

О. І. Тимочко, А. В. Самокіш, О. О. Аросланкін

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ВИБІРКИ ДЛЯ НАВЧАННЯ НЕЧІТКОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ПРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ В ЗАДАЧАХ НАВЕДЕННЯ АВІАЦІЇ НА НАЗЕМНІ (МОРСЬКІ) ЦІЛІ

Анотація. В статті розроблено методика формування навчальної вибірки для навчання нечіткої нейронної мережі при автоматизації процесу прийняття рішення в задачах наведення авіації на наземні(морські) цілі. Для навчання нечіткої нейронної мережі необхідно використовувати навчальну вибірку. При підготовці навчальної вибірки для навчання нечіткої нейронної мережі процесу наведення авіації на наземні (морські) цілі існує проблема збору даних. Збір статистики на основі прикладів прийняття рішень в процесі наведення в реальних умовах застосування авіації по наземних (морських) цілях, займає багато часу, не дозволяє зібрати необхідну кількість статистичних даних для формування навчальної вибірки. Тому слід застосовувати імітаційне моделювання. Але складність, динамічність процесу наведення, та невизначеність, що зумовлена характером параметрів, які використовуються при вирішенні задачі наведення, не дозволяють застосовувати імітаційні моделі побудовані на основі традиційних методів. Це зумовлено тим, що навчальна вибірка не враховує невизначеність. Також імітаційні моделі побудовані на основі традиційних методів не враховують досвід та знання передового авіанавідника, тому отримана в результаті моделювання навчальна вибірка, не дозволить побудувати нечіткої нейронної мережі та навчити її відповідно до процесу прийняття рішення передового авіанавідника при наведенні авіації на наземні (морські) цілі. Тому при побудові імітаційної моделі слід застосовувати моделі на основі математичного апарату нечіткої логіки та нечітких множин. В результаті проведеної роботи розроблено методика формування навчальної вибірки для навчання нечіткої нейронної мережі при автоматизації процесу прийняття рішення в задачах наведення авіації на наземні (морські) цілі та побудовано імітаційну модель. Дана модель дозволяє на основі вхідних даних отримувати параметри наведення, що визначаються передовим авіанавідником при вирішенні задачі наведення авіації на наземні (морські) цілі. Застосування даної методики дозволило отримати навчальну вибірку, на основі якої можливе навчання ННМ для отримання інформаційної технології автоматизованої виробки рекомендацій щодо параметрів наведення авіації на наземні (морські) цілі на основі ННМ.

Ключові слова: нечіткі множини, нечіткі нейронні мережі, наведення, авіація, передовий авіанавідник.

Вступ

Постановка проблеми. Досвід застосування ударної та армійської авіації в ході виконання бойових завдань під час збройних конфліктів показує, що ефективне ураження наземних (морських) цілей (Н(М)Ц) досягається при точному наведенні (цілевказанні) передовим авіанавідником (ПАН). Звідси випливає, що ПАН при наведенні авіації на Н(М)Ц повинен добре знати систему бойового управління, маневрені і бойові можливості літаків і вертольотів, правила безпеки польотів при застосуванні озброєння, тактику противника, його бойову техніку і засоби ППО, тактику підрозділів і частин сухопутних військ, а також способи цілевказання і наведення і мати стійкі навички в управлінні літаками і вертольотами. Напружений і наполегливий характер бойових дій вимагає від ПАН ухвалити сміливе грамотне рішення, утримати в своїх руках керівництво екіпажами (групами) в районі об'єкту удару і добитися виконання завдання в будь-якій складній обстановці. Динаміка і швидкоплинність бою обмежують особу, що приймає рішення (ОПР), за часовими параметрами. Фактично, неавтоматизований на даний час процес прийняття рішень ОПР при наведенні авіації на Н(М)Ц зумовлює необхідність розробки відповідних засобів автоматизації та їх математичного і програмного забезпечення.

Формалізація знань на основі нечітких множин та нечіткої логіки є основою побудови моделі прийняття рішень, яка дозволяє враховувати невизначеність при автоматизації процесу наведення авіації.

