

УДК 621.372

С.А. Олізаренко

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ БАЗИ ЗНАТЬ ПРО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ І ДІЙ ПРОТИВНИКА НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖ ТА НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

В статті представлена функціональна модель процесу створення бази знань про розпізнавання об'єктів і дій противника на основі нейромереж і нечіткої логіки, яка розроблена з використанням методології IDEF0 на принципах CALS-технологій.

Ключеві слова: розпізнавання, база знань, технологія, модель, нечітка множина, нечітка логіка, нейронна мережа.

Вступ

Постановка проблеми. Одним з ефективних підходів до вирішення завдань розпізнавання об'єктів різної природи є підхід, заснований на розробці автоматизованої системи розпізнавання як інтелектуальної системи. Основним елементом автоматизованих систем розпізнавання подібного класу є база знань (БЗ), що представляє собою сукупність правил, фактів, механізмів виведення, реалізованих, наприклад, на основі використання нейромережових, нечітких або гібридних (нечітких нейромережових) моделей. Розробка баз знань є одним з найбільш трудомістких етапів при створенні інтелектуальних систем. Для існуючих технологій розробки БЗ характерний досить умовний поділ даного процесу на нечітко сформульовані етапи, що в свою чергу ускладнює управління веденням процесу розробки, не дозволяє мінімізувати необхідний обсяг робіт зі створення БЗ, ускладнює розподіл функціональних обов'язків у групі розробників і т.д. [1–2].

Таким чином, має місце протиріччя, що полягає, з одного боку, в необхідності розробки БЗ для автоматизованих систем розпізнавання військового призначення на основі нейромереж і нечіткої логіки, з іншого боку, в обмежених можливостях існуючих технологій розробки подібного класу БЗ, а саме при комплексному поданні і накопиченні знань як про процеси розпізнавання повітряних об'єктів та їх дій, наприклад в ході ведення бойових дій, так і про процеси розпізнавання об'єктів противника на цифрових аерофотознімках, отриманих за результатами ведення повітряної розвідки.

Аналіз літератури. На даний час існує значна кількість досліджень присвячених окремим питанням автоматизованого розпізнавання об'єктів і дій повітряного противника в умовах нестохастичної невизначеності, автоматизованого розпізнавання об'єктів повітряної розвідки на цифрових аерофотознімках з використанням математичного апарату нейронних мереж, нечітких множин і нечіткої логіки

[3–6]. При цьому питання комплексного підходу до розробки БЗ на промисловому рівні для подання та накопичення знань про процеси розпізнавання повітряних і наземних об'єктів і дій противника з використанням нейромереж і нечіткої логіки є недостатньо дослідженими і в даних роботах не розглядаються.

Метою статті є розробка функціональної моделі процесу створення бази знань про розпізнавання об'єктів і дій противника на основі нейромереж і нечіткої логіки з використанням методології IDEF0 на принципах CALS-технологій.

Основна частина

Інформаційна технологія створення БЗ про розпізнавання об'єктів і дій противника з використанням нейромереж і нечіткої логіки реалізується на принципах CALS-технологій (Continuous Acquisition and Lifecycle Support). CALS-технології мають на увазі безперервну інформаційну підтримку поставок і життєвого циклу (ЖЦ) виробу на всіх стадіях його існування. CALS-технології базуються на наборі інтегрованих інформаційних моделей виробу, його виробничого та експлуатаційного середовища. CALS-технології базуються на можливості спільного використання та обміну інформацією під час процесів, які виконуються в ході життєвого циклу продукту.

Для візуалізації і подальшого формального представлення структури і складу інформаційної технології $T^{ПДКВ}$ пропонується використовувати методологію системного моделювання IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) [7]. Основу методології IDEF0 складає стандартизована графічна мова опису (моделювання) систем [7]. Відповідно до структури мови інформаційну технологію $T^{ПДКВ}$ представимо у вигляді моделі в нотації IDEF0, яка включає множину рівнів деталізації представлення технології $\{D_1^{ПДКА}\}$, де в свою чергу

кожний рівень представляється у відповідності з наступним виразом

$$D_i^{\text{ITDKB}} = \{\{S_i^1\}, \{C_j^1\}\}, \quad (1)$$

де – номер рівня деталізації представлення технології $\{D_i^{\text{ITDKB}}\}$, $i = 0, \dots, N$. При цьому при $i = 0$ формується контекстна діаграма (модель) верхнього рівня, при $i = 1$ – верхня дочірня діаграма, при $i = 2, \dots, N$ – інші дочірні діаграми.

