

The use of fuzzy sets to solve the problems of automated operational control of complex systems

Kokoshko V.S.

Odessa, Ukraine, e-mail: kokoshko@i.ua

Piadyshch V.G.

Odessa State University of Internal Affairs, Odessa, Ukraine

e-mail: piadyshch@ukr.net

Baltovski A.A.

Odessa State University of Internal Affairs, Odessa, Ukraine

e-mail: Alexey.Baltovsky@oduvs.edu.ua

Abstract. This article discusses the basic approaches to the fuzzy set system for solving the problems of automated operational control of complex systems. An approach to improve the quality and efficiency of existing and designed systems for automated control of complex systems by further developing methods of synthesis, optimization and modeling based on fuzzy logic, which provide the necessary indicators of the quality of operational management under arbitrary input influences.

Methodological foundations of automated operational control of complex systems based on the use of fuzzy sets have been proposed.

Keywords: Fuzzy sets, operational control, complex systems, uncertainty, models, objects.

Постановка проблеми. Для оперативного автоматизованого оперативного управління складними системами характерним є прийняття рішень в умовах суттєвої невизначеності, пов'язаної з невизначеністю властивостей об'єкта управління і впливу зовнішнього середовища. У той же час, отримання раціональних управлінських рішень з використанням класичних аналітичних моделей є неможливим в силу складності і невизначеності деяких властивостей об'єкта управління складною системою. Звідси впливає актуальність розробки моделей і алгоритмів, які забезпечують можливість організації регулярного і своєчасного надання інформації про хід діяльності органам управління, синтез раціональних управлінських рішень та оцінку можливих наслідків прийняття цих рішень.

Нечітке безліч - узагальнення класичного поняття безлічі з функцією приналежності елементів безлічі, значення якої знаходяться в закритому інтервалі $[0, 1]$.

Метою статті є підвищення показників якості та ефективності функціонування існуючих і проєктованих систем автоматизованого управління складними системами за рахунок подальшого розвитку методів синтезу, оптимізації та моделювання на основі нечіткої логіки, які забезпечують необхідні показники якості оперативного управління при довільних вхідних впливах.

Аналіз публікацій. При здійсненні управління на основі теорії множин [1] створюються моделі дії оператора, за допомогою висловлювань типу "якщо ..., тоді ...", використовуючи слова, які є нечіткими. Замість того щоб вибудовувати ланцюг числових значень, людина проводить нечіткі межі типу "малий" "середній" і ін. Завдяки використанню нечітких слів можна легко уявити випадки з неповними даними.

Приймаючи рішення людина, легко опановує ситуацію, розподіляючи її на події, знаходить рішення в складних ситуаціях шляхом застосування, для подій, відповідних правил прийняття рішення.

На підставі попереднього досвіду наділяє об'єкт відповідними ознаками, що відрізняють його і приходить до спільного рішення. Рішення приймається не на підставі уніфікованих вартісних критеріїв, а з використанням великої кількості критеріїв вартості які часто суперечать один одному. У разі неточної інформації можлива допомога в ухваленні рішення з використанням висновків. При управлінні на базисі нечіткої логіки вводяться аналогічні методи прийняття рішень, в формі розподілених за окремими станами і метою правил управління і нечітких висновків.

Переваги управління на основі теорії нечітких множин в тому, що нечітка логіка забезпечує вдале представлення способів прийняття рішень людиною і способів моделювання складних об'єктів і процесів засобами природної мови, який формувався протягом сотень років не тільки як засіб спілкування людей, але і як структура, яка відображає об'єктивний світ.

Пізнання світу ґрунтується на мисленні, а мислення, в свою чергу, неможливе без певної знакової системи. Найбільш потужною системою такого роду є природна мова. Вона здатна оперувати зі складними

і багатозначними поняттями, які часто суперечать один одному. Кінцевою, найбільш потужною і головною реалізацією модельного мислення є природна мова [2].

Постановка задачі - розробити методологічні основи автоматизованого оперативного управління складними системами на базі застосування нечітких множин.

