

УДК 004.82:355.469

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.041217

А. В. САМОКІШ¹, ад'юнкт;

Є. С. ВОРОБІЙОВ¹, канд. техн. наук;

П. Г. БЕРДНІК², канд. техн. наук, доцент,

¹ Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

² Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБЛЕННЯ БАЗИ ЗНАТЬ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ У ПРОЦЕСІ ПЛАНУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ АВІАЦІЙНОГО УДАРУ ПО ОБ'ЄКТАХ ПРОТИВНИКА

Запропоновано інформаційну технологію розроблення бази знань для автоматизованого вирішення задач у процесі планування та організації авіаційного удару по об'єктах противника з використанням нечітких множин та нечіткої логіки. Виконано формальне подання інформаційної технології із застосуванням методології функціонального моделювання IDEFO. Використання єдиної апаратної та програмної платформи у вигляді набору типових платформ та унікальних архітектурних шарів, що відповідають досліджуваній предметній сфері, дасть можливість забезпечити повний контроль над нечіткою нейронною мережею та досягти їх переваг завдяки використанню навчання та підвищить оперативність та обґрунтованість прийняття рішень.

Ключові слова: інформаційна технологія; IDEFO; CASE-технології; авіаційний удар; планування.

Вступ

Постановка проблеми. Сьогодні спостерігається швидкий прогрес у практичному застосуванні інтелектуальних інформаційних технологій (ІТ), що використовуються під час проектування, розроблення та експлуатації КЗА АСК авіацією та ППО. При цьому в таких системах потрібне постійне коригування процесів керування (ПК). Такі процеси мають певну загальну специфіку:

- необхідність керування великим обсягом фізичних параметрів. Зростання складності і розмірності об'єкта керування та збільшення обсягу оброблюваної інформації впливає на здатність ОПР самостійно переробляти цю інформацію за визначений відповідними нормативами час;
- відсутність масштабної інваріантності. Процес планування авіаційного удару істотно залежить від незначних змін в оперативно-тактичній обстановці (ОТО);
- проблема нестабільності, зумовлена впливом умов ОТО на перебіг процесу планування авіаційного удару.

Отже, процес планування та реалізації авіаційного удару, з одного боку, багато в чому спирається на особистий досвід ОПР, а недостатній досвід ОПР в органах військового керування різко знижує ефективність рішень, що приймаються в процесі планування та реалізації авіаційного удару. З другого боку, немає єдиного системного підходу щодо планування та організації авіаційного удару. Це пояснюється таким:

- принциповою неможливістю єдиного формального опису всіх можливих станів, умов, явищ та процесів ОТО;
- наявністю великої кількості форм подання даних та знань;
- відсутністю теоретичного та експериментального обґрунтування структури і складу інформаційних технологій, здатних забезпечити ефективне вирішення завдань у процесі планування та реалізації авіаційного удару.

З огляду на викладене проблема створення на концептуальному рівні інформаційної технології розроблення бази знань для автоматизованого вирішення задач у процесі планування та реалізації авіаційного удару по об'єктах противника є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З аналізу літератури [1–10] випливає, що процес планування авіаційного удару по об'єктах противника є фактично неавтоматизований. Однак у [2] розглядалася задача трасування руху мобільного робота з побудови рельєфу. Карта видається у вигляді графа, визначено заборонені — непрохідні зони, розроблено алгоритм пошуку найкоротшого шляху на основі принципу оптимальності Беллмана. У роботі [3] запропоновано методику розрахунку оптимальної траєкторії аеродинамічних об'єктів за критерієм мінімуму інтегрального показника, що характеризує ймовірність виявлення і польотний час. Завдання пошуку оптимальної траєкторії зводиться до пошуку найкоротшого шляху між двома вузлами графа, для чого пропонується використовувати хвильовий алгоритм. Проте математично описаний процес прийняття рішень ОПР уможливило формалізацію

© А. В. Самокіш, Є. С. Воробійов, П. Г. Берднік, 2020

розв'язання задачі планування. У літературі [11–13] було сформульовано процес побудови нечітких нейронних мереж (ННМ) для систем керування та показано алгоритми їх навчання. Але етап формування ННМ та вибір оптимального рішення з множини отриманих альтернатив фактично не описано.

Мета статті — підвищення оперативності та обґрунтованості прийняття рішень під час планування та організації авіаційного удару завдяки створенню інформаційної технології розроблення бази знань для автоматизованого розв'язання задач у процесі планування та організації авіаційного удару по об'єктах противника.

