

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

кафедра «Інформаційні системи та мережі»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

Інформаційна система виявлення засобів радіорозвідки

Студента групи ІТ-41

_____ Гнатюка Любомира Петровича _____

(шифр, прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ (Литвин В.В. _____)

Консультант _____ (_____)

_____ (_____)

Нормоконтроль _____ (Васильюк А.С. _____)

Завідувач кафедри ІСМ Литвин В. В.

« 17 » червня 2022 р.

ЛЬВІВ – 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Кафедра «Інформаційні системи та мережі»

Спеціальність 126 "Інформаційні системи та технології"

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

ОПП "Інтелектуальні інформаційні системи"

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри ІСМ Литвин В.В.

« 17 » червня 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на бакалаврську кваліфікаційну роботу студента групи ІТ-41

Гнатюка Любомира Петровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інформаційна система виявлення засобів радіорозвідки
затверджена наказом по НУ «ЛП» від « 21 » лютого 2022р. № 591-4-08
2. Термін здачі студентом закінченої роботи 3.06.2022р.
3. Вихідні дані для роботи: літературні джерела та джерела глобальної мережі Інтернет, методичні вказівки для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи для студентів освітньо-професійної програми «Інтелектуальні інформаційні технології» спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які належить розробити): проаналізувати літературні джерела, провести системний аналіз, обрати програмні засоби та технології для реалізації продукту, розробити програмний продукт.
5. Перелік графічного матеріалу: проаналізувати літературні джерела, провести системний аналіз, обрати програмні засоби та технології для реалізації продукту, розробити програмний продукт.

6. Перелік програмних продуктів, які належить використати в процесі розробленн роботи (проекту): Sublime, локальний сервер, Adobe Photoshop, Microsoft Office 2019

7. Консультування роботи, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультанти	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав

8. Дата, коли видано завдання 14.02.2022 р.

Керівник _____

(підпис)

Завдання отримав до виконання  _____

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Збір інформації	10.02.2020 - 01.03.2020	виконано
2	Аналітичний огляд літературних та інших джерел	02.03.2020 - 15.03.2020	виконано
3	Системний аналіз об'єкту дослідження	16.03.2020 - 24.03.2020	виконано
4	Програмні засоби розв'язання задачі	25.03.2020 - 04.04.2020	виконано
5	Практична реалізація	09.04.2020 - 22.05.2020	виконано

Студент  _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ІНШИХ ДЖЕРЕЛ	8
1.1. Загальні принципи виявлення противника	8
1.2. Пошук шляхів підвищення оперативності бойової ідентифікації	10
1.3. Управління силами та засобами у бойовому просторі	12
1.4. Системи автоматичного і ручного запиту та відповіді	13
1.5. Система управління бойовим простором	14
1.6. Використання методів машинного навчання у військовій сфері	16
Висновки до першого розділу	24
РОЗДІЛ 2 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПРОБЛЕМИ	25
2.2. Дерево цілей поставленої задачі	29
2.2. Модель інформаційної системи	32
Висновки до другого розділу	35
Розділ 3 Методи та засоби вирішення проблеми	36
3.1. Математична модель нейронної мережі з лінійними осциляторними нейронами. Критерій виникнення інформаційного резонансу	36
3.3. Математична модель нейронної мережі з нелінійними осциляторними нейронами	43
3.3. Структура системи розпізнавання ракет	47
Висновки до третього розділу	57
Розділ 4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ	58
4.1. Опис створеного програмного продукту	58
4.2. Аналіз контрольного прикладу	66
Висновки до четвертого розділу	69
Висновки	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68

ВСТУП

Актуальність теми.

В сучасних умовах, коли бойові дії, як правило, характеризуються непередбаченістю обстановки, стрімкими рейдовими діями, відкриттям вогню з великих відстаней по «закритих цілях», в умовах обмеженого часу та недостатньої ситуативної обізнаності, існує велика імовірність потрапити під вогонь своїх вогневих засобів, так званий «Friendlyfire» («дружній вогонь») [2,4-6,8].

