходів має свої достоїнства і недоліки. При цьому відсутня можливість об'єктивного порівняння результатів використання того або іншого підходів.

Така можливість з'являється при використанні інформаційного підходу до оцінки невизначеності. Як відомо, кількість інформації, є міра зниження невизначеності знань про досліджуваний об'єкт. Додаткові можливості надає властивість адитивності інформації, що спрощує отримання інформаційних характеристик у випадках, коли джерела інформації є статистично незалежними.

Завдання управління в умовах невизначеності обумовлені різними факторами. Наприклад, результати досліджень можуть містити потрібну інформацію, але мати великий обсяг або високу складність, що ускладнює її сприйняття. Експеримент може містити корисну і непотрібну інформацію, а іноді навіть дезінформацію.

У сучасній метрології широко використовується концепція невизначеності для характеристики розсіву значень, які могли бути обґрунтовано приписані вимірюваній величині [9]. У роботі [10] була показана доцільність використання інформаційного підходу до оцінки невизначеності з використанням поняття корисної інформації Бонгарда [11]. По Бонгарду, невизначеність задачі з розподілом імовірності $P=\{p_j\}$ для спостерігача, що виходить з гіпотези, що має місце розподіл $Q=\{q_j\}$, оцінюється вираженням:

$$N(p/q) = -\sum_j p_j \log q_j. \quad (1)$$

Всяке повідомлення, що змінює значення невизначеності від N_1 до N_2 , несе кількість корисної інформації $I_k = N_1 - N_2$. Корисна інформація може мати як позитивне, так і негативне значення.

Априорну невизначеність досліджуваної системи, що характеризується розподілом P , можна оцінити інформаційною ентропією

$$H = -\sum_j p_j \log q_j = N(p / p). \quad (2)$$

Математична модель системи внаслідок неминучих неточностей замість реального розподілу P дає гіпотетичний розподіл Q . Тому слід говорити про дезінформацію, що вноситься моделлю:

$$D = N(p / q) - H = \sum_j p_j \log \frac{p_j}{q_j}. \quad (3)$$

Ця величина являє собою інформаційну невизначеність системи.

Очевидно, найбільша дезінформація має місце при $H = 0$. Розділивши інформаційну невизначеність (3) на її максимально можливе значення, отримаємо відносну інформаційну невизначеність:

$$\eta = \frac{D}{D_{\max}} = \frac{-\sum_j p_j \log \frac{p_j}{q_j}}{\sum_j p_j \log q_j} = 1 - \frac{\sum_j p_j \log p_j}{\sum_j p_j \log q_j}. \quad (4)$$

Для систем автоматичного регулювання відносна інформаційна невизначеність може виступати функціоналом якості управління і використовуватися для вирішення задач оптимального управління. Для регулювання зазвичай використовується ПІД-регулятор з передатною функцією

$$W_p(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + \frac{K_d s}{T_f s + 1}, \quad (5)$$

де K_p , K_i і K_d – коефіцієнти передачі пропорційної, інтегральної і диференціальної складових відповідно; T_f – постійна часу фільтру диференціальної складової. Величиною T_f зазвичай задаються з умови $(0,05 \div 0,5) K_d / K_p$.

Завдання синтезу САР тепер можемо сформулювати таким чином: виконати пошук мінімуму відносної інформаційної невизначеності (4) в просторі параметрів K_p , K_i і K_d .

Список літератури:

1. Щербатов, И.А. Неопределенность в задачах моделирования и управления сложными слабоформализуемыми системами / И.А. Щербатов // Вестник НГУЭУ. – 2014. – № 3. – С. 306–321.
2. Колоденкова, А.Е. Стохастическая парадигма учета неопределенности в задачах оценки жизнеспособности проекта / А.Е. Колоденкова // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: тр. XV Междунар. конф. – Самара : СамНЦ РАН, 2013. – С. 433–438.
3. Чугунов Н.В. Методы учета неопределенности экспертных знаний : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01. – Москва, 2006. – 153 с.
4. Заде, Мортеза Раджаб. Анализ неопределенности и неуверенности при оценки риска по разработке и внедрению интегрированных систем управления /

Мортеза Раджаб Заде, В.А. Залого, Н.В. Сущенко // Праці Одеського політехнічного університету. – 2015. – Вип. 1. – С. 181–189.

5. Uncertainty Quantification and Stochastic Modeling with MATLAB / Eduardo Souza de Cursi and Rubens Sampaio. – London : ISTE Press, 2015. – 456 p.

6. Алимов, Ю.И. Альтернатива методу математической статистики. / Ю.И. Алимов. – М. : Знание, 1980. – 63 с.

7. Кибардин, В.В. О.Д. Синтез регуляторов в условиях интервальной неопределенности / В.В. Кибардин, О.А. Ковалева // Вестник КрасГАУ. Технические науки. – 2017. – № 8. – С. 39–48.

8. Левин, В.И. Оптимизация систем в условиях интервальной неопределенности методом детерминизации / В.И. Левин // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 : труды совещания. – Москва, 2014. – С. 2313–2319.

9. РМГ 43-2001. Рекомендации по межгосударственной стандартизации, ГСИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений». – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 19 с.

10. Манко, Г.И. Использование информационных характеристик для оценки неопределенности измерений / Г.И. Манко, Н.С. Шевчук // Системы обработки информации. – Х. : ХУПС, 2008. – Вип. 8 (73). – С. 82–84.

11. Бонгард, М.М. Проблемы узнавания [Текст] / М.М. Бонгард. – М. : Наука, 1967. – 320 с.