Основна частина

Загальну структуру методу побудови ІТ розроблення баз знань, що дає можливість синтезувати ІТ розроблення баз знань для автоматизованого вирішення задач у процесі планування та реалізації авіаційного удару по об'єктах противника, наведено на рис. 1.

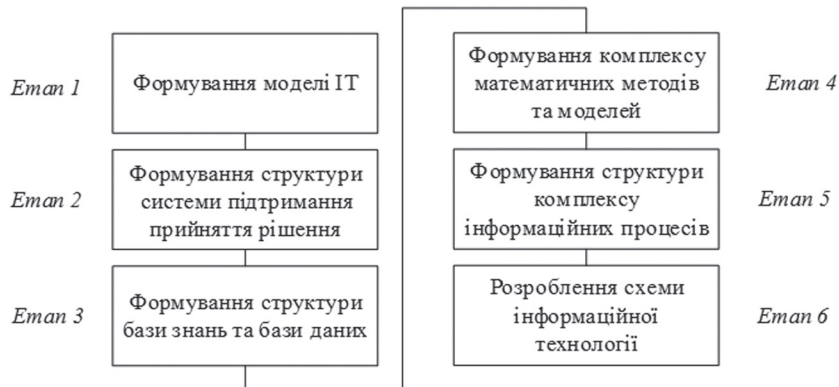


Рис. 1. Загальна структура методу побудови ІТ розроблення бази знань для автоматизованого вирішення задач у процесі планування та організації авіаційного удару

Інформаційна технологія здійснює підтримання функціонування інформаційної системи, що має свою організаційну і функціональну структуру, математичні, технічні та інформаційні засоби. Відповідно до стандартного визначення ІТ — це прийоми, способи та методики виконання функцій збирання, зберігання, оброблення, передавання та використання знань [3]. Будь-яка технологія включає в себе моделі та алгоритми. Алгоритми реалізуються як інформаційні процеси, які визначаються специфікою предметної сфери та відповідними методами і моделями.

У процесі розроблення ІТ необхідно визначити статичну частину — структуру даних (DS) та комплекс методів та моделей (MMC), а також динамічну складову ІТ — інформаційні процеси (IP), їхню взаємодію між собою (IPC). Отже, ІТ можна подати таким кортежем:

$$IT = \langle DS, MMC, IP, IPC \rangle. \quad (1)$$

Модель ІТ розроблення баз знань для автоматизованого вирішення задач у процесі планування та реалізації авіаційного удару складається з таких модулів (рис. 2):

- Модуль здобуття знань про предметну сферу (Mod_1^{DKB}), який включає в себе:
 - ментальні (M_{men}) та концептуальні ($M_{concept}$) моделі процесу планування авіаційного удару;
 - комунікативні (M_{com}) та текстологічні (M_{text}) методи здобуття знань;
 - прямі та машинні процеси здобуття знань.
- Модуль апарату формалізації (Mod_2^{DKB}), який включає в себе:
 - метод подання та оброблення знань оцінювання ОТО під час планування авіаційного удару по об'єктах противника (M_a^{fuzzy});
 - метод формалізації процесу планування та реалізації авіаційного удару по об'єктах противника за умов невизначеності та динамічної зміни ОТО (M_{ds}^{fnn});
 - ієрархічну нечітку продукційну модель оцінювання ОТО (MS_a^{fuzzy});
 - нечіткі нейронні мережі формалізації процесу планування та реалізації авіаційного удару по об'єктах (MS_{ds}^{fnn});
 - процеси багатокритеріальної оптимізації (IP_{opt}).
- Модуль використання ІТ розроблення баз знань (Mod_3^{DKB}), який включає в себе:
 - множину етапів розроблення БЗ $\{Dev_i\}$, $i = 1, \dots, m$;
 - множину зв'язків $\{Con_j\}$, $j = 1, \dots, J$, між етапами з множини;
 - множину $\{Leng_k\}$, $k = 1, \dots, K$, використовуваних мов подання знань;
 - множину $\{Mod_n\}$, $n = 1, \dots, N$, використовуваних моделей подання знань;