На думку військових фахівців, однією із головних причин цього є «похибка ідентифікації», коли вогонь навмисно й прицільно ведеться по своїх, яких помилково прийняли за противника. До цього призводить недостовірність або відсутність інформації, грубі помилки штабів, які можливі під час війни. Найбільш характерним це є для мобільних бойових дій, які ведуться коаліційними силами, коли велику роль відіграє швидкоплинність вогневих контактів, що не залишають командирам часу на роздуми.

Взаємна ідентифікація сухопутних військ на полі бою досягається використанням як багатьох приладів і систем контролю так і застосуванням низки організаційних заходів, а саме:

- - приладів та систем контролю за конфігурацією військ та озброєння, динамікою їх дій; часових параметрів, електромагнітних випромінювань тощо;
- - застосуванням організаційних заходів, щодо управління силами та засобами у бойовому просторі, систем автоматичного і ручного запиту та відповіді, підготовки особового складу тощо.

За висновками військових експертів, тільки комплексне забезпечення системами ідентифікації підрозділів тактичної ланки допоможе знизити рівень бойових втрат від «Friendlyfire» («дружнього вогню»).

Командири усіх ланок несуть повну відповідальність за належну підготовку особового складу до розпізнавання коаліційних сил та сил противника на полі бою.

В процесі бойової ідентифікації застосовується велика номенклатура приладів та пристроїв, які працюють за різними фізичними принципами. Це породжує значні обсяги інформації, які потребують при здійсненні бойової ідентифікації, відповідного аналізу. В той же час, для забезпечення оперативності управління військами коаліції, проміжок часу, що відпущено на обробку інформації та прийняття рішення, вкрай обмежений. Це призводить до інформаційного перенавантаження командирів. З метою його зменшення та підвищення бойової ефективності по управлінню підрозділами і, як наслідок, зменшення випадків потрапляння своїх (коаліційних) військ (сил) під «дружній вогонь», постає актуальним питання розробки Інформаційно-довідкової системи розпізнавання підрозділів сухопутних військ на полі бою за стандартами НАТО.

Метою роботи є розроблення інформаційної системи виявлення засобів радіорозвідки противника.

Об'єктом дослідження є процес виявлення засобів радіорозвідки.

Предметом дослідження є методи та засоби розроблення інформаційної системи виявлення засобів радіорозвідки противника.

Відповідно до мети та предмету дослідження, у роботі розв'язано такі задачі:

- Визначити стан проблеми в сучасних умовах;
- Визначити роль і місце інформаційних технологій у військовій галузі;
- Провести системний аналіз предметної області;
- Обґрунтувати вибір засобів програмування;
- Здійснити апробацію функціонування системи.

РОЗДІЛ 1

Аналітичний огляд літературних та інших джерел

1.1. Загальні принципи виявлення противника

Непередбаченість обстановки та нестандартні риси бою, стрімкі рейдові дії, відкриття вогню з великих відстаней по «закритих цілях», в умовах обмеженого часу та недостатньої ситуативної обізнаності, є першочерговими характеристиками бойових дій в останніх воєнних конфліктах, та в ході проведення ООС на Сході України. Це призводить до того, що під впливом об'єктивних і суб'єктивних факторів існує гостра небезпека потрапити під вогонь своїх вогневих засобів.

Аналізуючи причини потрапляння під «Friendlyfire» «дружній вогонь», зазначимо дві основні:

- перша причина – це так звана «похибка позиції», що пов'язана з якістю зброї (здатність ведення влучного вогню), недосконалістю боєприпасів (завчасне спрацювання, недоліт до противника) або похибка під час наведення на ціль;
- друга причина – «похибка ідентифікації», коли вогонь навмисно й прицільно ведеться по своїх, яких помилково прийняли за противника. До цього призводить недостовірність або відсутність інформації, грубі помилки штабів, які можливі під час війни. Це є характерною рисою для мобільних бойових дій, коли велику роль відіграє швидкоплинність вогневих контактів, не залишивши часу на роздуми.

Застосування відповідної базової доктрини щодо запобігання потраплянню під «Friendlyfire» («дружній вогонь») своїх сил в ході ведення інтенсивного вогню, на перший погляд є досить простим та включає:

- відстеження з пунктів управління дій своїх сил, постійний контроль за їх пересуванням та місцезнаходженням;
- визначення місць позицій противника шляхом збору інформації у реальному часі;

- розподіл на «своїх» і «чужих» за допомогою комплексів спостереження та прицілювання або за рахунок інших спеціальних систем;
- у разі отримання позитивної ідентифікації – відкриття вогню на ураження цілі.

