

В.С. Сторчак, Ю.Г. Ковальов

Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький

## МЕТОД ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАННЯ ДИСПЕТЧЕРІВ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ В ПРОЦЕСІ ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ

*Предметом вивчення статті є аналіз засобів забезпечення підвищення рівня професійної підготовки диспетчерів управління повітряним рухом за рахунок використання тренажерів в процесі професійної підготовки. Метою статті є представлення результатів розробки методу формування інформаційного середовища навчання диспетчерів управління повітряним рухом в процесі тренажерної підготовки для вибору початкових умов відображення елементів повітряної обстановки на основі рівня підготовки і дій диспетчерів управління повітряним рухом. У статті запропоновано метод формування інформаційного середовища навчання диспетчерів управління повітряним рухом в процесі тренажерної підготовки. Даний метод дозволить сформувати початкові умови відображення елементів повітряної обстановки відповідної інформаційної моделі в залежності від значень вхідної інформації. Як висновок – отримав подальший розвиток метод нечіткого логічного висновку за алгоритмом Мамдані для формування початкових умов відображення елементів повітряної обстановки відповідної інформаційної моделі для подальшого її імітаційного моделювання в тренажері. Метод відрізняється від відомих процедурою вибору різних варіантів формування інформаційної моделі на безлічі інформаційних елементів повітряної обстановки залежно від вихідних даних, що надходять на вхід інтелектуальної системи тренажера.*

**Ключові слова:** диспетчер УПР, тренажерна підготовка, тренажер, тренажерна підготовка, інтелектуальна система, інформаційна модель.

### Вступ

Найбільш ефективним засобом професійної підготовки диспетчерів управління повітряним рухом (УПР) є тренажери, що забезпечують штучне відтворення умов і факторів, які мають місце в процесі їх роботи з управління польотами [1].

У зв'язку з цим тренажер повинен забезпечувати ідентичність сприйняття інформації і просторово-часових характеристик керуючих впливів учня на тренажері і на реальному об'єкті, широкий діапазон відтворюваних в тренувальних вправах умов і ситуацій, гнучку перебудову на виконання різних завдань.

Для цього тренажер повинен в повному обсязі відтворювати такі основні етапи діяльності диспетчера УПР при управлінні польотами: 1) виявлення і впізнання об'єкта; 2) ідентифікація об'єкта; 3) прийняття рішення; 4) реалізація рішення; 5) контроль виконання прийнятого рішення [2–3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз етапів діяльності диспетчера УПР показує, що для формування та вдосконалення професійних навичок за допомогою тренажерної підготовки необхідно створити таку інформаційну модель відтворюваних умов, щоб зорве сприйняття і моторна

реакція диспетчера УПР не відрізнялися від таких в реальних умовах [2; 4]. Тому, в структурі тренажера повинна бути створена система, що дозволяє формувати інформаційне середовище, змінювати ситуації, вводити нові або додаткові умови, що ускладнюють управління об'єктом або створюють перешкоди, а також формувати вправи дозовано-прогресуючої складності.

Характер завдань, які виконуються в процесі тренування, індивідуалізований з урахуванням рівня підготовки і спрямований на розвиток навичок диспетчера УПР [5].

Тому актуальним є напрямок досліджень, пов'язаний з розробкою інтелектуальної системи формування інформаційного середовища навчання диспетчерів УПР в процесі тренажерної підготовки, в яку включений модуль модифікації умов на підставі даних фактичного рівня підготовки оператора.

В роботі Неділько В.М. розглядався метод формування інформаційної моделі. Даний метод заснований на прототипах бази знань для системи реального часу, дозволяє реалізувати систему підтримки прийняття рішень, що забезпечує різну ступінь ефективності пропонованої оператору інформаційної моделі в залежності від наявного часу і даних [6].

В роботі [7] розглянуто метод управління інформаційними моделями для підсистеми інформаційного забезпечення в перспективних АСУ складними об'єктами. Запропонований метод заснований на застосуванні ситуаційного управління, з урахуванням вирішуваних завдань управління і властивостей інформаційних елементів.

Однак використання інтелектуальних систем для формування інформаційного середовища навчання диспетчерів УПР в процесі тренажерної підготовки залишається недостатньо дослідженим. Недостатньо розглянуті питання розробки системи, що дозволяє забезпечити модифікацію умов проведення тренувань диспетчерів УПР на тренажері адаптованих до рівня підготовки і дій тих, хто навчається.

Дана система дозволить змінювати ситуації, вводити нові або додаткові умови, що ускладнюють управління об'єктом, а також формувати вправи дозвано-прогресуючої складності.

**Мета статті.** Представлення результатів розробки методу формування інформаційного середовища навчання диспетчерів УПР в процесі тренажерної підготовки для вибору початкових умов відображення елементів ПО на основі рівня підготовки і дій диспетчерів УПР.

## Виклад основного матеріалу

Основні вимоги до тренажерної підготовки диспетчерів УПР зводяться до двох критеріїв: перший – забезпечення знання обладнання, процесів, алгоритмів роботи, нормативів, керівних документів, інструкцій і правил та другий – вироблення професійних навичок та вмій роботи в штатних, позаштатних та аварійних ситуаціях [5].