- процедуру здобуття та оброблення знань про процес планування авіаційного удару (IP_{plan});
 - процедуру зберігання знань про процес планування авіаційного удару (IP_{man});
 - процедуру подання знань про процес планування авіаційного удару (IP_{vis}).
4. Модуль розробник (Mod_4^{DKB}) включає в себе:
- постановку завдання з розроблення БЗ (IP_{task});
 - формування групи розробників (IP_{select});
 - вибір інструментальних засобів (IP_{facil});
 - планування розроблення БЗ процесу планування авіаційного удару (IP_{plan}^{BN}).
5. Модуль програмних та технічних засобів розроблення та супроводження БЗ (Mod_5^{DKB}) включає в себе:
- CASE-засоби (*Rational Rose, Bpwin, ERwin*) $\{T_1^{BN}\}$;
 - СУБД (*Oracle, MySQL, Caché*) $\{T_2^{BN}\}$;
 - мови програмування (*QT (C++), Java, Cotlin, Python*) $\{T_3^{BN}\}$;
 - засоби моделювання (*MathLab, Digits, Symulink*) $\{T_4^{BN}\}$;
 - апаратні засоби розроблення та супроводження БЗ $\{T_5^{BN}\}$.
6. Модуль результат використання ІТ (документація) (Mod_6^{DKB}) включає в себе:
- засоби документування SoDA (*Software Document Automation*) $\{D_1^{BN}\}$;
 - засоби формування звітів $\{D_2^{BN}\}$.
7. Модуль результат використання ІТ (програмна реалізація) (Mod_7^{DKB}) включає в себе:
- програмні засоби створення, коригування та супроводження БЗ $\{SF^{BN}\}$.

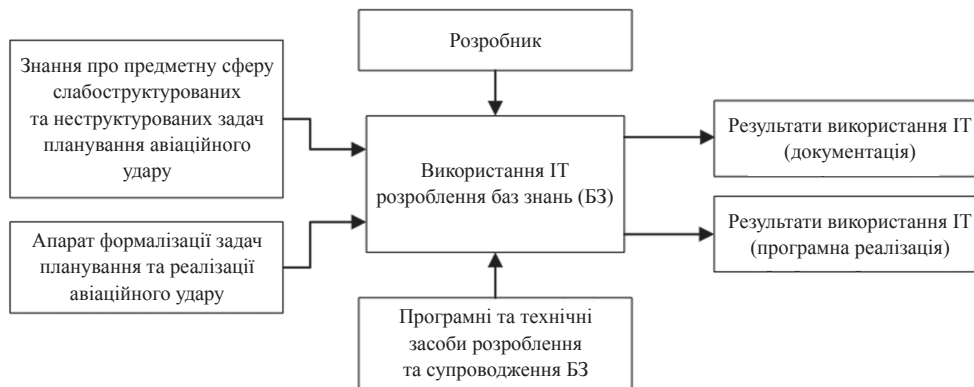


Рис. 2. Модель ІТ розроблення баз знань для автоматизованого вирішення задач у процесі планування та організації авіаційного удару

Інформаційна технологія розроблення БЗ для автоматизованого розв'язання задач планування та реалізації авіаційного удару по об'єктах противника реалізується на принципах CASE-технологій (*Computer Aided Software Engineering*). Формально інформаційну технологію розроблення БЗ для автоматизованого вирішення планування авіаційного удару по об'єктах противника IT^{DKB} пропонується подавати у вигляді кортежу

$$IT^{DKB} = \left\langle Mod_1^{DKB}, Mod_2^{DKB}, Mod_3^{DKB}, Mod_4^{DKB}, Mod_5^{DKB}, Mod_6^{DKB}, Mod_7^{DKB} \right\rangle. \quad (2)$$

Для візуалізації і подальшого формального подання структури і складу інформаційної технології IT^{DKB} можна скористатись методологією системного моделювання IDEF0.

Кожний процес оброблення інформації застосовує певний метод, одну або кілька моделей, один або кілька алгоритмів. Не розглядаючи модельний та алгоритмічний рівні процесів (ці рівні повністю залежать від конкретного завдання), проаналізуємо взаємодію процесів як ієрархічну структуру, в якій центральний блок керування — процес координації IPC . Комплекс інформаційних процесів подамо виразом:

$$IP = \langle IPC, IP^{PDA}, IP^A, IP^{DS}, IP^{fuz}, IP^{doc}, IP^{sup} \rangle, \quad (3)$$

де IPC — інформаційний процес координації;

IP^{PDA} — інформаційні процеси попереднього оброблення даних;

IP^A — інформаційні процеси перетворення даних в ознаки ситуацій для оцінювання умов ОТО;

IP^{DS} — інформаційні процеси вирішення задачі планування та реалізації авіаційного удару;

IP^{fuz} — інформаційні процеси модифікації БЗ;

IP^{doc} — інформаційні процеси документування історії процесу планування та реалізації авіаційного удару;

IP^{sup} — допоміжні процеси.

