

АЛГОРИТМ ВИКОРИСТАННЯ FUZZY LOGIC В МОДЕЛЯХ УПРАВЛІННЯ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

У реальних умовах, коли виникає завдання формального опису процесу управління достатньо складним процесом, необхідно враховувати кілька зовнішніх факторів (параметрів) і їх значення, які потенційно прагнуть до нескінченності. При цьому реакція системи не обмежується тільки однією керуючою дією. Для автоматизації процесу складання всіх можливих комбінацій лінгвістичних описів змінних на етапі нечітких умовних тверджень і механізму прийняття рішень про використання керуючих впливів при розробці моделей управління і прийняття рішень пропонується використовувати нечіткі логічні моделі.

У роботі розглянуті шляхи побудови алгоритмів перетворення вхідних збурень складних систем у концептуальні співвідношення для автоматизації процесу управління та підтримки прийняття рішень. Співвідношення апарату нечіткої логіки використовується для формалізації, обробки та прийняття рішень щодо використання сигналів управління системою у відповідь на зовнішні збурення. Нечіткі системи управління об'єднують досвід людських експертів (природна мова) з вимірами і математичними моделями. Нечіткі системи перетворюють базу знань в математичне формулювання, яке виявилось доволі ефективною в багатьох додатках. При проектуванні нечіткої системи управління необхідно відповісти на багато питань, зокрема при створенні лінгвістичних моделей для опису функціонування складних систем, зокрема систем радіолокаційного картографування з розпізнаванням об'єктів на місцевості та прийнятті рішення для управління безпілотних систем. Таким чином на етапі складання безлічі нечітких інструкцій (висловлювань), становить інтерес формалізація, наступних процесів, таких як, визначення всіх можливих поєднань термів лінгвістичних змінних та прийняття рішення щодо застосування керуючих впливів, в залежності від зовнішніх факторів.

У процесі формалізації процесу визначення всіх можливих поєднань та термів лінгвістичних змінних необхідно скласти нечіткі інструкції (правила) управління системою чи об'єктом для нечітко-логічних моделей управління та прийняття рішень в процесі розробки моделей функціонування складних систем.

Ключові слова: лінгвістичні моделі, нечіткі множини, теорія управління, вхідні збурення системи, керуючі сигнали.

Вступ та аналіз останніх досліджень. Нечіткі системи стали ефективним підходом до управління складними нелінійними системами [1]. В останні роки проблеми аналізу стійкості, синтезу контролерів і проектування фільтрів для нечітких систем широко використовуються в багатьох практичних додатках. Наприклад, [2] у даній роботі розглядається задача управління відстеженням нечітких дискретизованих даних інтервального типу нелінійних систем з невизначеними параметрами. Керована установка моделюється як нечітка структура Такагі-Сугено [3,4].

Інтервальні нечіткі системи стають все більш популярними в останні 20 років. Вони продемонстрували чудову продуктивність у багатьох областях застосування [5]. Однак робота нечіткої системи більш складна, ніж її аналоги на чіткій логіці. При проектуванні нечіткої системи необхідно відповісти на багато питань, зокрема у створенні лінгвістичних моделях для опису функціонування складних систем, зокрема систем радіолокаційного картографування з розпізнаванням об'єктів на місцевості та прийнятті рішення для управління безпілотних систем [5,6]. Нечіткі системи управління об'єднують інформацію людських експертів (природна мова) з вимірами і математичними моделями. Нечіткі системи перетворюють базу знань в математичну формулювання, яка виявилася дуже ефективною в

багатьох додатках. У [7] описано рішення по управлінню енергоспоживанням на основі адаптивної оптимальної нечіткої логіки для розробки відповідних нечітких правил на добу вперед для адаптивного диспетчеризації енергії в реальному часі при наявності експлуатаційних невизначеностей. Рішення визначає оптимальну систему нечіткого виводу (наприклад, форма функції приналежності і набір правил виводу) на основі передбаченої інформації за певний період за допомогою нового автономного алгоритму метаевристическої оптимізації. У [8] пропонується інтелектуальний підхід до прийняття рішень на основі нечіткої логіки для вибору навігаційної стратегії в схемі розділення внутрішнього руху. Далі аналізуються динамічні характеристики процесу навігації, включаючи вільне плавання, стеження за судном і його обгін. Пропонована модель може бути реалізована в системі підтримки прийняття рішень.