Але інтелектуальні системи на основі ієрархічних нечітких продукційних моделей потребують налаштування великої кількості параметрів. Тому для формалізації процесу наведення авіації необхідно застосовувати нечіткі системи на основі нечіткої нейронної мережі. Одним із етапів побудови нечіткої нейронної мережі процесу прийняття рішень ПАН в завданнях наведення авіації на Н(М)Ц є її навчання. Для цього застосовуються навчальна вибірка, на основі якої відбувається настроювання нечіткої мережі. Проблема викликана неможливістю збору великої кількості даних для формування навчальної вибірки за результатами реальних спостережень. Звідси випливає необхідність розробки методики формування навчальної вибірки для навчання нечіткої нейронної мережі процесу наведення авіації на Н(М)Ц.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз літератури показує [1-3], що процес наведення авіації на Н(М)Ц є фактично не автоматизованим. Але математично описаний процес прийняття рішень ПАН дозволяє формалізувати розв'язання задачі наведення. В літературі [4-17] представлено процес побудови нечітких нейронних мереж для систем управління та показані алгоритми їх навчання. Але етап формування навчальної вибірки при побудові ННМ фактично не описаний. Запропоновані ж методики, які базуються на побудові матриць відношень або графів стану на основі статистичних даних або результатів імітаційного моделювання, не дозволяють вирішувати завдання формування навчальної вибірки для ННМ процесу прийняття рішень при наведенні авіації на Н(М)Ц.

Метою статті є представлення методики формування навчальної вибірки для навчання ННМ процесу прийняття рішень при наведенні авіації на Н(М)Ц.

Виклад основного матеріалу

Головною перевагою нечітких нейронних мереж є можливість їх навчання та адаптації. Для її побудови необхідно мати повні знання про об'єкт управління. На основі вхідних та заданих (стандон-

них) значень ННМ може навчитися видавати рекомендації з управління об'єктом.

Загальну структуру ННМ процесу прийняття рішень наведено на рис. 1.

Звідси випливає, що для навчання ННМ необхідно знати лише базові залежності та основні величини процесу наведення авіації на Н(М)Ц. ПАН у процесі наведення авіації на Н(М)Ц повинен оцінити бойову обстановку та прийняти рішення про метод наведення.

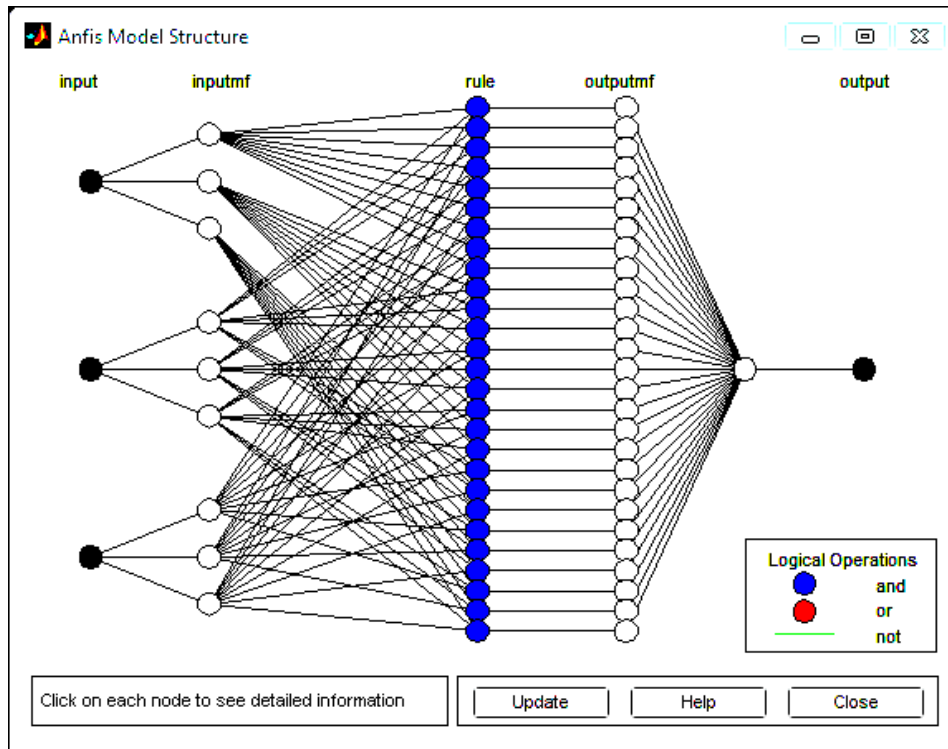


Рис. 1. Нечітка нейронна мережа процесу прийняття рішень при наведенні авіації на наземну(морську)ціль