Найбільш специфічною рисою діяльності диспетчерів УПР в АСУ ПС є те, що диспетчер УПР позбавлений можливості безпосередньо спостерігати за станом керованого об'єкта і елементами повітряної обстановки, і змушений користуватися інформацією, яка надходить до нього по каналах і лініях зв'язку. Таким чином, диспетчер УПР має справу з інформаційною моделлю об'єкта управління і елементами повітряної обстановки.

Тому тренажер повинен забезпечити штучне відтворення умов і факторів в процесі роботи диспетчера УВС при управлінні реальним об'єктом.

Сучасні інформаційні технології дозволяють розробляти інформаційні моделі, які забезпечують повноту і якість імітації реальних процесів. Методичні принципи, покладені в розробку інформаційних моделей, забезпечують їх адаптивність до рівня підготовки і дій тих, хто навчається. В ході проведення тренувань на інтелектуальних тренажних комплексах склад інформації, темп її оновлення і структура представлення інформації відповідають індивідуа-

льному або груповому рівню адаптації та обраному типу стратегії навчання [8].

Це стає можливим завдяки використанню інтелектуальної системи на основі апарату нечіткої логіки [9–10].

В області управління технічними системами нечітке моделювання дозволяє отримувати більш адекватні результати в порівнянні з результатами, які ґрунтуються на використанні традиційних аналітичних моделей і алгоритмів управління.

Розглянемо метод формування інформаційного середовища навчання диспетчерів УПР на основі апарату нечіткої логіки.

Вихідними даними для формування інформаційного середовища навчання є зміст і послідовність виконання вправ відповідно до програми підготовки, рівень підготовки диспетчера УПР, а також набір підготовлених сценаріїв виконання вправ. Ці дані становлять основу блоків “Основні завдання” і “Фактори ситуації”. Запропонована інтелектуальна система (ІС) містить базу знань і підсистему нечіткого виведення. На підставі вихідних даних ІС формує варіант інформаційної моделі та вихідні умови відображення елементів ПО. Вихідні дані з інтелектуальної системи надходять на модуль імітаційного моделювання (блоки моделювання руху ПС, моделювання роботи РЛС, моделювання елементів ПО), де зчитується обраний сценарій вправи, моделюються динаміка руху ПС і радіолокаційна інформація (рис. 1).

Після відпрацювання дій диспетчера УПР на тренажері проводиться контроль його дій. Це дозволить оцінити дії операторів щодо вимог до виконуваних завдань, виявити причини неправильних дій або дій, які можуть бути наслідком недостатнього навчання, визначити ступінь підготовленості до роботи в реальних умовах, а також момент готовності диспетчера УПР до переходу від однієї тренувальної задачі до іншої [5]. Інформація, яка формується ІС, відповідає вихідним змінним, якими є варіанти інформаційної моделі відображення повітряної обстановки. Пропонується використання трьох варіантів інформаційної моделі  $y_1 = \text{“спрощена”}$ ,  $y_2 = \text{“проста”}$ ,  $y_3 = \text{“складна”}$ , які, в свою чергу, представляють безліч початкових умов відображення елементів повітряної обстановки  $y_i = \{d_1, d_2, \dots, d_8\}$ ,  $i = 1, 2, 3$ .

Основними елементами ІС є база знань і підсистема нечіткого виведення. База знань призначена для формального подання емпіричних знань або знань експертів і являє собою кінцеву множину правил нечітких продукцій такого вигляду:

ПРАВИЛО\_1: *IF*  $a_1=A_{1,1}$  *AND*  $a_2=A_{2,1}$  *AND*  $a_3=A_{3,1}$  *AND*  $a_4=A_{4,1}$  *AND*  $a_i=A_{i,1}$  *THEN*  $y=d_1$  *ELSE*

ПРАВИЛО\_2: *IF*  $a_1=A_{1,2}$  *AND*  $a_2=A_{2,2}$  *AND*  $a_3=A_{3,2}$  *AND*  $a_4=A_{4,2}$  *AND*  $a_i=A_{i,2}$  *THEN*  $y=d_2$  *ELSE*

$$\begin{aligned} \text{ПРАВИЛО } n: & \text{ IF } a_1=A_{1,n} \text{ AND } a_2=A_{2,n} \\ & \text{ AND } a_3=A_{3,n} \text{ AND } a_4=A_{4,n} \\ & \text{ AND } a_i=A_{i,n} \text{ THEN } y=d_n \text{ ELSE} \end{aligned} \quad (1)$$

Процес нечіткого виведення являє собою процедуру отримання нечітких висновків на основі нечітких умов і правил з використанням понять нечіткої логіки. Цей процес поєднує в собі всі основні концепції теорії нечітких множин: функції належності, лінгвістичні змінні, нечіткі логічні операції, методи нечіткої імплікації і нечіткої композиції. Відомі процедури нечіткого висновку Мамдані, Такагі-Сугено, Ларсена, Цукамото і ін. [11–13].