Кожний етап створення БЗ $S_i^1 \in \{S_i^1\}$ в контексті методології IDEF0 включає множину функцій, що реалізують прийоми, способи і методи роботи зі знаннями (даними) на D_i^{ITDKB} рівні деталізації представлення технології T^{ITDKB} .

У якості функцій при $i = 0$ розглядаються (в термінології IDEF0) узагальнені «діяльності» (функції-діяльності) в T^{ITDKB} , при функцій розглядаються як основні «процеси» (функції-процеси) роботи зі знаннями (даними) в T^{ITDKB} , при $i = 2$ – «підпроцеси» (функції-підпроцеси) роботи зі знаннями (даними) в рамках відповідного «процесу» на етапах розробки і експлуатації БЗ, при $i = 3$ – «операції» (функції-операції) роботи зі знаннями (даними) в ході створення або експлуатації БЗ про розпізнавання об'єктів і дій противника з використанням нейромереж і нечіткої логіки.

Множина зв'язків між етапами $\{C_j^1\}$ з урахуванням рівнів деталізації в контексті методології IDEF0 розглядається як

$$\{C_j^1\} = \{\{F_f^1\}, \{I_h^1\}, \{O_t^1\}, \{CT_s^1\}, \{CM_r^1\}, \{CR_r^1\}\}, \quad (2)$$

де $\{F_f^1\} \subseteq \{C_j^1\}$ – множина внутрішніх взаємодій між функціями етапів створення БЗ з $\{S_i^1\}$;

$\{I_h^1\} \in \{C_j^1\}$ – множина вхідних граничних взаємодій, що відображає дані (знання), які перетворюються функцією в процесі створення БЗ;

$\{O_t^1\} \in \{C_j^1\}$ – множина вихідних граничних взаємодій, що відображає дані (знання), об'єкти, вироблені функцією в ході створення БЗ;

$\{CT_s^1\} \in \{C_j^1\}$ – множина керуючих граничних взаємодій, що визначає взаємозв'язок етапів і їх функцій з програмними і технічними засобами, відповідно до яких здійснюється реалізація функцій технології T^{ITDKB} ;

$\{CM_r^1\} \in \{C_j^1\}$ – множина граничних взаємодій, що відбиває взаємозв'язок етапів і їх функцій з математичним апаратом, що використовується для формалізації знань про розпізнавання об'єктів і дій противника з використанням нейромереж і нечіткої логіки;

$\{CR_r^1\} \in \{C_j^1\}$ – множина граничних взаємодій, що визначає взаємозв'язок етапів і їх функцій з групами розробників БЗ.

Контекстна діаграма верхнього рівня (рис. 1), що описує область і межі представлення технології T^{ITDKB} , задається відповідно до виразу:

$$D_0^{\text{ITDKB}} = \{S_1^0, \{I_1^0, O_1^0, O_2^0, CT_1^0, CM_1^0, CR_1^0\}\}. \quad (3)$$