Проблеми прийняття рішень в складних умовах займають особливе місце в інформаційних технологіях. Математичні методи стали широко застосовуватися для опису і аналізу складних технічних, економічних, соціальних та інших систем. Теорія оптимізації створила сукупність методів, що допомагають при використанні машинної обробки ефективно приймати рішення при відомих і фіксованих параметрах. Всі ці методи добре працюють в тому випадку, коли параметри - випадкові величини з відомими законами розподілу.

Однак основні труднощі виникають тоді, коли параметри обстановки прийняття рішення виявляються невизначеними (і не випадковими) при цьому вони сильно впливають на результати прийняття рішення.

При управлінні складними системами різного призначення, фахівці часто стикаються з наявністю в описі системи нечітко заданих параметрів або неточною технологічною інформацією. Виникаючи при цьому порушення рівності, наприклад, балансових співвідношень і т.п. призводять до необхідності варіювати деякими параметрами для точного задоволення заданих рівнянь та отримання прийняттого результату.

У зв'язку з тим, що при побудові формальних моделей найчастіше користуються детермінованими методами, вноситься визначеність в ті ситуації, де її насправді не існує. Неточність завдання тих чи інших параметрів при розрахунках практично не береться до уваги або, з урахуванням певних припущень і припущень, неточні параметри замінюються експертними оцінками або середніми (середньозваженими) значеннями.

Такого роду ситуації можуть виникати як внаслідок недостатньої вивченості об'єктів, так і через участь в управлінні людини або групи осіб. Особливість подібних систем полягає в тому, що значна частина інформації, необхідної для їх математичного опису, існує у формі уявлень або побажань експертів. Але в мові традиційної математики немає об'єктів, за допомогою яких можна було б досить точно відобразити нечіткість уявлень експертів.

Постановка завдання. Таким чином, в роботі вирішується актуальне наукове завдання, щодо розробки нечітко-логічних моделей управління та прийняття рішень.

Основна частина. Таким чином в загальному випадку значення лінгвістичної змінної є складовою терму $t = t_1 t_2 \dots t_n$, який являє собою поєднання елементарних термів $t_1 t_2 \dots t_n$. Ці елементарні терми можна розбити на кілька категорій:

- первинні терми, які є символами нечітких підмножин області міркування (наприклад, високий, низький);
- заперечення неможливо і союзи і, або;
- лінгвістичні невизначеності типу дуже, багато, слабо, більш-менш і т.д., які дають можливість модифікувати значення елементарних і складених термінів і служать для збільшення області значень лінгвістичної змінної;
- маркери, такі як дужки, вступне слово.

Основна проблема, яка виникає у зв'язку з використанням лінгвістичних змінних, полягає в наступному: нехай дано значення кожного елементарного терміна в складеному термі $t = t_1 t_2 \dots t_n$, потрібно обчислити значення t , тобто знайти нечітку множину в X , символом якого

При автоматизації процесу складання всіх можливих поєднань термів лінгвістичних змінних на етапі складання нечітких умовних тверджень і механізму прийняття рішення про застосування керуючих впливів при розробці нечітко-логічних моделей управління та прийняття рішень, пріоритет використання нечітко-логічних моделей в управлінні складними процесами, очевидний.

Нечітка логіка, дозволяє формалізувати прості логічні зв'язки нечітких змінних за допомогою нечітких висловлювань (інструкцій).

Зазвичай ці інструкції, визначаються заздалегідь досвідченою людиною - оператором, а змінні, що описують керований процес, представляються дискретним набором значень. У реальних умовах, коли стоїть завдання формального опису процесу управління досить складним процесом, необхідно враховувати відразу кілька зовнішніх чинників (параметрів) і їх значень, які потенційно прагнуть до нескінченності. При цьому реакція системи, не обмежується тільки одним керуючим впливом.

Таким чином на етапі складання множини нечітких інструкцій (висловлювань), становить інтерес формалізація, наступних процесів:

Визначення всіх можливих поєднань термів лінгвістичних змінних;

Прийняття рішення про застосування керуючих впливів, в залежності від зовнішніх факторів.

В процесі формалізації процесу визначення всіх можливих поєднань термів лінгвістичних змінних необхідно скласти нечіткі інструкції (правила) управління системою чи об'єктом для нечітко-логічних моделей управління та прийняття рішень, для цього треба формалізувати процес визначення всіх можливих поєднань термів лінгвістичних змінних.

Розглянемо найпростіший випадок; коли є три лінгвістичних змінних і сім термів.