Методи логічного висновку мають свої переваги і недоліки. Так нечітка модель Такагі-Сугено має універсальні апроксимуючі властивості, а модель Мамдані дозволяє здійснити лінгвістичний опис предметної області на природній мові. Для вибору інформаційної моделі доцільним є застосування алгоритму логічного висновку, запропонованого Мамдані. Застосування методу логічного висновку за алгоритмом Мамдані дозволить визначити оптимальний варіант відображення елементів повітряної

обстановки в залежності від рівня підготовки диспетчера УПР і оцінки його дій.

Для ілюстрації роботи механізму нечіткого виведення в моделі Мамдані розглянемо систему, яка містить правила виду:

$$\text{IF } a_1=A_{1,1} \text{ AND } a_2=A_{2,1} \text{ THEN } y=d_1 \text{ ELSE,} \quad (2)$$

$$\text{IF } a_1=A_{1,2} \text{ AND } a_2=A_{2,2} \text{ THEN } y=d_2, \quad (3)$$

де  $a_1, a_2$  – входи;

$y$  – вихід;

$A_{1,1}, A_{2,1}, A_{1,2}, A_{2,2}$  – лінгвістичні значення входів;

$d_1, d_2$  – лінгвістичні значення виходів.

Перший індекс при лінгвістичних значеннях входів означає номер входу, другий індекс – номер правила.

Лінгвістичні значення виходу мають один індекс, який є номером правила. Графічна ілюстрація процедури нечіткого висновку Мамдані показана на рис. 2.

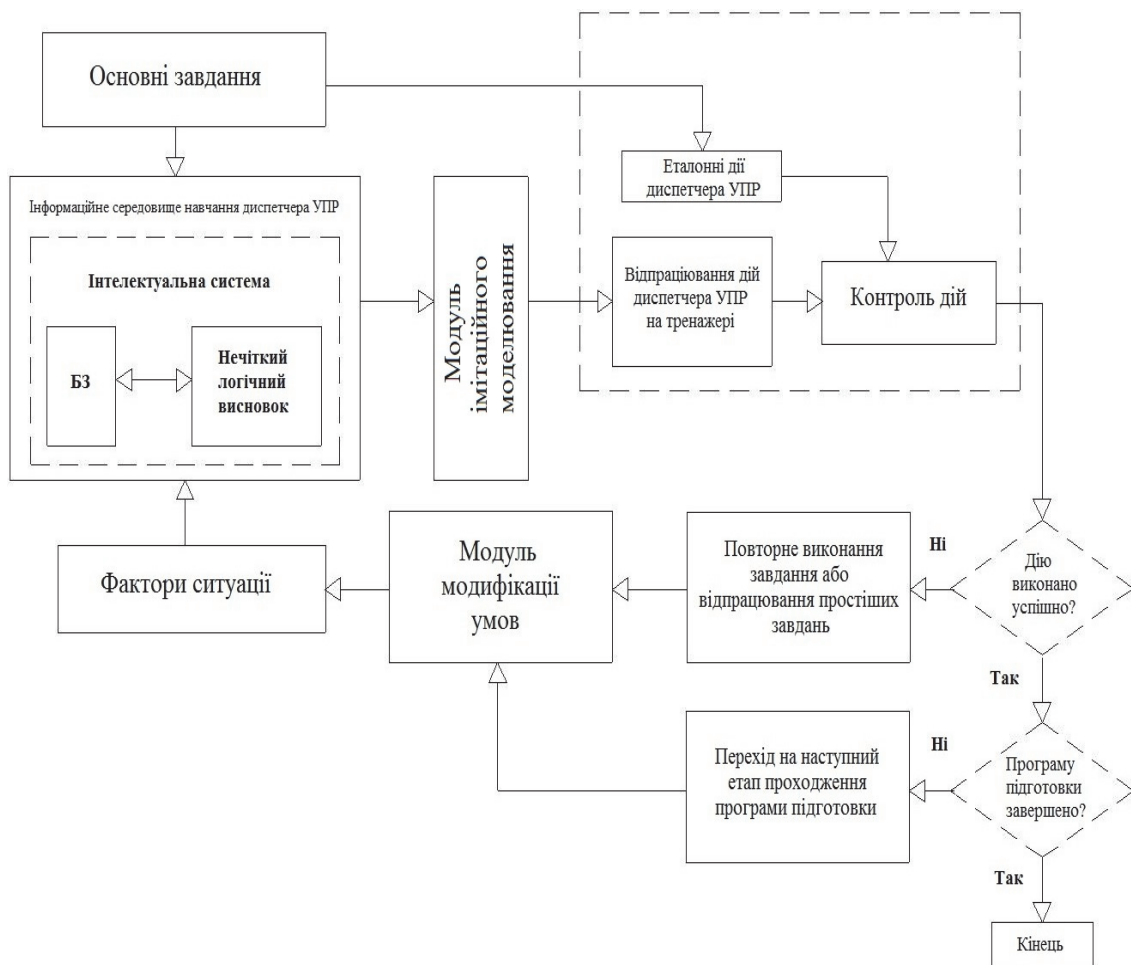


Рис. 1. Структура системи ситуаційного адаптивного формування інформаційного середовища навчання диспетчера УПР в процесі тренажної підготовки