Основна частина. Математично нечітка множина визначається як сукупність упорядкованих пар, складених з елементів x універсальної множини U і відповідних ступенів належності $\mu_A(x)$.

$$A = \{(x, \mu_A(x))\}, \forall x \in U$$

Принцип роботи нечіткого управління полягає в реалізації поведінки протилежної поведінки об'єкта управління, що неможливо при підході з позицій детермінізму.

Величиною x , яка має розмірність одиниці, приписується не одне числове значення, а детермінована функція приналежності $\mu_x(u)$ яка є функцією розподілу нечіткості величини x . Функція $\mu_x(u)$ є мірою того, що значення x знаходиться в безпосередній близькості від u .

Це відносне значення шансу для всіх різновеликих величин.

Абсолютне значення величини шансу отримують шляхом нормування, яке може виконуватися різними способами, а саме:

$$- \max \mu_x(u) = 1,$$

- $\mu_x(u_0) = 1$, вибирається опорна точка u_0 , і шляхом ділення на початкову величину $\mu_x(u_0)$, виконують нормування, при якому нова величина $\mu_x(u_0)$ виявляється рівній 1 і нормування площі, як це виконується в теорії ймовірностей.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \mu_x(u) du = 1$$

Якщо, статичний об'єкт управління можна достовірно описати за допомогою функції приналежності (двовірного розподілу нечіткості) $\mu_x(u, x)$ і за результатами експериментів (u_i, x_i) здійснити оцінку функції приналежності $\mu_s(u, x)$, то використавши дану оцінку, опишемо поведінку регулятора:

$$\mu_r(u, x) = \mu_s(u, x).$$

Нечіткий регулятор повинен реалізувати нечітке відношення, протилежне S , тобто за попередньо заданим значенням $x_0 = m$ величини, яка регулюється, знайти значення керуючого впливу u' реалізує необхідне значення t . Здійснити це можна оперуючи сигналом управління u і спостерігаючи відповідні значення величини, яка регулюється.

Для уточнення оцінки використовуються пари "вхід-вихід" (u_i, x_i) , розглядаючи частину відносини S , поблизу (m, u') і виконуючи поступову "заміну" раніше отриманих порівнянь за допомогою множника розподілу s :

1. Здійснивши оцінку $\mu_s^*(u_i, m)$, тобто вибравши u у відповідність з проекцією для m .

2. Вибираючи u_i - проекцію функції приналежності $\mu_s^*(u_i, x_i)$ отримаємо результат x_i , тобто реалізуємо u_i для об'єкта управління.

3. З огляду на, що малі зміни керуючого впливу також призводять до малих змін у величин управління x_s побудуємо елементарну функцію приналежності

$$\mu_{\Delta}(u, x; u_i, x_i)$$

4. Виконується коригування оцінки відносини S при розподілі введенням

$$\mu_s^*(u, x) = s\mu_s^*(u, x) + (1-s)\mu_{\Delta}(u, x; u_i, x_i)$$

Для систем автоматизованого управління важливою є їх динаміка, оскільки поточне значення керованого параметра x , залежить від попередніх значень u_i, u_{i-1} . Об'єкт управління описують функцією приналежності (багатовимірним розподілом нечіткості) виду:

$$\mu_s(u_i, u_{i-1}, u_{i-k}, x_i)$$

Для оцінки функції приналежності використовуються значення в еквідистантні моменти часу в i -му тактовому інтервалу:

$$u_1, u_2, \dots, u_i$$

З цих даних відбираються $i-k+1$ значень, які складаються з k послідовних значень, на підставі яких отримують оцінку наступного значення

$$x_{k-1} = u_i, x_{k-2} = u_{i-1}, \dots, x_1 = u_{i-k+2}, x_k = u_{i+1}$$

Одновимірну функцію приналежності для невизначеного прогнозованого значення u_{i+1} отримують шляхом підстановки $k-1$ вимірних значень в k -мірну функцію приналежності. Рішення щодо значення u_{k+1} приймають відповідно до обраного правилом, наприклад, за максимумом функції приналежності.

Регулятор здійснює протилежне розподіл нечіткості, а саме m - проекцію

$$\mu_s(u_{i+1}; u_i, \dots, u_{i-k+1}; m)$$

За допомогою одновимірної функції приналежності визначається невідоме u_{k+1} та реалізується на вході об'єкта управління.