Нехай якісні оцінки значень (лінгвістичні значення) параметрів (факторів) A чи терми відповідних лінгвістичних змінних, що описують стан процесу, формалізовані відповідними нечіткими підмножинами множини параметрів U , тобто множиною лінгвістичних змінних $U = \{U_1, U_2, U_3\}$, де кожен елемент даної множини є безліччю термів відповідної лінгвістичної змінної $U_1 = \{A_1^1, A_2^1, A_3^1\}$, $U_2 = \{A_1^2, A_2^2, A_3^2\}$, $U_3 = \{A_1^3, A_2^3, A_3^3\}$. Верхній індекс, визначає приналежність терма до відповідної змінної.

Елементи множин U_1, U_2, U_3 , утворюють безліч термів $U_1 = \{A_1^1, A_2^1, A_3^1, A_1^2, A_2^2, A_3^2, A_1^3, A_2^3, A_3^3\}$.

Тоді можливі поєднання якісних оцінок параметрів (лінгвістичних значень), в рамках теорії нечітких множин, будуть представлені у вигляді наступних логічних виразів:

Якщо $U_1 = A_1^1$ та $U_2 = A_1^2$ та $U_3 = A_1^3$ тоді (керуючий вплив 1) АБО.

Якщо $U_1 = A_1^1$ та $U_2 = A_2^2$ та $U_3 = A_2^3$ тоді (керуючий вплив 2) АБО.

Якщо $U_1 = A_1^1$ та $U_2 = A_2^2$ та $U_3 = A_3^3$ тоді (керуючий вплив 3) АБО.

Якщо $U_1 = A_2^1$ та $U_2 = A_1^2$ та $U_3 = A_1^3$ тоді (керуючий вплив 4) АБО.

Таким чином в загальному випадку:

Якщо $U_1 = A_i^1$ та $U_2 = A_j^2$ та $U_3 = A_k^3$ тоді (керуючий вплив n) АБО

де $i = \overline{1,2,3}$ $j = \overline{1,2,3}$ $k = \overline{1,2,3}$.

Очевидно, що при великій кількості лінгвістичних змінних і їх термів, «ручний» опис всіх можливих поєднань є трудомістким і навіть іноді не здійсненним. Тому, необхідність формалізації даного процесу для його автоматизації, є очевидною.

Аналіз вище наведених виразів показав, що кожне таке умовне твердження задає відношення між лінгвістичними змінними U_1, U_2, U_3 , яке описується декартовим множенням їх термів (якісних значень лінгвістичних змінних) або нечіткими підмножинами множини параметрів U :

$$R_i = A_i^1 \times A_j^2 \times A_k^3. \quad (1)$$

Для зручності подання машинної реалізації виразу (1), доцільно використовувати такий вираз:

$$\sum_{i=1}^3 A_i^1 \cdot \sum_j^3 A_j^2 \cdot \sum_k^3 A_k^3 \quad (2)$$

Отримаємо всі можливі поєднання термів відповідних лінгвістичних змінних, тобто якісних значень факторів в формі нечітких висловлювань. Або в загальному випадку:

$$\sum_{i=1}^k A_i^1 \cdot \dots \cdot \sum_j^l A_j^n \quad (3)$$

є k, l - число термів відповідних лінгвістичних змінних.

Для автоматизації процесу розробки нечітко-логічних моделей управління та прийняття рішень, необхідно формалізувати механізм прийняття рішення про застосування керуючих впливів, в залежності від зовнішніх факторів.

Наведемо ідеальний випадок, при якому досягається рішення вихідної задачі. Припустимо, що ідеальним варіантом вирішення завдання буде деяка множина керуючих впливів $E_i \in E$, де $E_i = \{V_1^i \dots V_n^i\}$, де E -безліч впливів (варіантів рішення). Тоді множині E_i буде відповідати деяка множина факторів, де $U_i = \{A_i^1 \dots A_i^n\}$ - множина зовнішніх чинників. Кожному зовнішньому чиннику поставимо у відповідність керуючий вплив, наприклад, поправку на відповідний фактор. Тоді алгоритм управління будуватиметься з використанням наступного правила:

Якщо $U_1 \dots U_i$, тоді $E_1 \dots E_i$ або Якщо A_i^1 , та ... та A_k^n тоді V_m^1 , та ... та V_p^n .

Для ідеального випадку, будемо вважати, що значення термів множин факторів і дій, що управляють мають нульові значення. Тобто фактори і відповідні їм дії, мають нульові значення.