На жаль, практика свідчить, що це завдання є досить складним, враховуючи негативний вплив низки факторів, а саме:

- сучасні військові наступальні операції проводяться в досить високому темпі та цілодобово, з переміщенням військ по незнайомій місцевості в умовах обмеженої видимості;
- більшість бойових зіткнень та вогневих контактів відбуваються швидкоплинно, з обстрілом цілей, що швидко переміщуються, або знаходяться на великих відстанях;
- фактично необмежені бойові дальності зброї значно впливають на можливості щодо знищення цілі під час визначення позитивної ідентифікації, (не зважаючи на наявність тепловізійних прицілів, особливо в умовах пустелі або степової зони);
- безпомилкове визначення у реальному часі свого місцезнаходження, а також своїх і ворожих сил визначається не тільки умовами видимості, але й залежить від орієнтації і наявності достатнього часу у командирів для складання чіткої уяви про вогневий контакт з противником.

Ці причини неважко усунути по мірі вдосконалення техніки. Однак, ставка лише на високоточну зброю, електроніку, лазерні, тепловізійні прилади наведення себе не виправдує. Зміни маркування або іплікаторів також не гарантує повного успіху.

Таким чином, постає завдання у створенні системи розпізнавання «свій-чужий» (загальна військова система розпізнавання). Система розпізнавання «свій-чужий» – це «апаратно-програмний комплекс автоматизованого розрізнення своїх військ від військ противника».

Завдання розпізнання належності сил на полі бою або в районі операцій вирішується поєднанням процедур контролю, ситуативної розвідки, застосуванням технічних засобів і проведенням ефективної підготовки. Оскільки це завдання ускладнюється при збільшенні відстані, складності рельєфу та зниженні видимості, основним засобом запобігання помилковій ідентифікації та «братовбивству», особливо на рівні військових підрозділів і вище, є використання ефективних заходів командування та управління. Мета бойової ідентифікації полягає в тому, щоб на основі єдиної доктрини, ефективної підготовки і дотримання правил ведення бойових дій досягти удосконалення ситуативної розвідки, а також методів, засобів і приладів розпізнавання, з метою підвищення бойової ефективності і, як наслідок, зменшення випадків ураження своїх (дружніх) військ.

За висновками військових експертів, тільки комплексне забезпечення системами ідентифікації підрозділів тактичної ланки допоможе знизити рівень бойових втрат від «Friendlyfire» («дружнього вогню»).

Командири усіх ланок несуть повну відповідальність за належну підготовку особового складу щодо розпізнавання коаліційних сил та сил противника на полі бою.

В процесі бойової ідентифікації застосовується велика номенклатура приладів та пристроїв, які працюють за різними фізичними принципами. Це породжує значні обсяги інформації, які потребують при здійсненні бойової ідентифікації, відповідного аналізу. В той же час, для забезпечення оперативності управління військами коаліції, проміжок часу, що відпущено на обробку інформації та прийняття рішення, вкрай обмежений. Це призводить до інформаційного перенавантаження командирів. З метою його зменшення та підвищення бойової ефективності по управлінню підрозділами і, як наслідок, зменшення випадків потрапляння своїх (коаліційних) військ (сил) під «дружній вогонь», постає актуальним питання розробки Інформаційно-довідкової системи розпізнавання підрозділів сухопутних військ на полі бою за стандартами НАТО.

1.2. Пошук шляхів підвищення оперативності бойової ідентифікації

Автоматизовані інформаційно-довідкові системи (АІДС) – це автоматизовані інформаційні системи, призначені для збору, зберігання, пошуку і видачі в необхідному вигляді споживачам інформації довідкового характеру. Вона представляла собою електронну картотеку для комп'ютерного пошуку необхідної інформації.

Для зберігання і обробки довідкової інформації, використовуються спеціалізовані бази даних – комп'ютерні довідкові системи.