Ступінь виконання правил ( $w_i$ ) обчислюється як:

$$w_i(a_1, \dots, a_{n_x}) = \bigwedge_{j=1}^{n_a} \mu_{i,j}(a_j), \quad i = \overline{1, n_R}, \quad (4)$$

де  $\bigwedge$  – нечітка операція кон'юнкції, відповідна оператору “Г”;

$n_a$  – кількість входів;

$\mu_{i,j}(a_j)$  – функція приналежності на  $j$ -му вході

в антецеденті  $i$ -го правила;

$n_R$  – кількість правил.

За допомогою операції імплікації визначаються ступені виконання правил. Далі обчислюються нечіткі значення консеквента правил (заштриховані області функцій приналежності для  $d_1$  і  $d_2$  (рис. 2)).

Нечітке значення виходу з функцією приналежності  $\mu_{d_{OUT}}(y)$  знаходиться за допомогою операції агрегації (як правило, це операція максимуму):

$$\mu_{d_{OUT}}(y) = \bigvee_{i=1}^{n_R} (w_i(a_1, \dots, a_{n_a}) \wedge \mu_{d_i}(y)), \quad (5)$$

де  $\bigvee$  – операція агрегації, відповідна об'єднанню нечітких правил “ІНАКШЕ”, яке в системі Мамдані еквівалентно диз'юнкції;

$\wedge$  – операція імплікації (в системі Мамдані еквівалентна кон'юнкції);

$\mu_{d_i}(y)$  – функція приналежності консеквента  $i$ -го правила.

Процедура отримання нечіткого значення виходу при використанні максимуму в якості оператора агрегації і мінімуму в якості оператора імплікації називається максмінною композицією.

За результатами обробки відповідно до алгоритму управління даних, що надходять на вхід системи отримано нечіткий висновок  $\mu_{d_{OUT}}(y)$ .

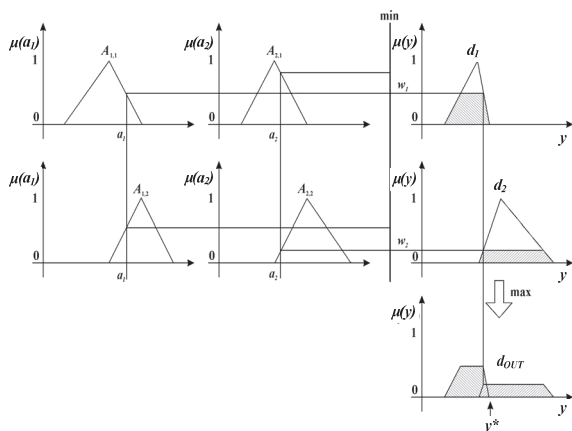


Рис. 2. Нечіткий логічний висновок Мамдані

Операції дефазифікації (6–7) дозволяють знайти відповідне йому точне значення  $y$ .

На етапі дефазифікації нечіткий набір значень виведених лінгвістичних змінних перетворюється до точних значень.

Найбільш часто використовуються методи усередненого максимуму (МУМ) і центру ваги (COA) (рис. 3, а, б).

Візьмемо найбільше точне значення ступеня належності вихідної лінгвістичної змінної  $\mu_{X_{OUT}}(x)$ . Можливо існування декількох елементів області визначення з максимальним значенням ступеня приналежності. У цьому випадку вибирається усереднене значення максимумів (МУМ) (рис. 3 а).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n x_l^{max}, \quad (6)$$

де  $\bar{x}$  – дефазифіційоване точне значення;

$x_l^{max}$  – значення нечіткої множини  $x$ , для якої функції приналежності приймають значення максимуму;

$n$  – кількість функцій належності.

Для обліку перекриваючих областей множини спрацювавших правил використовується метод COA (рис. 3, б). Відповідно, функція приналежності виходу побудована шляхом наведення центру тяжкості виходів кожного з спрацювавших правил за формулою:

$$\bar{x} = \frac{\int_a^b x \cdot \mu_X(x) dx}{\int_a^b \mu_X(x) dx}, \quad (7)$$

де  $\mu_X(x)$  – функція приналежності в діапазоні від  $a$  до  $b$ .