Суть методів наведення авіації на Н(М)Ц полягає у визначенні орієнтиру або відповідної точки на земній поверхні або карті, відносно якої здійснюється виведення авіації на Н(М)Ц та формування параметрів наведення (бойовий курс, дальність до цілі, характерні ознаки Н(М)Ц, прогноз напрямків відходу від цілі та ін). Визначення цих параметрів має забезпечити високу імовірність знищення об'єкта. У загальному випадку імовірність знищення об'єкта дорівнює:

$$W = Q_{\text{ППО}} + W_{\text{вих}} + W_{\text{ур}}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{ППО}}$ - імовірність подолання ППО противника; $W_{\text{вих}}$ - імовірність виходу на ціль і її виявлення; $W_{\text{ур}}$ - імовірність ураження цілі.

Імовірність ураження цілі визначається як:

$$W_{\text{ур}} = 1 - (1 - P/\omega)^{N_p}, \quad (2)$$

де N_p - кількість ракет (снарядів в черзі); ω - кількість необхідних влучань.

З формули (2) видно, що $W_{\text{ур}}$ залежить від параметрів, на які не впливає точність наведення авіа-

ції на Н(М)Ц. Тому $W_{\text{ур}}$ не залежить від процесу прийняття рішення ПАН.

ПАН при наведенні авіації на Н(М)Ц має враховувати ППО противника в районі цілі. Тому для розрахунку імовірності знищення об'єкта буде використовуватися імовірність подолання ППО ($Q_{\text{ППО}}$) в районі цілі. $Q_{\text{ППО}}$ розраховується як:

$$Q_{\text{ППО}} = 1 - \frac{n}{N} W_{\text{зрк}}, \quad (3)$$

де N - кількість літаків в групі; n - кількість атак які здійснить ЗРК; $W_{\text{зрк}}$ - імовірність ураження літака з однієї атаки.

Імовірність виходу на ціль $W_{\text{вих}}$ дорівнює:

$$W_{\text{вих}} = \Phi \left(\frac{D_{\text{вияв}}^2 - D^2}{2 \cdot R \cdot E} \right), \quad (4)$$

де $D_{\text{вияв}}$ - фактична дальність виявлення об'єкта (цілі); D - необхідна дальність виявлення для використання авіаційних засобів ураження; R - радіус розвороту вертольота; E - ймовірне лінійне бокове відхилення.

Імовірність виходу на ціль залежить від багатьох факторів:

- умови спостереження за місцевістю з кабіни (видимість, час доби, висота польоту);
 - контрастність, рухливість, розміри і демаскуючі ознаки об'єктів;
 - фізико-географічні та кліматичні умови району дій;
 - ефективність ППО противника;
 - склад групи, бойового порядку і режим польоту;
 - характеру застосовуваних засобів ураження (визначають потрібну дальність виявлення);
 - рівень підготовки та бойового досвіду екіпажів.
- Точність виходу на ціль характеризується імовірним лінійним відхиленням, яке можна обчислити як:

$$E = 0,118 \cdot \sigma \cdot S_{k.o.}, \quad (5)$$

де σ – середня квадратична помилка відліку і втримування курсу екіпажем (для добре підготовленого екіпажу вона не перевищує 3°); $S_{k.o.}$ – відстань від контрольного орієнтира до цілі.

З формули (5) випливає, що чим ближче до цілі обраний характерний контрольний орієнтир, тим точніше буде вихід на ціль, а отже, і вища ймовірність її виявлення. Однак в умовах ночі і в складних метеорологічних умовах, а так само при польоті над безорієнтирною місцевістю вихід за курсом від обраного орієнтира не завжди забезпечує високу ймовірність виявлення цілі.