Саме довідкові системи вирішують всі поставлені завдання із забезпечення споживачів нормативною інформацією. Довідкові системи мають цілий ряд унікальних достоїнств і можливостей. В першу чергу це забезпечення можливості:

1. компактно зберігати великі обсяги інформації;
2. структурувати та відображати збережену інформацію;
3. швидкого пошуку потрібних документів або навіть їх фрагментів у величезних масивах даних.

Інформаційно-довідкова система, в якій, реалізований принцип відкритих технологій, що дозволяють не тільки активно розвивати систему, наповнюючи її новими документами, а також дають можливість зберігання і перегляду фото і різного роду комп'ютерних файлів. Даний підхід дозволяє не тільки зберігати тексти документів, але і при необхідності додавати нові документи та зображення.

Відомо, що в даний час особлива увага приділяється питанням надійного і ефективного управління. Найкращим варіантом вважається той, при якому цей процес реалізується в режимі реального часу, що може бути забезпечено тільки при комплексній автоматизації управління інформаційними системами спеціального призначення (ІССП), тобто передбачається наявність необхідних елементів подібного управління на всіх рівнях, об'єднаних в єдину систему.

Актуальність даного матеріалу обумовлена необхідністю зниження трудомісткості процесів використання інформаційних ресурсів і підвищення оперативності виконання користувачами типових дій щодо ідентифікації військ на

полі бою за рахунок застосування комп'ютерних технологій, зокрема, інформаційно-довідкової системи (ІДС).

Одним з найважливіших шляхів досягнення надійного і ефективного управління складними системами є застосування їх часткової автоматизації, яку необхідно застосовувати як при операціях зберігання, пошуку та обробки інформації, так і при роботі з відповідними організаційними ресурсами (людськими, технічними, фінансовими тощо), які забезпечують і поширюють інформацію. Автоматизація деяких складових подібних систем за рахунок застосування комп'ютерних технологій дозволяє знизити трудомісткість процесів використання інформаційних ресурсів і підвищити оперативність виконання користувачами типових дій з ними. У роботі розглядається одна з таких складових інформаційних систем спеціального призначення – інформаційно-довідкова система розпізнавання підрозділів сухопутних військ на полі бою за стандартами НАТО.

Дана ІДС повинна забезпечити оперативний доступ до необхідної інформації, а саме:

1. Призначення ІДС;
2. Нормативних документів щодо ІДС;
3. Термінів та визначень, що застосовуються у ІДС;
4. Умовних позначок та скорочень, що застосовуються у ІДС;
5. Вимог до ідентифікації та її методів;
6. Форм опитування охороною;
7. Стандартні методи, прилади і процедури ідентифікації;
8. Інформаційної бази даних щодо зразків техніки, озброєння, форми одягу, тощо для різних країн.

Взаємна ідентифікація сухопутних військ на полі бою здійснюється шляхом встановлення стійкого взаємозв'язку та використання визначених методів і способів контролю [3, 11, 14-21, 24-27, 32].

Для повноти викладення наведемо відомості, що декларуються у керівних документах та наукових публікаціях, стосовно даного питання [23, 27].

1.3. Управління силами та засобами у бойовому просторі

Бойовий простір – це навколишнє середовище, а також певні фактори та умови, які потрібно враховувати для досягнення успіху в ході ведення бою, утриманні оборонних позицій та виконанні завдань.

Зміст терміну включає: наземний, морський, повітряний та космічний простір у районі спільних операцій об'єднаних коаліційних сил і в зонах особливої уваги; союзницькі сили та сили противника, що там знаходяться; споруди; наземні та космічні, погодні умови; існуючі загрози для здоров'я; характер місцевості; електромагнітний спектр, а також інформаційне середовище.

Заходи оперативного управління здійснюються за допомогою використання розмежувальних ліній, до яких відносяться:

- передній край своїх військ (лінія зіткнення);
- рубіж координації вогневої підтримки;
- рубіж координації використання повітряного простору;
- рубіж регулювання;
- лінії визначення секторів та зон.

1.4. Системи автоматичного і ручного запиту та відповіді

Ці типи систем потребують запитувача, тобто особи або суб'єкта, що надсилає запит, а також відповідача, особи (осіб), або суб'єкта, відповідь якого вказуватиме на приналежність до коаліційних або невідомих сил. Системи запиту та відповіді включають вербальний і невербальний методи.