Загальну схему структури інформаційних процесів інформаційної технології розроблення баз знань для автоматизованого вирішення завдань у процесі планування та організації авіаційного удару зображено на рис. 3.

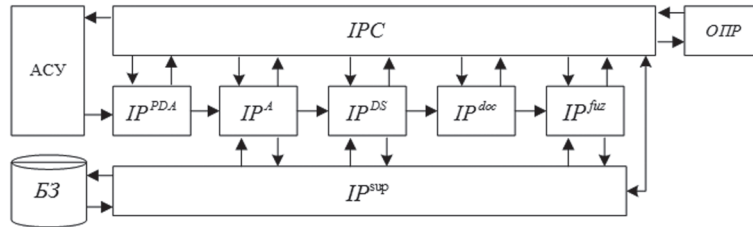


Рис. 3. Загальна схема структури основних інформаційних процесів інформаційної технології розроблення баз знань

Процес забезпечення розроблення баз знань для автоматизованого вирішення задач у процесі планування та організації авіаційного удару є послідовною реалізацією розроблених процедур, моделей, методів та алгоритмів, об'єднаних у відповідну інформаційну технологію. Розроблену інформаційну технологію згідно з описаною структурою та із застосуванням наведених раніше моделей та методів можна подати у вигляді таких етапів, як унаочнює рис. 4.

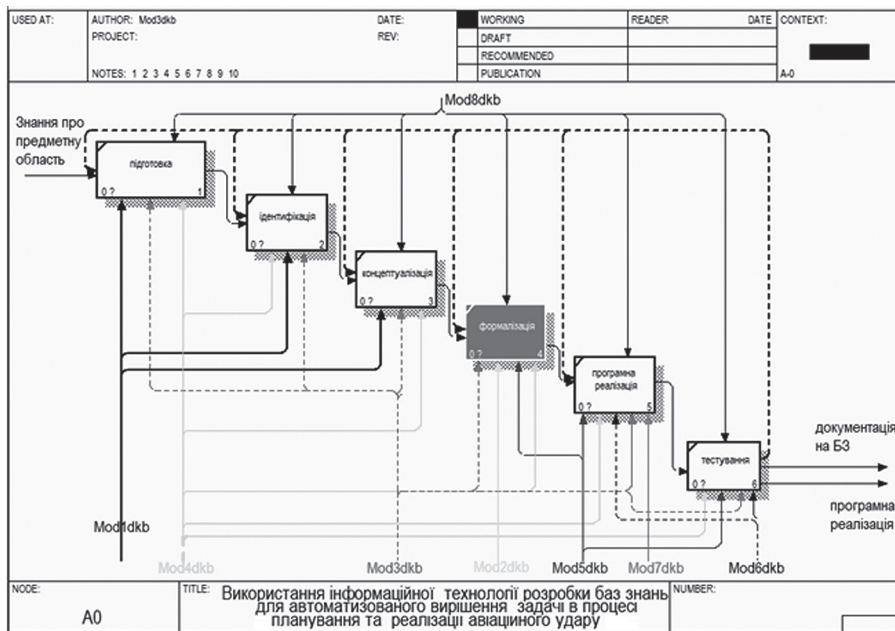


Рис. 4. Загальна схема інформаційної технології розроблення баз знань для автоматизованого вирішення задач у процесі планування та реалізації авіаційного удару на рівні А0

ІТ розроблення баз знань для автоматизованого вирішення завдань у процесі планування та організації авіаційного удару подано як IDF0 діаграма. Вона складається з етапів підготовки, ідентифікації, концептуалізації, формалізації знань, програмної реалізації і тестування та верифікації. У верхній частині діаграми модуль Mod_8^{DKB} забезпечує функції контролю за допомогою стандартів, базових принципів та технологій розроблення ІС, знизу — модулі $Mod_1^{DKB} - Mod_7^{DKB}$ є механізмами, що забезпечують побудову БЗ.

На першому та другому етапах визначається множина параметрів, необхідних для планування авіаційного удару.