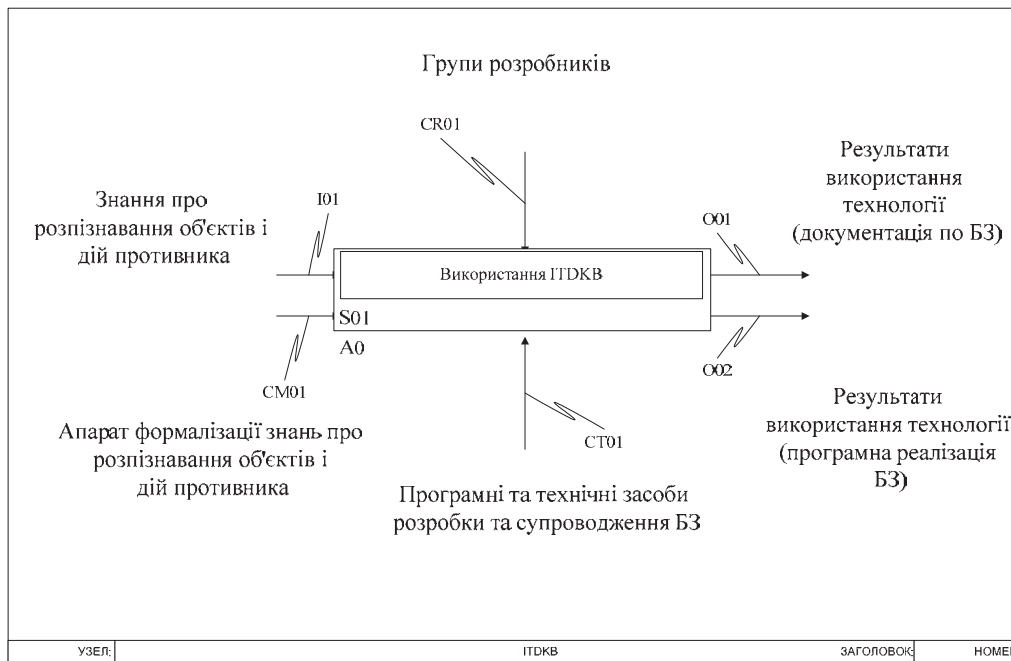


Рис. 1. Контекстна діаграма верхнього рівня, що описує область і межі уявлення технології T^{ITDKB}

У якості функцій з множина $\{S_i^1\}$ верхньої дочірньої діаграми рівня $D_1^{\text{ПТДКВ}}$, що створена при декомпозиції діаграми рівня $D_0^{\text{ПТДКВ}}$, в даній постановці розглядаються функції-процеси, що реалізують прийоми, способи підготовчих етапів з розробки БЗ про розпізнавання об'єктів і дій противника $S_1^1 \in \{S_i^1\}$, прийоми, способи і методи виявлення і вилучення знань $S_2^1 \in \{S_i^1\}$, прийоми, способи і методи концептуалізації знань на основі розробки концептуальної моделі БЗ, що відображає відповідне поле знань, $S_3^1 \in \{S_i^1\}$, формалізації знань на основі

розробки математичних та логічних моделей БЗ $S_4^1 \in \{S_i^1\}$, програмної реалізації шляхом розробки фізичної моделі БЗ та програмного прототипу БЗ $S_5^1 \in \{S_i^1\}$ і тестування (верифікації) програмних і проектних рішень $S_6^1 \in \{S_i^1\}$.

Верхня дочірня діаграма описує функції-процеси технології $T^{\text{ПТДКВ}}$ відповідно до виразу (рис. 2):

$$D_1^{\text{ПТДКВ}} = \left\{ \{S_i^1\}, \{F_i^1\}, I_1^0, O_1^0, O_2^0, CT_1^0, CM_1^0, CR_1^0 \right\} \quad (4)$$