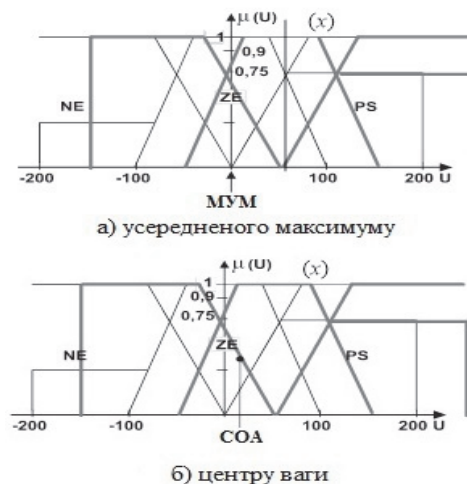


Рис. 3. Графічна ілюстрація методів дефазифікації

Правила бази знань моделей типу Мамдані є прозорими та інтуїтивно зрозумілими, але мають

найгірші апроксимуючі властивості [12; 14]. Проведений аналіз показав, що для моделювання багатомірних залежностей типу “входи-виходи” доцільно застосовувати гетеродинарні системи нечистого логічного виводу. Безпосередній висновок в них здійснюється шляхом передачі результату логічного висновку у вигляді невідомої множини нижчого рівня ієрархії, в машину невідомого висновку наступного рівня без виконання операцій дефазифікації та фазування для проміжних змінних.

В якості вхідних даних для системи нечіткого висновку розглянемо 5 початкових значень параметрів польоту ПС, представлені у вигляді незначних лінгвістичних змін: “азимут”, “дальність”, “курс”, “висота”, “швидкість”, а в якості вихідного параметру – нечітку лінгвістичну змінну “інформаційні елементи повітряної обстановки” (скорочено – “інформаційна модель”).

Для нечіткого моделювання процесу вибору варіанта відображення імітаційних елементів ПО (інформаційної моделі) в роботі використовуємо систему MATLAB, що включає в себе спеціальні засоби нечіткого моделювання та дозволяє виконувати весь комплекс досліджень по розробці та застосуванню нечітких моделей [15].

Для реалізації процесу нечіткого моделювання в середовищі MATLAB призначений спеціальний пакет розширення Fuzzy Logic Toolbox. В рамках цього пакету користувач може виконувати необхідні дії по розробці і використанню нечітких моделей в одному з наступних режимів:

- в інтерактивному режимі за допомогою графічних засобів редагування і візуалізації всіх компонентів систем нечіткого висновку;

- в режимі команд за допомогою введення імен відповідних функцій з необхідними аргументами безпосередньо у вікно команд системи MATLAB.

За допомогою редактора функцій належності задаємо функції приналежності окремих термів лінгвістичних змінних системи нечіткого висновку в графічному режимі.

Визначимо терми і їх функції приналежності для вхідних і вихідних лінгвістичних змінних системи нечіткого висновку. Як терм-множини першої лінгвістичної змінної “азимут” будемо використовувати множину  $a_1 = \{\text{“малий”}, \text{“середній”}, \text{“великий”}, \text{“дуже великий”}\}$ . Як терм-множини другої лінгвістичної змінної “дальність” будемо використовувати множину  $a_2 = \{\text{“мала”}, \text{“велика”}\}$ . Як терм-множини третьої лінгвістичної змінної “курс” будемо використовувати множину  $a_3 = \{\text{“малий”}, \text{“середній”}, \text{“великий”}, \text{“дуже великий”}\}$ .

Як терм-множини четвертої лінгвістичної змінної “висота” будемо використовувати множину  $a_4 = \{\text{“гранично малі”}, \text{“малі”}, \text{“середні”}, \text{“великі”}, \text{“стратосфера”}\}$ . Як терм-множини п'ятої лінгвістич-

ної змінної “швидкість” будемо використовувати множину  $a_5 = \{\text{“дозвукова”}, \text{“мала надзвукова”}, \text{“середня надзвукова”}, \text{“велика надзвукова”}\}$ . як терм-множини вихідної лінгвістичної змінної для спрощеної інформаційної моделі (y1) будемо використовувати множину  $d_i = \{\text{“модель 1”}, \text{“модель 2”}, \text{“модель 3”}, \text{“4”}, \text{“модель 5”}, \text{“модель 6”}, \text{“модель 7”}, \text{“модель 8”}\}$ ,  $i = 1, 8$ .

Результат редактора функцій належності вхідних і вихідних лінгвістичних змінних представлений на рис. 4–5.

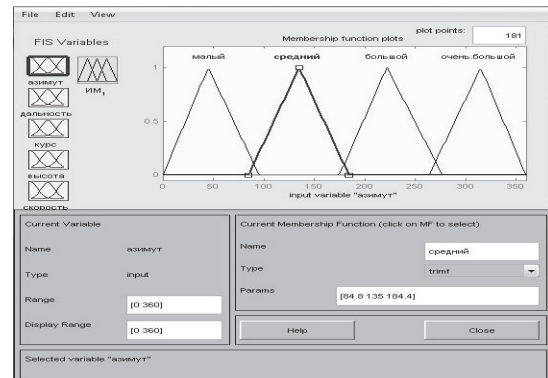


Рис. 4. Сукупність нечітких змінних лінгвістичної змінної “азимут” редактора функцій належності

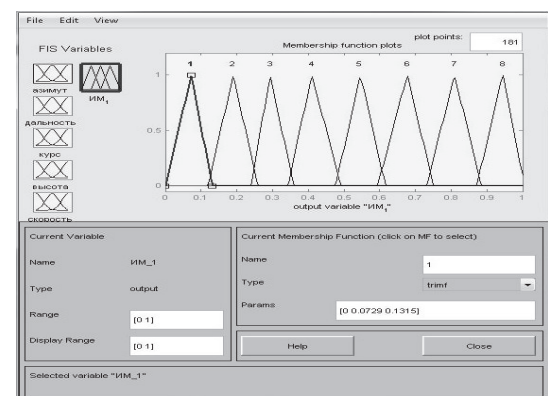


Рис. 5. Сукупність термів і їх функції приналежності для вихідних лінгвістичних змінних системи нечіткого висновку редактора функцій належності

Аналогічним чином формалізуємо терм-множини лінгвістичних змінних “дальність”, “курс”, “висота”, “швидкість”.