На третьому етапі (концептуалізація) створюється концептуальна модель знань предметної сфери планування авіаційного удару згідно з методами концептуалізації та розширеного опису елементів плану авіаційного удару, що формують базу знань та їх взаємозалежність.

На четвертому етапі відбувається формалізація нечітких експертних знань відповідно до концептуальної моделі, описаної на третьому етапі. Діаграму етапу формалізації зображено на рис. 5.

На п'ятому та шостому етапах виконуються програмна реалізація, тестування та верифікація. Вхідними даними для цього етапу є моделі та вихідні дані з етапу формалізації.

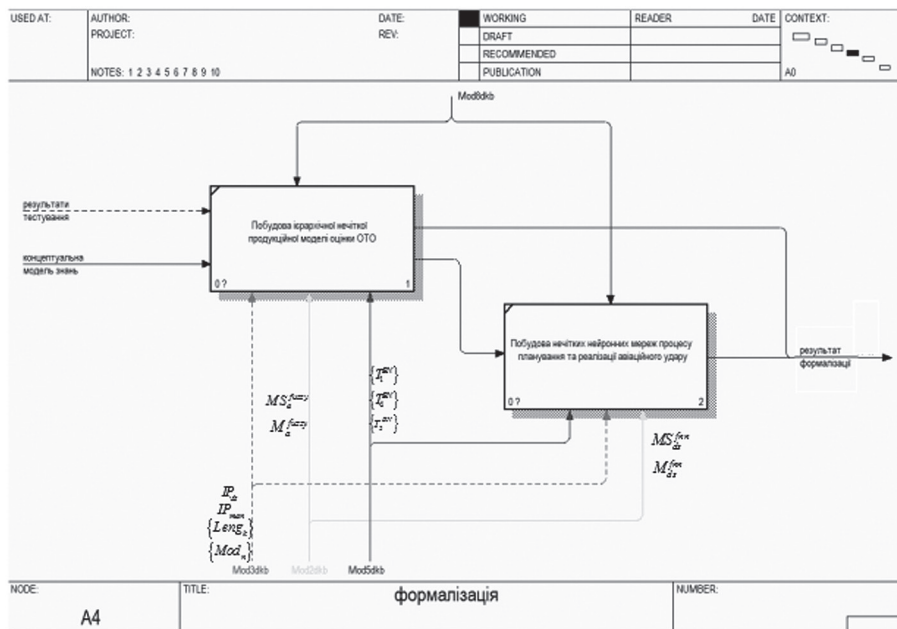


Рис. 5. Схема етапу формалізації ІТ розроблення баз знань

Також вхідними даними на цьому етапі є програмне забезпечення та документація по БЗ для автоматизованого вирішення завдань у процесі планування та реалізації авіаційного удару по об'єктах противника.

Висновки

Реалізація інформаційної технології розроблення БЗ для автоматизованого вирішення завдань у процесі планування та організації авіаційного удару по об'єктах противника дає можливість забезпечити ефективне керування веденням процесу розроблення баз знань та мінімізувати і розпаралелити необхідний обсяг робіт, забезпечити зберігання результатів в єдиних форматах електронних даних, уніфікувати підходи до подання (формалізації) знань на основі нечітких нейронних мереж та ієрархічних нечітких продукційних моделей. У запропонованій інформаційній технології розроблення БЗ, на єдиних принципах подано процес розроблення БЗ як інтелектуальної системи, системи розпізнавання та програмної системи, що дає можливість підвищити оперативність та обґрунтованість прийняття рішень.