$t = 1, \dots, 14.$

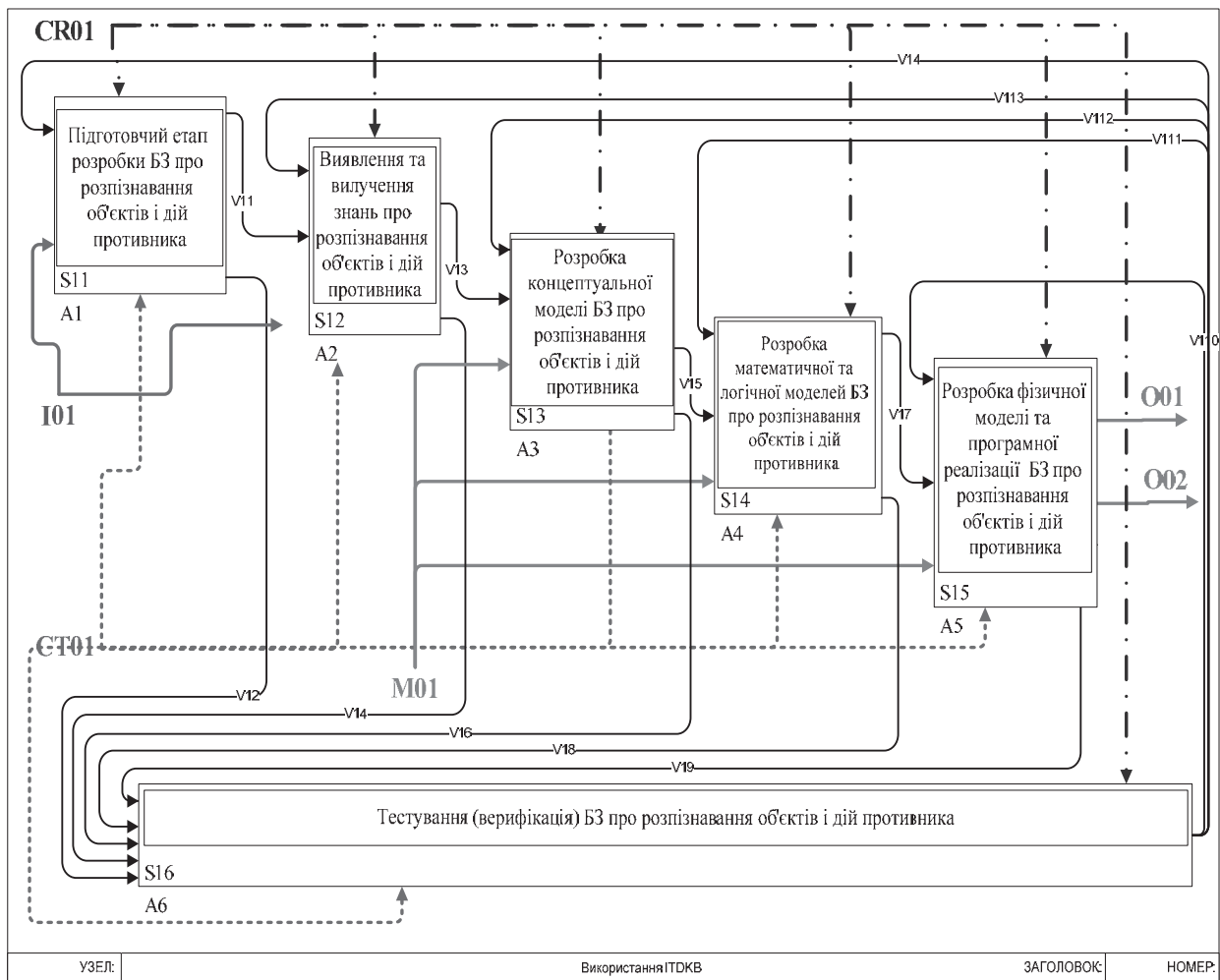


Рис. 2. Верхня дочірня діаграма, що описує функції-процеси інформаційної технології ПТДКВ

На підготовчому етапі по розробці БЗ про розпізнавання об'єктів і дій противника $S_1^1 \in \{S_i^1\}$ виконуються наступні основні підетапи або функції-процеси в термінології IDEF0:

- постановка задачі по створенню БЗ $P^{\text{ПТДКВ}}$;
- формування груп розробників $\{R_q\}$;
- вибір інструментальних засобів $\{T_p\}$;

– планування створення БЗ.