Тепер визначимо принцип управління системою, згідно з яким буде вибиратися відповідна ступінь зміни вихідних впливів.

Виділимо контрольні значення відхилення чинника від ідеального випадку і поставимо у відповідність можливу ступінь їх зміни в лінгвістичної формі, використовуючи нечіткі, погано певні поняття природної мови, наприклад, як наведено в табл.1.

Згідно таблиці введемо вхідні і вихідні лінгвістичні змінні, які будуть множинами якісних оцінок значень факторів і керуючих параметрів відповідно.

Таблиця 1

Відхилення фактору	Ступінь зміни
велике позитивне	швидко
середнє позитивне	середньо
мале позитивне	повільно
нульове	зупинка
мале негативне	повільно
середнє негативне	середньо
велике негативне	швидко

У нашому випадку це змінні РЕГУЛЮВАННЯ і ВІДХИЛЕННЯ, які будуть містити відповідно терми: швидко, середньо, повільно, зупинка та РВ - велике позитивне, РМ- середнє позитивне, РS -мале позитивне, NO- нульове, NS- мале негативне, NM- середнє негативне, NB - велике негативне.

Найменування і числові значення термів задаються експертом в залежності від конкретного випадку.

Наступним кроком необхідно вибрати відповідний керуючий вплив, який буде вироблятися у залежності від приналежності даних оперативного контролю (отриманих з датчиків, сенсорів і т.д.) до терм вхідних лінгвістичних змінних.

Тобто, визначивши терм вхідної змінної (якісну оцінку значення фактору), в якості керуючого впливу вибирається відповідний йому терм вихідної змінної (наприклад, як наведено в табл.1).

Наприклад, визначається ступінь приналежності числових значень фактору до терм змінної ВІДХИЛЕННЯ = {PB, PM, PS, NO, NS, NM, NB}. Нехай змінна ВІДХИЛЕННЯ може приймати будь-яке значення з діапазону від нуля до нескінченності. Згідно з положеннями теорії нечітких множин, в такому випадку кожному значенню фактора відхилення, із зазначеного діапазону, може бути поставлено у відповідність деяке число від нуля до одиниці, яке визначає ступінь приналежності даного числового значення фактору до того чи іншого терму лінгвістичної змінної ВІДХИЛЕННЯ. Ступінь приналежності визначається так званою функцією приналежності $M(A_k^n)$, де A_k^n - якісне значення n-то фактору.

Далі будуються відповідні функції приналежності і застосовується композиційне правило виводу Заде. Таким чином використовуючи описані вище формальні моделі визначення усіх можливих поєднань чинників і механізму прийняття рішень про застосування керуючих впливів, вирішується питання автоматизації проектування нечітко-логічних моделей управління різними процесами.

Слід зазначити, що формалізований механізм прийняття рішення про застосування відповідних управляючих впливів, дозволяє визначати дії, що управляють на підставі даних, безпосередньо, одержуваних в результаті експерименту. Це робить процес завдання термів і їх числових значень вхідних лінгвістичних змінних не обов'язковим. Дана обставина, може бути використано при розробці та дослідженні відповідної системи.

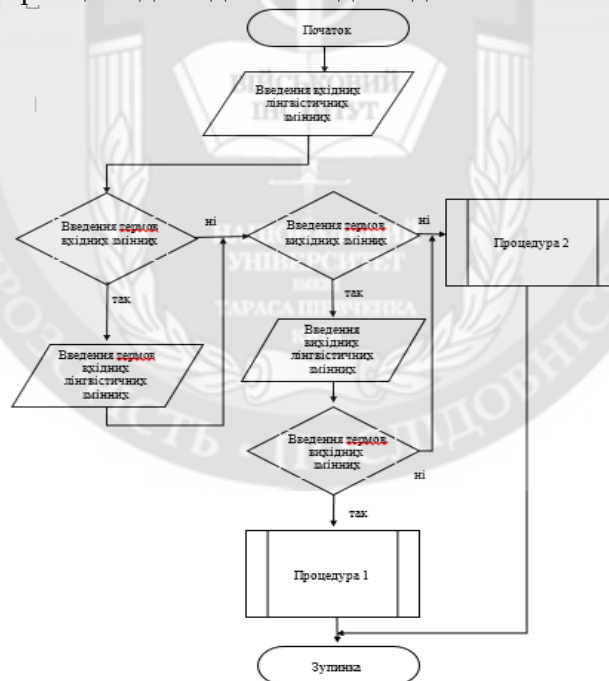


Рисунок 1 – Алгоритм розробки нечітко-логічних моделей управління та прийняття рішень

Таким чином системи управління, розроблені на основі створених за цим принципом моделей, будуть функціонувати відповідно до наведеної схеми нечіткого регулятора, за наступним принципом: показання вимірювальних приладів фаззифікуються (переводяться в нечіткий формат), обробляються відповідно до наведеної моделі прийняття рішень, дефаззифікуються і в вигляді звичних сигналів подаються на виконавчі пристрої. Алгоритм розробки нечітко-логічних моделей управління та прийняття рішень наведено на рис.1.