Невербальний метод ґрунтується на використанні кольорового диму, вогнів, піротехніки, флуоресцентних панелей та вказівників бойової ідентифікації, або інших сигналів; електронних засобів, включаючи радіозв'язок на визначених частотах; електрооптичних засобів, тобто лазерів.

Вербальний метод ґрунтується на застосуванні охорони та вартових. Для виявлення противника, який наближається до позицій підрозділу найчастіше використовується голосовий запит. Голосовий запит містить пароль, що зазвичай змінюється у визначений час щонайменше один раз на день або в залежності від конкретної ситуації.

Цей пароль є спільним для військових формувань окремих держав або спеціальних угруповань чи районів бойових дій. Обставини, за яких вартовий повинен відкривати вогонь по особах чи групах осіб, які не дали відповіді на пароль, визначаються безпосередньо старшим командиром (начальником).

Успішне використання засобів розпізнавання, досягається відповідною підготовкою користувачів та операторів. Підготовка з розпізнавання відіграє ключову роль у процесі вдосконалення бойової ідентифікації. Країни НАТО мають різні навчальні системи, методи та стандарти підготовки особового складу, але всі вони згодні, що така підготовка має першочергове значення для проведення ефективних військових операцій. Важливим засобом здійснення ідентифікації є взаємний обмін між спільно діючими підрозділами, даними про характеристики бойових машин, оснащення та бійців.

Оскільки окремі держави застосовують різні способи ідентифікації та розпізнавання, обмін оперативною інформацією має відбуватися під час формування бойових підрозділів і протягом ведення операції [1, 13]. Проведення навчання має відбуватися за умов дотримання мінімальних вимог стандарту бойової ідентифікації, який є доцільним для даних навчань та визначений командиром відповідного рівня.

1.5. Система управління бойовим простором

Ситуативна розвідка або ситуативна обізнаність є ключовим елементом ефективного використання сил на полі бою. Для уникнення «братовбивства» важливим є знання про розташування та дії коаліційних сил. Для збору необхідної інформації про бойовий простір використовуються різні методи, починаючи від ручного способу і закінчуючи автоматизованою та мережевою комп'ютерною

системою. Необхідно враховувати різницю у часі між отриманням інформації, її обробкою та наданням.

Створення справжньої мережі системи ситуативної розвідки дозволяє зменшити ризики, пов'язані з втратою інформації. Будь-які зміни в існуючих заходах з управління вогнем або маневруванням із залученням автоматизованих систем повинні враховуватися негайно.

Крім вказаних вище, у процесі ідентифікації коаліційних сил застосовувались наступні процедури та рекомендації[28, 30, 33, 34]:

- для зменшення ризику розголошення, запити та відповіді повинні періодично змінюватися та повідомлятися лише за принципом необхідності. Оновлені запити, відповіді та їх аналоги, як правило, передаються по інстанції щоденно;
- запити та відповіді не повинні використовуватися поза переднім краєм району бойових дій, за винятком особливих обставин (наприклад, зв'язок із місцем висадки повітряного десанту);
- у випадку фактичного або потенційного порушення безпеки слід використовувати альтернативні запити та відповіді, а також ідентифікаційні конфігурації;
- використання і комплектація конкретних ідентифікаційних засобів чи пристроїв визначається командиром за встановленим порядком, або у формі спеціальних вказівок у вигляді окремого наказу. Постійний перегляд умов використання і комплектації цих засобів є необхідною умовою забезпечення їх відповідності, зниження ризику розголошення та дискредитації;
- використання пасивних або активних пристроїв ідентифікації, що працюють в інфрачервоному спектрі, повинно розглядатися з урахуванням розвідувальних можливостей противника. Такі пристрої, у разі їх виявлення, можуть дозволити противнику легше виявити коаліційні сили, якщо вони використовують аналогічні інфрачервоні (ІЧ) системи;