Уточнення оцінки:

$$\mu_s^*(u_i, u_{i-k+1} \dots, u_{i-k}; x_i)$$

при елементарній функції приналежності і використання множника розподілу здійснюється за допомогою вектора:

$$(u_{i+1}, u_i, \dots, u_{i-k+1}, x_{i+1})$$

Дана процедура періодично повторюється поки вибране значення x_i не стане трохи відрізнитися від значення m , тобто поки не стабілізується оцінка u_i .

У багатьох застосуваннях для зміни керуючого впливу на величину, яка забезпечує задовільний управління об'єктом, досить знайти співвідношення між похибкою і швидкістю зміни похибки процесу. Для чого можна сформулювати прості лінгвістичні правила, засновані на спостереженнях або на простому вивченні ходу процесу. Для опису дії системи управління розробник може використовувати лінгвістичні правила, які формуються природною мовою, наприклад: якщо похибка є позитивною і великий, а швидкість зміни похибки - є негативною і малою, то зміна на вході процесу - позитивне і велике.

Дане правило використовує три змінні: похибка, швидкість зміни похибки і зміна керуючого впливу. Вони задаються фіксованими універсальними множинами, які визначають можливі діапазони зміни величин в системі управління. Ці нечіткі змінні подаються (квантуються) у вигляді нечітких підмножин (термів): від негативною великий (НБ) до позитивною великий (ПБ). Кількість нечітких множин (термів) вибирається в залежності від складності завдання.

Іноді з метою поліпшення характеристик системи, в якості передумов нечіткого асоціативних матричного правила, додають ще якусь змінну, наприклад, величину попереднього значення керуючого впливу, яке призводить до ускладнення системи управління [3-4].

Отже, подання якісної інформації на основі теорії нечітких множин забезпечує можливість обліку в процесі прийняття рішень багатьох факторів, що впливають на організаційне управління, що дозволяє автоматизувати процес управління і суттєво підвищити його точність.

References:

1. Tirano T., Asai K., Sugeno M. (2003) *Prikladnyie nechetkie sistemyi: per. s yapon.* [Applied fuzzy systems: trans. with japan]. M.: Mir, 2003. 368 p. (In Russian)
2. Trostnikov V.N. (2001) *Zagadka Enshteyna (matematika i realnyi mir)* [Einstein's riddle (mathematics and the real world)]. M.: «Znanie», 2001. 48 p. (In Russian)
3. Kong S.G. and B. Kosko. (1992) Adaptive fuzzy systems for backing up a truck and trailer. IEEE Trans. On Neural Networks, 1992. Vol. 3. pp. 211-223. (In English)
4. Yagera R.R. (2006) *Nechetkie mnozhestva i teoriya vozmozhnostey: Poslednie dostizheniya* [Fuzzy sets and theory of possibilities: Recent advances]. M.: Radio i svyaz, 2006. (In Russian)

Использование нечетких множеств для решения задач автоматизированного оперативного управления сложными системами

Кокошко Владимир Семенович, e-mail: kokoshko@i.ua
доктор технических наук, профессор

Пядишев Владимир Георгиевич, e-mail: piadyshev@ukr.net
Одесский государственный университет внутренних дел, Украина

Балтовский Алексей Анатольевич, e-mail: Alexey.Baltovsky@oduv.edu.ua
Одесский государственный университет внутренних дел, Украина

Аннотация: в данной статье рассматриваются основные подходы к системе применения нечетких множеств для решения задач автоматизированного оперативного управления сложными системами. Приводится подход по повышению показателей качества и эффективности функционирования существующих и проектируемых систем автоматизированного управления сложными системами за счет дальнейшего развития методов синтеза, оптимизации и моделирования на основе нечеткой логики, которые обеспечивают необходимые показатели качества оперативного управления при произвольных входных воздействиях. Были предложены методологические основы автоматизированного оперативного управления сложными системами на базе применения нечетких множеств.

Ключевые слова: нечеткие множества, оперативное управление, сложные системы, неопределенность, модели, объекты.