З формул (2–5) можна зробити висновок, що ПАН при наведенні авіації на Н(М)Ц має визначити контрольний орієнтир та курс від нього на ціль так, щоб $D_{вияв}$ і час роботи в районі цілі забезпечували високу ймовірність знищення об'єкта.

Але застосування традиційних підходів до моделювання удару не дозволяє враховувати невизначеність. Це зумовлюється тим, що значна частина вхідних даних доступна у вигляді інтервально-оцінюючих та лінгвістичних значень. Тому для формування навчальної вибірки слід застосовувати методику, оснований на застосуванні нечітких множин та нечіткої логіки.

Структура методики зображена на рис. 2.

Тому було розроблено нечітку продукційну модель (НПМ) на основі нечітких множин типу 1 (НМТ1) визначення ймовірності знищення цілі для моделювання удару.

Структура моделі зображена на рис. 3.

Для визначення продукційних правил було визначено основні залежності вихідних величин від вхідних. Залежність дальності виявлення цілі з заданою ймовірністю від метеоумов і висоти польоту наведено на рис. 4.

Залежність ймовірності подолання ППО одним літаком, парою, ланкою від часу знаходження у зоні поразки ЗРК ближньої дії зображено на рис.5.

Для визначення правил щодо параметрів контрольного орієнтиру розглянуто залежність $W_{вих}$ від дальності виявлення та відстані контрольного орієнтиру від цілі. Залежність зображена на рис. 6.

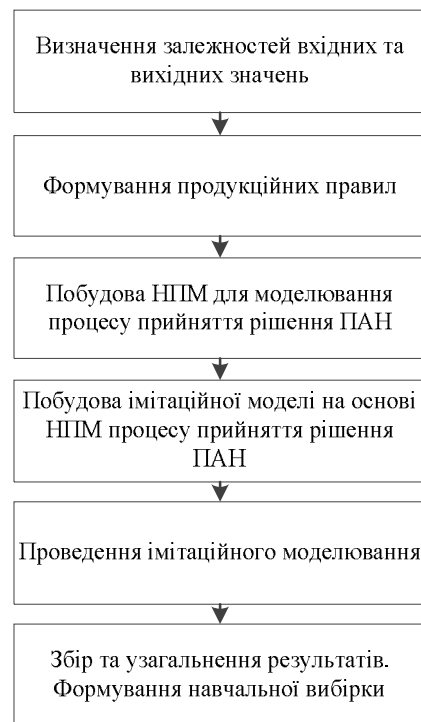


Рис. 2. Структура методики формування навчальної вибірки для навчання нечіткої нейронної мережі

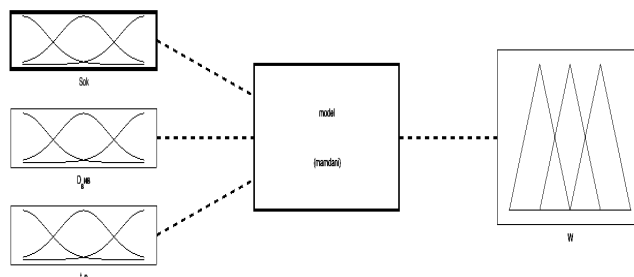


Рис. 3. НПМ визначення ймовірності знищення цілі

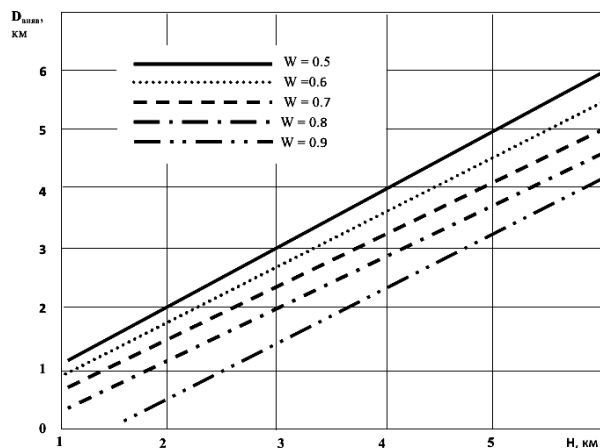


Рис. 4. Графік залежності дальності виявлення цілі з заданою ймовірністю від метеоумов і висоти польоту

На основі отриманих результатів були розроблені правила для формування бази продукційних правил НПМ, рис. 7.