- для безпечності використання ідентифікаційні пристрої повинні залишатись прихованими від противника на максимально можливий термін, тобто якомога довше;
- розміщення додаткової броні, ракетних пускових систем або індивідуального спорядження на зовнішній частині бойової машини може змінити її розпізнавальні ознаки та нівелювати дію всіх ідентифікаційних пристроїв. Командири підрозділів повинні враховувати це, і у разі необхідності робити відповідні додаткові розпорядження;
- слід уникати використання сигнального диму та вогню тих кольорів, які не визначені для ідентифікації коаліційних сил та не відповідають даному призначенню;
- сили розвідки повинні постійно відстежувати можливість застосування противником пристроїв бойової ідентифікації коаліційних сил. Інформація про використання таких пристроїв силами противника дозволить своєчасно розкрити намір противника та характер його подальших дій;
- обмін інформацією про ідентифікацію та розпізнання. Ефективне розпізнавання коаліційних сил, що діють на полі бою, повинно ґрунтуватися на точному знанні військової форми, озброєння та бойових машин, що використовуються цими силами. Така обізнаність досягається методом постійних тренувань на усіх рівнях в усіх країнах НАТО. Удосконалення підготовки проводиться перед початком спільних операцій для більш детального вивчення ознак сил коаліції та противника, які зустрічаються на полі бою.

1.6. Використання методів машинного навчання у військовій сфері

Рівень готовності Збройних Сил України (ЗСУ) до виконання завдань за призначенням безпосередньо залежить від наявності новітнього озброєння та військової техніки, але жодне озброєння і жодна техніка не зможуть забезпечити

ефективного виконання бойових задач без якісного управління військами та озброєнням. Сучасні системи управління та зв'язку повинні мати не лише високі бойову готовність, пропускну здатність, стійкість, мобільність, доступність, керованість, а також забезпечувати безвідмовність роботи системи та гарантовану якість інформаційного обміну.

У системі діагностики можуть використовуватися різноманітні методи дослідження, які включають теорії: графів, систем підтримки прийняття рішень, нечітких множин, нейронних мереж, методи багатокритеріальної оптимізації, експертні методи.

З допомогою теорії графів представляється можливим вирішення великої кількості завдань з області економіки, техніки і безлічі інших сфер людської діяльності. Абстрактний орієнтований граф є основою для планування дій людини-оператора, зміни порядку послідовності його дій, проведення різних операцій. Постановка завдань мережевого планування починається з виявлення вузлових моментів (подій) операції, що визначають початок і кінець основних її етапів, після якого визначаються заходи (роботи), що приводять до здійснення кожної події й супроводжуються витратами часу й ресурсів. Потім події й відповідні їм етапи роботи представляються у вигляді деякої логічної послідовності, а саме мережевого графа, що відображає всі шляхи досягнення кінцевої мети операції. У загальному випадку мережевий граф (рис. 1.1) представляє собою граф, вузли якого a_x – події, а орієнтовані дуги A_{xy} – етапи роботи, $x \leq y$. При цьому в графі будь-яка дуга відображає тільки один етап роботи, а у випадку виникнення ситуації, коли два етапи роботи мають ті самі вихідні й вхідні вузли (події) уводять додатковий фіктивний етап роботи, не пов'язаний з витратами часу й інших ресурсів.

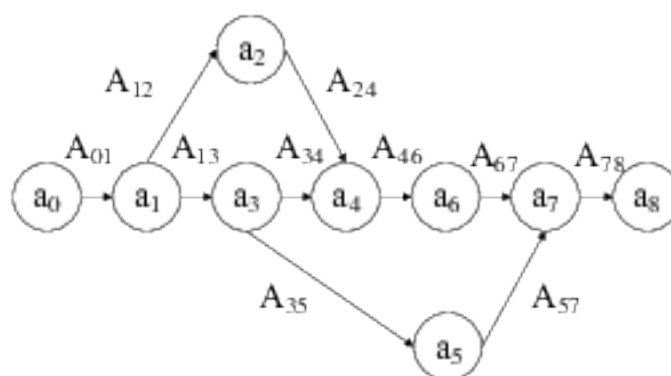


Рис. 1.1. Мережєвий граф

Одна з можливих послідовностей подій і етапів робіт від вихідної події до завершальної являє собою шлях мережевого графа, а шлях, що має максимальний час виконання кожної із вхідних у нього етапів робіт і сумарний час виконання всієї операції є критичним шляхом.