Висновки. На основі запропонованого принципу нечітко-логічного прийняття рішень і управління різними процесами, системами, об'єктами і побудованої автоматизованої процедури розробки нечітко-логічних моделей управління та прийняття рішень, що були поставлені і вирішені завдання формального опису:

1. Процесу визначення всіх можливих поєднань факторів (термів лінгвістичних змінних);
2. Процесу прийняття рішення.

Формалізація цих процесів необхідна для автоматизації процесу розробки нечітко-логічних моделей управління та прийняття рішень.

Отримані нечітко-логічної моделі управління та прийняття рішень можуть бути широко застосовані промисловості для регулювання і управління різними технологічними процесами при безпосередньому цифровому управлінні з застосуванням машинної обробки або при видачі рекомендацій оператору в режимі діалогу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Контроллинг / А.М. Карминский, С.Г. Фалько, А.А. Жевага, Н.Ю. Иванова; под ред. А.М. Карминского, С.Г. Фалько. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2013.
2. Загонова Н.С., Орлов А.И. Эконометрическая поддержка контроллинга инноваций. Нечеткий выбор // Российское предпринимательство. – 2004. – Том 5. – № 4. – С. 54-57.
3. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: в 3 ч.: Ч.2. Экспертные оценки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 486 с.
4. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика – перспективное направление теоретической и вычислительной математики / А.И. Орлов, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) – Краснодар: КубГАУ, 2013 - №07(091).
5. Л. А. Заде. Нечеткие множества // Нечеткие системы и мягкие вычисления, 10:1 (2015), 7–22; *Information and Control*, 8:3 (1965). – С. 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).
6. Блюмин С.Л., Шуйкова И.А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 138 с.
7. Wei Dong, Qiang Yang, Xinli Fang, Wei Ruan. Adaptive optimal fuzzy logic based energy management in multi-energy microgrid considering operational uncertainties. *Applied Soft Computing*. Available online 5 November 2020, 106882. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106882>
8. BingWu, TingtingCheng, Tsz LeungYip, YangWang. Fuzzy logic based dynamic decision-making system for intelligent navigation strategy within inland traffic separation schemes. *Ocean Engineering*. Volume 197, 1 February 2020, 106909. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106909>
9. Валландер Н. Нечеткие множества. Нечеткая логика. – 2004.
10. Алиев Р.А., Абдикеев Н.М., Шахназаров М.М. Производственные системы с искусственным интеллектом. - М.: Радио и связь, 1990. – 264 с.
11. Алиев Р.А., Мамедова Г.А. Идентификация и оптимальное управление нечеткими динамическими системами // Изв. АН: серия техническая кибернетика. - № 6. - 1993.
12. Kahraman C., Ruan, D., Tolga, E. (2002). Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows. *Information Sciences*. Volume 142, Issues 1–4, May 2002, Pages 57-76. [https://doi.org/10.1016/S0020-0255\(02\)00157-3](https://doi.org/10.1016/S0020-0255(02)00157-3).
13. R.Santhosh, M.Mohanapriya. Generalized fuzzy logic based performance prediction in data mining. *Materials Today: Proceedings* Available online 13 October 2020. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.626>.

REFERENCES:

1. A.M. Karminskii, S.G. Fal'ko, A.A. Zhevaga, N.Iu. Ivanova; pod red. A.M. Karminskogo, S.G. Fal'ko. (2013). *Kontrolling [Controlling]*. М.: ID «FORUM»: INFRA-M.
2. Zagonova N.S., Orlov A.I. (2004). *Ekonometricheskaja podderzhka kontrollinga innovatsii. Nchetkii vybor. [Econometric Support for Innovation Controlling]*. Rossiiskoe predprinimatel'stvo. № 4., pp. 54-57.
3. Orlov A.I. (2011). *Organizatsionno-ekonomicheskoe modelirovanie: v 3 ch.: Ch.2. Ekspertnye otsenki. [Organizational and economic modeling: in 3 hours: Part 2. Expert assessments.]*. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 486 p.