Поверхня рішення зображена НПМ визначення ймовірності знищення цілі на рис. 8.

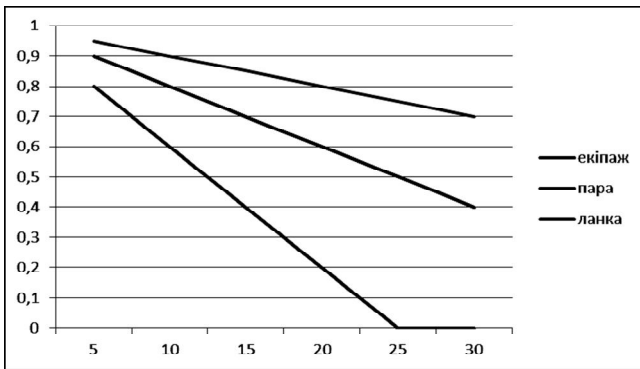


Рис. 5. Графік залежності $Q_{пто}$ від часу знаходження у зоні враження ЗРК

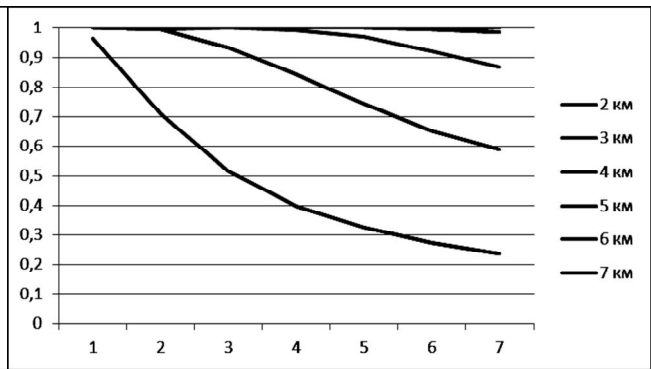


Рис. 6. Графік залежності $W_{вих}$ від дальності виявлення та відстані контрольного орієнтуру від цілі

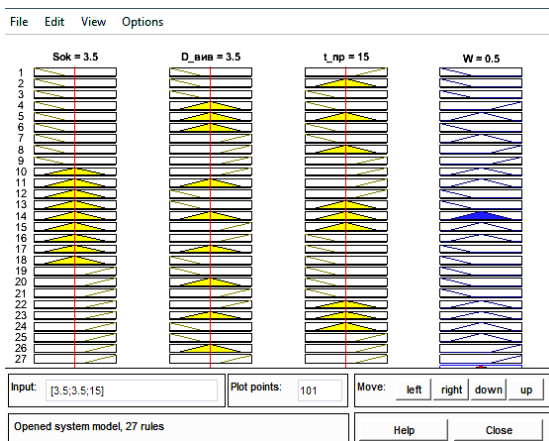


Рис. 7. База продукційних правил НПМ визначення імовірності знищення цілі

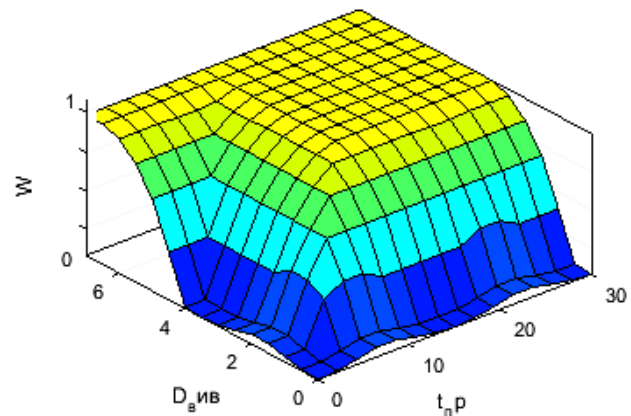


Рис. 8. Поверхня рішення зображена НПМ визначення імовірності знищення цілі

На основі отриманої НПМ визначення імовірності знищення цілі побудовано модель прийняття рішення ПАН щодо наведення авіації на Н(М)Ц. Структура отриманої моделі зображено на рис. 9.