Безпосередньо для формального представлення поля знань пропонується використовувати модель прецедентів (model of use cases) UML, що розробляється в рамках об'єктно-орієнтованого аналізу (OOA) предметної області. Сама модель прецедентів формально представляється у вигляді наступного виразу [8]

$$M_u = ((S_u \cup S_t), S_{AcSU}, S_{DeSU}, S_{GcSU}, F_{SutSadgC}), \quad (5)$$

де S_u – множина прецедентів (пов'язаних блоків функціональності);

S_t – множина акторів (зовнішніх по відношенню до системи сутностей);

S_{AcSU} – множина відносин асоціацій (структурні відносини між сутностями);

S_{DeSU} – множина відносин залежностей (описують існуючі між сутностями відносини використання);

S_{GcSU} – множина відносин узагальнень (пов'язують спільні суті зі спеціалізованими);

$F_{SutSadgC}$ – відображення, що визначає можливі відносини між прецедентами і акторами відповідно до виразу

$$F_{SutSadgC} : (S_u \cup S_t) \rightarrow (S_{AcSU} \cup S_{DeSU} \cup S_{GcSU}). \quad (6)$$

На наступному етапі $S_4^1 \in \{S_i^1\}$ формується математична $M_2 \in \{M_n\}$ та логічна $M_3 \in \{M_n\}$ моделі БЗ. Зокрема, для представлення знань про розпізнавання об'єктів і дій повітряного противника пропонується використання методів на основі інтервальних нечітких множин другого типу (ІНМТ2) $L_2 \in \{L_k\}$, інтервальних нечітких логічних систем другого типу (ІНЛСТ2) $L_3 \in \{L_k\}$ і модифікованих гібридних нейронечітких класифікаторів на основі ІНМТ2 и ІНЛСТ2 $L_4 \in \{L_k\}$ [9]. Для представлення знань про розпізнавання об'єктів на цифрових аерофотознімках за результатами повітряної розвідки пропонується використовувати методи на основі модифікованих нейронечітких детекторів з використанням глибоких нейронних мереж (згорткових нейронних мереж) $L_5 \in \{L_k\}$, а також ІНМТ2, ІНЛСТ2 і модифікованих гібридних нейронечітких класифікаторів [10–11].

В якості базової моделі в нотації UML на логічному рівні використовується модель класів. Модель класів в загальному випадку описує відносини між абстракціями елементів програмного забезпечення, тобто призначається для ідентифікації класів і відносин між ними. Формально модель класів M_c задається у відповідності з наступним виразом

$$M_c = (S_c, S_{AcSC}, S_{DeSC}, S_{GcSC}, F_{ScSadgC}), \quad (7)$$

де S_c – множина класів (сутностей, що описують множину програмних об'єктів із загальною семантикою і з загальними характеристиками, поведінкою, загальними відносинами з іншими об'єктами);

S_{AcSC} – безліч відносин асоціації класів;

S_{DeSC} – безліччю відносин залежності класів;

S_{GcSC} – безліччю відносин узагальнень класів;

$F_{ScSadgC}$ – відображення, що визначає можливі відносини між класами, яке задається виразом

$$F_{ScSadgC} : S_c \rightarrow (S_{AcSC} \cup S_{DeSC} \cup S_{GcSC}). \quad (8)$$

Використання моделі класів M_c дозволяє формально представити процедурні знання, для подання декларативних знань використовується ER-модель, що розглядається як модель даних предметної області.

На передостанньому етапі БЗ $S_5^1 \in \{S_i^1\}$ формується фізична модель БЗ $M_4 \in \{M_n\}$ і безпосередньо розробляється програмний прототип БЗ. При цьому в якості основних елементів БЗ при використанні ІНМТ2 і ІНЛСТ2 розглядаються функції приналежності і нечіткі продукційні правила, а в якості основних елементів БЗ при використанні нейронечітких використовуються навчальна вибірка (неявна БЗ) і синаптичні карти нейронечітких.

Тестування (верифікація) БЗ $S_6^1 \in \{S_i^1\}$ безпосередньо виконується або над проектними рішеннями, представленими у вигляді моделей UML та ER-моделей, або над програмним кодом, який реалізують прототип або остаточну версію БЗ. У разі виявлення помилок повернення може здійснюватися на будь-який попередній етап розробки БЗ залежно від типу виявленої помилки. При цьому множина зв'язків $\{C_j^1\}$ між етапами з множини $\{S_i^1\}$ визначається порядком виконання цих етапів (прямі зв'язки) і результатами тестування (зворотні зв'язки).