З використанням редактора правил системи нечіткого висновку, задамо правила системи нечіткого висновку. При цьому правила задаються за допомогою вибору відповідних значень термів вхідних і вихідних лінгвістичних змінних.

Приклад результату роботи редактора правил системи зображений на рис. 6.

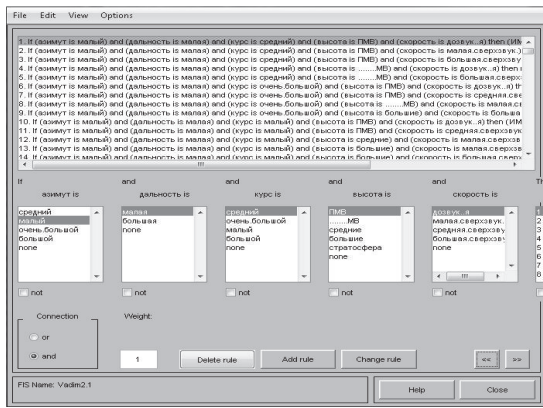


Рис. 6. Набір правил відповідних значень термів вхідних і вихідних лінгвістичних змінних в редакторі правил

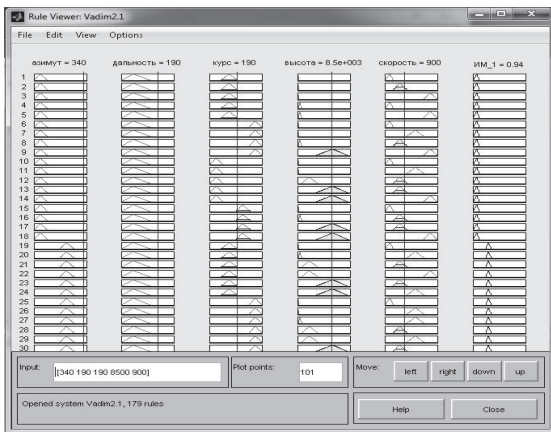


Рис. 7. Процедура нечіткого висновку для значень термів вхідних лінгвістичних змінних [340; 190; 190; 8500; 900]

Програма перегляду правил для розробленої системи нечіткого висновку дозволить оцінити результат нечіткого висновку (значення вихідної лінгвістичної змінної) для конкретних значень вхідних лінгвістичних змінних, а так само вплив кожного з правил на результат нечіткого висновку. Для цього змінюємо значення вхідних змінних і оцінюємо результат нечіткого висновку.

### Список літератури

1. Тренажерные комплексы и тренажеры: технологии разраб. и опыт эксплуатации / В.Е. Шукшунов, В.В. Циблев, С.И. Потоцкий и др. – М.: Машиностроение, 2005. – 383 с.
2. Душков Б.А. Хрестоматия по инженерной психологии / Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, Б.А. Смирнов. – М.: Высшая школа, 1991. – 287 с.
3. Крылов А.А. Эргономика / А.А. Крылов. – Л.: Ленинградский ун-т, 1988. – 184 с.
4. Проблемы современного энергетического тренажёроостроения через призму терминологии / С.И. Магид, И.Ш. Загретдинов, С.В. Мищеряков, Е.Н. Архипова, Л.П. Музыка // Оперативное управление в электроэнергетике. – 2007. – № 1. – С. 35-51.
5. Принципы построения перспективных тренажёрных систем подготовки операторов АСУ динамическими объектами / М.А. Павленко, А.И. Тимочко, Г.С. Степанов, В.Г. Чернов // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2014. – № 1(19). – С. 112-117.
6. Неделько В.Н. Интегрированная уровневая база знаний для систем поддержки принятия решений реального времени / В.Н. Неделько // Искусственный интеллект. – 2003. – № 4 – С. 335-341.

При зміні значень вхідних лінгвістичних змінних система відповідним чином змінює і вихідну лінгвістичну змінну, що підтверджує адекватність роботи розробленої моделі.

Процедура нечіткого виведення для спрощеної інформаційної моделі ( $y_1$ ) для значень термів вхідних лінгвістичних змінних [340; 190; 190; 8500; 900] представлена на рис. 7.

Отримане в результаті дефазифікації значення вихідної змінної вказується у верхній частині стовпчика з ім'ям цієї вихідної змінної (рис. 7).