Побудована модель дозволяє проводити імітаційне моделювання. В результаті отримано дані, які можна застосовувати в якості навчальної вибірки для навчання ННМ.

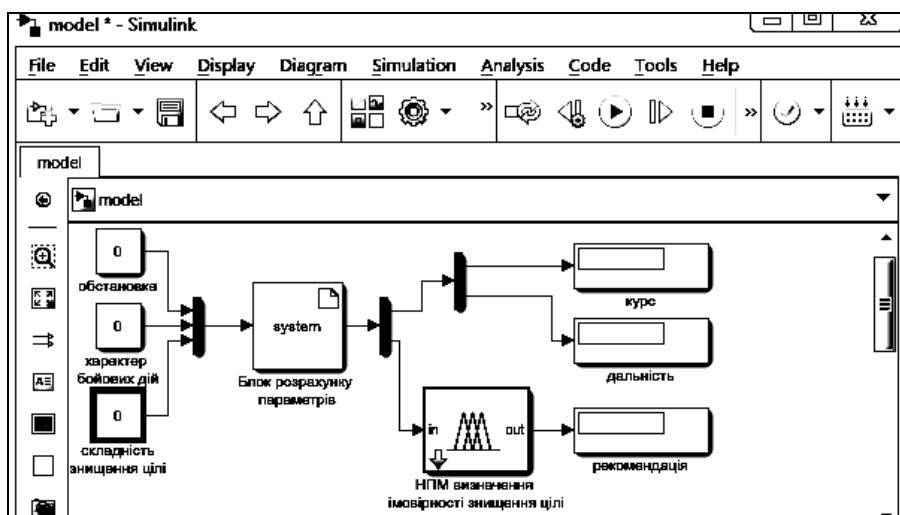


Рис. 9. Структура моделі прийняття рішення

Висновки

Розроблена методика дозволяє формувати навчальну вибірку для навчання ННМ процесу наведення авіації на Н(М)Ц. Застосування даної методи-

ки дозволяє отримувати дані, що максимально враховують невизначеність, зумовлену складністю та динамічністю, а також характером самого процесу наведення авіації на Н(М)Ц. У результаті використання даної методики отримано модель процесу на-