Список використаної літератури

1. Будник А. С. Опыт применения вертолетов армейской авиации в локальных войнах и вооруженных конфликтах // Военная мысль. 2016. № 4. С. 22–27.
2. Ларкин Е. В., Ву Зуй Нгхиа. Метод трассировки движения мобильного робота по построению рельефа // Журн. Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. Вып. 7-2. С. 136–140.
3. Лещенко С. П., Батурицкий М. П., Свистунов Д. Ю. Методика расчета оптимальной траектории пролета воздушных объектов по критерию минимума вероятности обнаружения // Системы обработки информации. Харьков: ХУПС, 2005. Вып. 2(42). С. 103–110.
4. Шамко В. Є., Жарик О. М., Коваль В. В. Розвиток та застосування Повітряних Сил, інших видів Збройних Сил України, удосконалення їх системи керування // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2018. Вип. 2 (31). С. 9–15.
5. Close Air Support: 3-09.3 / Joint Publication. Washington: Joint Chiefs of Staff MofD USA, 2014. 361 p.
6. Air assault and air assault operations: W280015XQ-DM / Joint Publication. Virginia: The basic school marine corps training command camp Barrett MofD USA, 2015. 16 p.
7. Тактика армійської авіації. Ч. 1. Основи тактики армійської авіації: навч. посіб. / А. М. Алімпієв, Ю. М. Корнусь, О. С. Петриченко, С. А. Калкаманов. Харків: ХНУПС, 2016. 160 с.
8. Автоматизація попередніх штурманських розрахунків для визначення бойових можливостей винищувальної авіації / О. І. Тимочко, В. Г. Чернов, І. О. Рожньов, А. Ю. Семерня: зб. наук. праць Харків. нац. ун-ту Повітряних Сил. 2017. Вип. 3 (52). С. 45–48.
9. Герасимов Б. М., Герасимов Б. М., Перегуда А. М. Методика построения нейро-нечеткой базы знаний системы поддержки принятия решения, используемой при оценивании состояния сложного

технічного об'єкта управління // Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика. 2007. Вип. 1(5). С. 205–210.

10. Анджей Пегат. Нечеткое моделирование и управление / пер. с англ.; [2-е изд.]. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.

11. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ Петербург, 2005. 736 с.

12. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети. Москва: Горячая линия-Телеком, 2012. 384 с.

13. Ахметов Б. С., Горбаченко В. И., Кузнецова О. Ю. Нечеткие системы и сети. Алматы: Издательство LEM, 2014. 104 с.

А. В. Самокиш, Е. С. Воробьев, П. Г. Бердник

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ БАЗЫ ЗНАНИЙ
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ПРОЦЕССЕ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ АВИАЦИОННОГО УДАРА
ПО ОБЪЕКТАМ ПРОТИВНИКА**

Предложена информационная технология разработки базы знаний для автоматизированного решения задач в процессе планирования и организации авиационного удара по объектам противника с использованием нечетких множеств и нечеткой логики. Выполнено формальное представление информационной технологии с применением методологии функционального моделирования IDEFO. Использование единой аппаратной и программной платформы в виде набора типовых платформ и уникальных архитектурных слоев, соответствующих исследуемой предметной области, позволит обеспечить полный контроль над нечеткой нейронной сетью и достичь их преимуществ за счет использования обучения и повысит оперативность и обоснованность принятия решений.

Ключевые слова: информационная технология; IDEFO; CASE-технологии; авиационный удар; планирование.

A. V. Samokish, E. S. Vorobyov, P. G. Berdnik

**INFORMATION TECHNOLOGY FOR DEVELOPING A KNOWLEDGE BASE
FOR AUTOMATED SOLUTION OF PROBLEMS IN THE PROCESS OF PLANNING AND ORGANIZATION OF AN AIR STRIKE
ON ANYONE'S OBJECTS**

The article proposes an information technology for the development of a knowledge base for the automated solution of problems in the planning and organization of an air strike against enemy targets, using fuzzy sets and fuzzy logic. A formal presentation of information technology was performed using the IDEFO functional modeling methodology. The use of a single hardware and software platform in the form of a set of standard platforms and unique architectural layers corresponding to the studied subject area will provide full control over the fuzzy neural network and achieve their benefits through the use of training and will increase the efficiency and validity of decision making. In the process of assessing the situation and making a decision, the commander seeks to present (predict) the dynamics of the future battle. This is necessary in order to develop an optimal plan of action, a reasonable allocation of forces and resources, as well as to determine measures for the rational implementation of the combat mission. The difficulties associated with planning the actions of aviation units for various tactical purposes are most evident in the operations of inflicting damage on enemy ground targets. The task of defeating which is one of the main for strike aircraft. The ground target is an extremely complex and multifunctional dynamic system that combines objects that solve various functional tasks. Planning of actions of aviation forces and means when striking ground targets requires the development of an optimal (in terms of the accepted criterion of optimality) scenario of their application, which provides for spatial and temporal coordination of aircraft from the aviation group. The most complete such coordination can be ensured through the use of a set of models that most adequately describe the space-time state of all aircraft, conditions and results of the use of aircraft.

Keywords: information technology, IDEFO, CASE-technologies, air strike, planning.