Аналогічним чином формалізуються термножини лінгвістичних змінних для інших варіантів відображення інформаційної моделі: “простий” ( $y_2$ ), “складної” ( $y_3$ ). Таким чином, процес формування інформаційного середовища навчання диспетчера УПР, з використанням інтелектуальних технологій, дозволить формувати початкові умови відображення елементів ПО відповідної інформаційної моделі в залежності від значень вхідної інформації і з урахуванням особливостей підготовки кожного оператора. Застосування методу логічного висновку за алгоритмом Мамдані дозволить визначити оптимальний варіант відображення елементів повітряної обстановки в залежності від рівня підготовки диспетчера УПР та оцінки його дій в процесі тренажерної підготовки.

### Висновки

Отримав подальший розвиток метод нечіткого логічного висновку за алгоритмом Мамдані для формування початкових умов відображення елементів ПО відповідної інформаційної моделі для адаптивного інформаційного забезпечення процесу тренажерної підготовки.

Метод відрізняється від відомих процедурою вибору різних ситуацій відображення елементів ПО відповідної інформаційної моделі в залежності від вихідних даних для інтелектуальної системи тренажера.

7. Разработка метода адаптивного управления информационными моделями в подсистеме информационного обеспечения процесса принятия решения по управлению сложными динамическими системами / Б.И. Нізієнко, М.А. Павленко, С.Г. Шило, П.Г. Бердник // Системи обробки інформації. – 2004. – № 11(39). – С. 125-140.
8. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В.Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1982. – 400 с.
9. Усков А.А. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики / А.А. Усков, В.В. Круглов. – Смоленск: Смоленская городская типография, 2003. – 177 с.
10. Борисов Б.Б. Разработка метода логического вывода для интеллектуальной системы поддержки принятия решений в штабе объединения ПВО: дисс. ... канд. техн. наук: 20.02.12 / Борисов Борис Борисович. – Х.: ВИРТА ПВО, 1993. – 242 с.
11. Scharf H. A self-organizing algorithm for the control of a robot arm / H. Scharf, N. Mandic, E.H. Mamdani // Int. J. Robotics and Automation. – 1986. – Vol. 1(1). – P. 33-41.
12. Takagi T. Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. – 1985. – Vol. 15(1). – P. 116-132.
13. Аверкин А.Н. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
14. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 716 с.

## References

1. Shuksunov, V.E., Tsibliyev, V.V. and Potocki, S.I. (2005), “*Trenazhernye komplekсы i trenazhery: tekhnologii razrab. i opyt ekspluatacii*” [Training complexes and simulators: technologies developed. and operating experience], Engineering, Moscow, 383 p.
2. Dushkov, B.A., Lomov, B.F. and Smirnov, B.A. (1991), “*Hrestomatiya po inzhenernoj psikhologii*” [Textbook on engineering psychology], High School, Moscow, 287 p.
3. Krylov, A.A. (1988), “*Ergonomika*” [Ergonomics], Leningrad University, Leningrad, 184 p.
4. Magid, S.I., Zagretidinov, I.Sh., Mischeryakov, S.V., Arkhipova, E.N. and Musica, L.P. (2007), “Problemy sovremennogo energeticheskogo trenazhyorostroeniya cherez prizmu terminologii” [Problems of modern energy simulators through the prism of terminology], *Operational Management in the Power Industry*, No. 1, pp. 35-51.
5. Pavlenko, M.A., Timochko, A.I., Stepanov, G.S. and Chernov, V.G. (2014), “Principles of building promising training systems for the training of operators of automated control systems for dynamic objects” [Principles of building promising training systems for the training of operators of automated control systems for dynamic objects], *Modern information technologies in the field of security and defense*, No. 1(19), pp. 112-117.
6. Nedelko, V.N. (2003), “Integrirovannaya urovnevaya baza znaniy dlya sistem podderzhki prinyatiya reshenij real'nogo vremeni” [Integrated Tier Knowledge Base for Real-Time Decision Support Systems], *Artificial Intelligence*, No. 4, pp. 335-341.
7. Niziyenko, B.I., Pavlenko, M.A., Shilo, S.G. and Berdник, P.G. (2004), “Razrabotka metoda adaptivnogo upravleniya informacionnymi modelyami v podsysteme informacionnogo obespecheniya processa prinyatiya resheniya po upravleniyu slozhnymi dinamicheskimi sistemami” [Development of a method for adaptive management of information models in the information support subsystem of the decision-making process for managing complex dynamic systems], *Information Processing Systems*, No. 11(39), pp. 125-140.
8. Wenda, V.F. (1982), “*Inzhenernaya psikhologiya i sintez sistem otobrazheniya informacii*” [Engineering psychology and synthesis of information display systems], Engineering, Moscow, 400 p.
9. Uskov, A.A. and Kruglov, V.V. (2003), “*Intellektual'nye sistemy upravleniya na osnove metodov nechetkoj logiki*” [Intelligent control systems based on fuzzy logic techniques], Smolensk City Printing House, Smolensk, 177 p.
10. Borisov, V.V. (1993), “*Razrabotka metoda logicheskogo vyvoda dlya intellektual'noj sistemy podderzhki prinyatiya reshenij v shtabe obyedineniya PVO*” [Development of a logical conclusion method for an intelligent decision support system at the headquarters of an air defense unit], Kharkiv, 242 p.
11. Scharf, H. Mandic, N. and Mamdani, E.H. (1986), A self-organizing algorithm for the control of a robot arm, *Int. J. Robotics and Automation*, No. 1(1), pp. 33-41.
12. Takagi, T. and Sugeno, M. (1985), Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control, *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, No. 15(1), pp. 116-132.
13. Aeverkin, A.N., Batoryshin, I.Z. and Blizhun, A.F. (1986), “*Nechetkie mnozhestva v modelyah upravleniya i iskusstvennogo intellekta*” [Fuzzy sets in control and artificial intelligence models], Science, Moscow, 312 p.
14. Leonenkov, A.V. (2005), “*Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB u fuzzyTECH*” [Fuzzy simulation in the environment MATLAB u fuzzyTECH], BHV-Petersburg, Saint Petersburg, 716 p.