Висновки

Розроблена в статті функціональна модель процесу створення бази знань про розпізнавання об'єктів і дій противника на основі нейронечітких і нечіткої логіки дозволяє представити в формальному вигляді структуру технології створення бази знань з використанням методології IDEF0; з єдиних технологічних позицій розглядає процес створення бази знань як інтелектуальної системи, системи розпізнавання і програмної системи; реалізує принципи CALS-технологій в частині подання результатів створення бази знань в єдиному форматі на основі використання конструкцій уніфікованої мови моделювання UML і ER-моделей; уніфікує підходи до формалізації знань на основі використання нейронечітких і нечіткої логіки; забезпечує тестування (верифікацію) проектних та програмних рішень на всіх етапах створення бази знань.

Список літератури

1. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
2. Искандеров Ю.М. Создание баз знаний интеллектуальных систем / Ю.М. Искандеров. – МОРФ, 2003. – 233 с.

3. Олизаренко С.А. Метод формализации задачи распознавания направлений ударов СВН противника на основе нечеткой классификации / С.А. Олизаренко, А.В. Перепелица, В.А. Капранов // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2012. – Вып. 2(100). – С. 70-80.

4. Гриняк В.М. Нейро-нечеткое распознавание воздушных объектов системами управления движением судов / В.М. Гриняк, М.В. Трофимов // IV межвузовская научно-практическая конференция студентов и аспирантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России». – СПбГУВК, г. Санкт-Петербург, 2013. – С. 231-240.

5. Олизаренко С.А. Методика формирования платформы для моделирования глубокого обучения в интересах разработки систем автоматизированного дешифрирования аэрофотоснимков / С.А. Олизаренко, О.Ю. Лавров, В.А. Капранов // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2016. – Вып. 9(146). – С. 41-43.

6. Перепелица А.В. Разработка технологии создания баз знаний о процессах распознавания вариантов действий воздушного противника. / А.В. Перепелица // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2012. – Вып. 9(107). – С. 66-69.

7. РД IDEF 0-2000: Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ. – М: Госстандарт России, 2000. – 75 с.

8. Dennis A., Wixom B.H., Tegarden D. Systems analysis and design: An object-oriented approach with UML. – John Wiley & Sons, 2015.

9. Олизаренко С.А. Нечеткие логические системы интервального типа 2. Архитектура и механизм вывода / С.А. Олизаренко, А.В. Перепелица, В.А. Капранов // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2011. – Вып. 5(95). – С. 156-164.

10. Christian Szegedy, Vincent Vanhoucke, Sergey Ioffe, Jonathon Shlens, Zbigniew Wojna. Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision. arXiv:1512.00567v3, 2015.

11. Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, and Jian Sun. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. rXiv:1506.01497v3, 2016.

Надійшла до редколегії 14.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.І. Тимочко, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ О РАСПОЗНАВАНИИ ОБЪЕКТОВ И ДЕЙСТВИЙ ПРОТИВНИКА НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕЙ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

С.А. Олизаренко

В статье представлена функциональная модель процесса создания базы знаний о распознавании объектов и действий противника на основе нейросетей и нечеткой логики, которая разработана с использованием методологии IDEF0 на принципах CALS-технологий.

Ключевые слова: распознавание, база знаний, технология, модель, нечеткое множественное число, нечеткая логика, нейронная сеть.

DEVELOPMENT OF THE FUNCTIONAL MODEL OF THE PROCESS OF CREATING A KNOWLEDGE BASE ON THE RECOGNITION OF OBJECTS AND ENEMY ACTIONS BASED ON NEURAL NETWORKS AND FUZZY LOGIC

S. Olizarenko

The article presents a functional model of the process of creating a knowledge base on the recognition of objects and enemy actions based on neural networks and fuzzy logic, developed using the IDEF0 methodology on the principles of CALS-technologies.

Keywords: recognition, knowledge base, technology, model, fuzzy set, fuzzy logic, neural network.