ведення авіації на Н(М)Ц, за допомогою якої можна проводити імітаційне моделювання та отримувати дані, які можна застосовувати, як навчальну вибірку для навчання ННМ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чернов В.Г. Наведення літаків на повітряні та наземні цілі: навч. посіб. / В.Г. Чернов, В.А. Волобуєв, О.К. Желем. – ХУПС, 2004. – 131 с.
2. Каменський В.Н. Наведение на воздушные и наземные цели / В.Н. Каменський, Белоглазов И.Н. – М.: 1972г.
3. Тактика армійської авіації. Ч. 1. Основи тактики армійської авіації : навч. посіб. / А.М. Алімпієв, Ю.М. Корнусь, О.С. Петриченко, С.А. Калкаманов – Х. : ХНУПС, 2016. – 160 с.
4. Wagner, C. Toward General Type-2 Fuzzy Logic Systems Based on zSlices / Wagner C., Hagrais, H. // Fuzzy Systems, IEEE Transactions. – 2010. – vol. 18, № 4. – pp. 637-660.
5. Greenfield S. The Uncertainty Associated with a Type-2 FuzzySet / S. Greenfield, R.I. John // Views on Fuzzy Sets and Systems from Different Perspectives, in 'Studies in Fuzziness and Soft Computing. – 2009. – vol. 243 – pp. 471-483.
6. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети / Г.Э. Яхьяева. – М.: Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016. – 187с.
7. Culloch J.C. Novel methods of measuring the similarity and distance between complex fuzzy sets [PhD thesis] / J.C. Culloch. – Nottingham: University of Nottingham, 2016. – 267 p.
8. Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений / А.П. Рыжов. – М.: МГУ, 2003. – 81 с.
9. Кучук, Г.А. Синтез стратифікованої інформаційної структури інтеграційної компоненти гетерогенної складової Єдиної АСУ Збройними Силами України / Г.А. Кучук, О.П. Давікоза // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України: науково-технічний журнал. – Х.: ХУ ПС, 2013. – № 3(12). – С. 154-158.
10. Коваленко А.А. Использование временных шкал при аппроксимации длины очереди компьютерных сетей / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук, И.В. Рубан // Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. – 2018. – № 2 (4). – С. 12–18. – DOI: <http://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.4.012>
11. Кучук Г.А. Розрахунок навантаження мультисервісної мережі / Г.А. Кучук, Я.Ю. Стасєва, О.О. Болюбаш // Системи озброєння і військова техніка. – 2006. – № 4 (8). – С. 130 – 134.
12. Худов В.Г. Аналіз відомих методів сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптикоелектронного спостереження / В.Г. Худов, Г.А. Кучук, О.М. Маковейчук, А.В. Крижний // Системи обробки інформації, 2016. – Вип. 9 (146). – С. 77-80.
13. Кучук Г.А. Метод мінімізації середньої затримки пакетів у віртуальних з'єднаннях мережі підтримки хмарного сервісу / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, Н.В. Лукова-Чуйко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава . ПНТУ, 2017. – Вип. 2(42). – С. 117-120.
14. Белоглазов И.Н. Основы навигации по геофизическим полям / И.Н. Белоглазов, Г.И. Джанджгава, Г.П. Чигин. – М.: Наука, 1985. – 328 с.
15. Бортовые информационно-управляющие средства оснащения летательных аппаратов / Р.В. Мубаракшин, Н.В. Ким, Ю.А. Саблин, И.П. Шингирий; М.: МАИ, 2003. –380 с.
16. Расчет и анализ движения летательных аппаратов. Инженерный справочник. / Горбатенко С.А., Макашов Э.М., Полушкин Ю.Ф., Шефтель Л.В. – М.: Машиностроение, 1971. – 352 с.
17. Петрушенко Н.Н. Особенности измерения дальности целей, лоцируемых под малыми углами места над морем / Н.Н. Петрушенко, О.Б. Котов, В.Д. Карлов, Е.А. Меленти // Тези доповідей восьмої наук. конф. Харк. ун-ту Повітряних Сил. – Х.: ХУ ПС, 2012. – С. 293.

Received (Надійшла) 28.11.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 29.01.2020

The methodology for the formation of a training sample for training a fuzzy neural network while automating the decision-making process in the tasks of guiding aviation to ground (sea) targets

A. Tymockho, A. Samokish, O. Aroslinkin

Abstract. The article is devised a methodology for the formation of a training sample for the study of fuzzy neural network when automating the decision making process in the tasks of aviation guidance to ground targets. To study fuzzy neural network, you need to use a training sample. There is a problem of data collection in preparing the training sample for the training of the FNN in the process of guiding AA in the ET. First, collecting statistics on the basis of decision-making examples in the process of giving in real terms the application of the AA on the ET, takes a lot of time, does not allow to collect the necessary amount of statistical data for the formation of the training sample. Therefore, you should use imitation modeling. But the complexity, the dynamism of the process of guidance, and the uncertainty due to the nature of the parameters used to solve the problem of guidance, do not allow the use of simulation models built on the basis of traditional methods. This is due to the fact that the training sample does not take into account uncertainty. Simulation models built on the basis of traditional methods do not take into account the experience and knowledge of the PAN; therefore, the training sample obtained as a result of modeling will not allow to construct the FNN and teach it in accordance with the decision making process of the PAN when the AA on the ET vare given. Therefore, when constructing an imitation model, models based on the fuzzy logic and fuzzy sets mathematical apparatus should be used. As a result of this work, a methodology for forming a training sample for the study of a fuzzy neural network during the automation of the decision-making process in the tasks of aviation guidance to ground targets was developed, and an imitation model was constructed. This model allows using the input data to obtain the guidance parameters determined by the PAN in solving the problem of steering the AA in the ET. The application of this methodology allowed to receive a training sample on the basis of which it is possible to study the FNN for the information technology of automated development of recommendations for the parameters of guidance of the AA in the ET on the basis of FNN.

Keywords: fuzzy sets, fuzzy neural networks, guidance, assault aircraft, advanced air gunner.