4. Orlov A.I., Lutsenko E.V. (2013). Sistemnaia nechetkaia interval'naia matematika – perspektivnoe napravlenie teoreticheskii i vychislitel'noi matematiki. [System fuzzy interval mathematics is a promising direction in theoretical and computational mathematics]. Politematicheskii setevoi elektronnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyi zhurnal KubGAU). Krasnodar: KubGUA, №07(091).

5. L. A. Zade. (1965). “Nechetkie mnozhestva”, Nechetkie sistemy i miagkie vychisleniia, 10:1 (2015), 7–22; Information and Control, 8:3 pp. 338–353.

6. Bliumin S. L., Shuikova I. A. (2001). Modeli i metody priniatii reshenii v usloviiah neopredelennosti. [Models and methods of decision making under conditions of uncertainty]. Lipetsk: LEGI, 138 p.

7. Wei Dong, Qiang Yang, Xinli Fang, Wei Ruan. Adaptive optimal fuzzy logic based energy management in multi-energy microgrid considering operational uncertainties. Applied Soft Computing. Available online 5 November 2020, 106882. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106882>

8. BingWu, TingtingCheng, Tsz LeungYip, YangWang. Fuzzy logic based dynamic decision-making system for intelligent navigation strategy within inland traffic separation schemes. Ocean Engineering. Volume 197, 1 February 2020, 106909. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106909>

9. Vallander N. (2004). Nechetkie mnozhestva. Nechetkaia logika. [Fuzzy sets. Fuzzy logic].

10. Aliev R.A., Abdikeev N.M., Shahnazarov M.M. Proizvodstvennye sistemy s iskusstvennym intellektom. [Artificial Intelligence Manufacturing Systems]. M.: Radio i sviaz', 1990, 264 p.

11. Aliev R.A. Mamedova G.A. (1993). Identifikatsiia i optimal'noe upravlenie nechetkimi dinamicheskimi sistemami [Identification and optimal control of fuzzy dynamic systems]. Izv. AN: seriia tehniceskai kibernetika. № 6.

12. Kahraman C., Ruan, D., Tolga, E. (2002) “Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows”. Information Sciences. Volume 142, Issues 1–4, May 2002, Pages 57-76. [https://doi.org/10.1016/S0020-0255\(02\)00157-3](https://doi.org/10.1016/S0020-0255(02)00157-3).

13. R. Santhosh, M. Mohanapriya. Generalized fuzzy logic based performance prediction in data mining. Materials Today: Proceedings Available online 13 October 2020. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.626>.

**D.Sc. Druzhynin V., D.Sc. Stepanov M., Ph.D. Zhyrov G., Riaba L.O.
ALGORITHM FOR USING FUZZY LOGIC IN MANAGEMENT AND DECISION-
MAKING MODELS**

In real conditions, when the task of formally describing the control process of a rather complex process arises, it is necessary to take into account several external factors (parameters) and their values, which potentially tend to Infinity. At the same time, the system's response is not limited to just one control action. To automate the process of composing all possible combinations of linguistic descriptions of variables at the stage of fuzzy conditional statements and the decision-making mechanism on the use of control actions in the development of control and decision-making models, it is proposed to use fuzzy logical models.

Ways to construct algorithms for converting input perturbations of complex systems into conceptual relations for automating the control process and supporting decision-making are considered. The fuzzy logic apparatus relation is used to formalize, process, and make decisions about the use of system control signals in response to external disturbances. Fuzzy control systems combine information from human experts (natural language) with measurements and mathematical models. Fuzzy Systems will turn the knowledge base into a mathematical formulation that has proven very effective in many applications. When designing a fuzzy system, many questions need to be answered, in particular in creating linguistic models to describe the functioning of complex systems, in particular radar mapping systems with recognition of objects on the ground and making decisions for controlling unmanned systems. Thus, at the stage of composing a set of fuzzy instructions (statements), it is of interest to formalize the following processes, such as determining all possible combinations of terms of linguistic variables and making a decision on the application of control actions, depending on external factors.

In the process of formalizing the process of determining all possible combinations and terms of linguistic variables, it is necessary to create fuzzy instructions (rules) for managing a system or object for fuzzy-logical control models and decision-making in the process of developing models for the functioning of complex systems.

Keywords: *linguistic models, fuzzy sets, control theory, input perturbations of the system, control signals.*