Надійшла до редколегії 21.02.2019

Схвалена до друку 23.04.2019

**Відомості про авторів:**

**Сторчак Віталій Сергійович**

аспірант Льотної академії  
національного авіаційного університету,  
Кропивницький, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-0381-278X>

**Ковальов Юрій Григорович**

кандидат технічних наук доцент  
Льотної академії національного  
авіаційного університету,  
Кропивницький, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-1729-2033>

**Information about the authors:**

**Vitalii Storchak**

Doctoral Student  
of Flight Academy of the National Aviation University,  
Kropyvnytskyi, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-0381-278X>

**Yurii Kovalov**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Lecturer of Flight Academy  
of the National Aviation University,  
Kropyvnytskyi, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-1729-2033>

**МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ОБУЧЕНИЯ ДИСПЕТЧЕРА УПРАВЛЕНИЯ  
ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ В ПРОЦЕССЕ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ**

В.С. Сторчак, Ю.Г. Ковальов

*Предметом изучения статьи является анализ средств обеспечения повышения уровня профессиональной подготовки диспетчеров управления воздушным движением за счет использования тренажеров в процессе профессиональной подготовки. Целью статьи является представление результатов разработки метода формирования информационной среды обучения диспетчеров управления воздушным движением в процессе тренажерной подготовки для выбора начальных условий отображения элементов воздушной обстановки на основе уровня подготовки и действий диспетчеров управления воздушным движением. В статье предложен метод формирования информационной среды обучения диспетчеров управления воздушным движением в процессе тренажерной подготовки. Данный метод позволит сформировать начальные условия отображения элементов воздушной обстановки соответствующей информационной модели в зависимости от значений входной информации. Как вывод – получил дальнейшее развитие метод нечеткого логического вывода по алгоритму Мамдани для формирования начальных условий отображения элементов воздушной обстановки соответствующей информационной модели для дальнейшего ее имитационного моделирования в тренажере. Метод отличается от известных процедурой выбора различных вариантов формирования информационной модели на множестве информационных элементов воздушной обстановки в зависимости от исходных данных, поступающих на вход интеллектуальной системы тренажера.*

**Ключевые слова:** диспетчер УВД, тренажерная подготовка, тренажер, тренажерная подготовка, интеллектуальная система, информационная модель.

**METHOD OF FORMING SET INDIVIDUAL TEST TASKS FOR ASSESSMENT LEVEL  
OF AIR TRAFFIC CONTROLLER TRAINING DURING SIMULATOR TRAINING**

V. Storchak, Yu. Kovalov

*The subject of study of the article is the analysis of the means to ensure the improvement of the professional level of air traffic controllers through the use of simulators in the process of professional training. The purpose of the article. Presentation of the results of the development of a method of forming an information environment for training air traffic controllers in the process of simulator training for selecting initial conditions for displaying elements of the air situation based on the level of training and actions of air traffic controllers. The article proposes a method of forming an information environment for training air traffic controllers during simulator training. This method will allow to form the initial conditions for displaying the elements of the air situation of the corresponding information model, depending on the values of the input information. As input data for the fuzzy inference system, 5 initial values of the flight parameters of the aircraft were considered, presented in the form of minor linguistic changes: "azimuth", "range", "course", "height", "speed", and as an output parameter - fuzzy linguistic variable "information elements of the air situation". The COA method is used to account for overlapping areas of the set of rules that have been executed. Accordingly, the exit membership function is constructed by targeting the center of gravity of the skin exits from the rules that have been triggered. For fuzzy modeling of the process of choosing the option of displaying simulation elements of the air situation (information model), the MATLAB system is used in the work. Conclusion. The method of fuzzy inference according to the Mamdani algorithm for the formation of initial conditions for mapping elements of the air situation of the corresponding information model for its further simulation simulation in the simulator was further developed. The method differs from the known procedure of selecting various options for the formation of an information model on the set of information elements of the air situation, depending on the input data to the input of the simulator's intellectual system.*

**Keywords:** air training controller, simulator, simulator training, intellectual system, information model.