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) – це особливі інтерактивні інформаційні системи, які використовують обладнання, програмне забезпечення, дані, базу моделей і роботу менеджера з метою підтримки всіх стадій прийняття рішень у процесі аналітичного моделювання. Іншими словами, СППР – комплекс програмних засобів, що включає комплекс різних алгоритмів підтримки рішень, базу моделей, базу даних, допоміжні та керівну програми. Керівна програма забезпечує процес прийняття рішень з урахуванням специфіки проблеми. СППР використовується для підтримки різних видів діяльності у процесі прийняття рішень, а саме для:

- полегшення взаємодії між даними, процедурами аналізу й обробки даних і моделями прийняття рішень, з одного боку, й особи, що приймає рішення, як користувача цих систем - з іншого;
- надання допоміжної інформації, особливо для виконання неструктурованих або слабоструктурованих завдань, для яких важко заздалегідь визначити дані та процедури відповідних рішень.

Прийняття рішень у проблемно-орієнтованих інформаційних системах та системах управління здійснюється в умовах апіорної невизначеності, обумовленої неточністю або неповнотою вхідних даних, стохастичною природою зовнішніх впливів, відсутністю адекватної математичної моделі функціонування, нечіткістю мети, людським фактором [29, 32-35] та ін. Невизначеність системи призводить до зростання ризиків від прийняття неефективних рішень, результатом чого можуть бути негативні економічні, технічні та соціальні наслідки. Невизначеності у системах прийняття рішень компенсують за допомогою різноманітних методів штучного інтелекту. Для ефективного прийняття рішень при невизначеності умов функціонування системи застосовують методи на основі правил нечіткої логіки. Такі методи ґрунтуються на нечітких множинах і використовують лінгвістичні величини та висловлювання для опису стратегій прийняття рішень [28, 32].

Метод експертної оцінки дає об'єктивну характеристику про якісні і кількісні сторони об'єкта прогнозування на основі обробки та аналізу сукупності індивідуальних думок експертів.

Якість експертної оцінки, її надійність і обґрунтованість у вирішальній мірі залежать від розробленої методики та обробки індивідуальних експертних значень, яка включає наступні етапи:

- вибір складу експертів і оцінку їх компетентності;
- складання анкет для опитування експертів;
- отримання експертних висновків;
- оцінку узгодженості думок експертів;
- оцінку достовірності результатів.

Перевагою експертних методів є їх відносна простота для прогнозування практично будь-яких ситуацій, у тому числі в умовах неповної інформації. Важливою особливістю цих методів є можливість прогнозувати якісні характеристики процесу діагностики ЗЗА. До недоліків експертних методів належать: суб'єктивність думок експертів та обмеженість їхніх суджень.

Багатокритеріальна оптимізація або програмування – це процес одночасної оптимізації двох або більше конфліктуючих цільових функцій в заданій області визначення. Під багатокритеріальною задачею найчастіше розуміють не власне вербальний опис задачі, а її модель, а саме: багатокритеріальна задача – це математична модель прийняття оптимального рішення за декількома критеріями. Ці критерії можуть відображати оцінки різних якостей об'єкта або процесу діагностики ЗЗА, з приводу яких приймається рішення.

Формальним апаратом для обробки експертної інформації є математичний апарат нечітких множин, що дозволяє формувати правила прийняття рішень щодо діагностики ЗЗА. Формалізувати відповідну інформацію можливо, використовуючи лінгвістичні змінні «А», «В», «С», «D». Лінгвістичні змінні «А», «В», «С» являються вхідними змінними, лінгвістична змінна «D» – вихідна змінна. Будуються функції приналежності для кожної лінгвістичної змінної, формується нечітка база знань на основі продукційних правил, що обумовлюється необхідністю обліку реального масштабу часу і зручності подання інформації про процедури та умови їх виконання. Отже рішення завдання визначення порядку діагностики вузлів системи базується на використанні апарату теорії нечітких множин.

В подальшому результат оцінки системи діагностики ЗЗА може бути використаний із застосуванням теорії нейронних мереж. Сутність нейронної мережі (НМ) полягає у наближенні функцій багатьох змінних за допомогою лінійних операцій. На вхід мережі подається набір значень і паралельно задається відповідний набір вихідних значень (рис. 1.2).

Нейронні мережі і нечітка логіка являються універсальними апроксимаціями складних (нелінійних) функціональних залежностей в багатьох інтелектуальних задачах кібернетики.

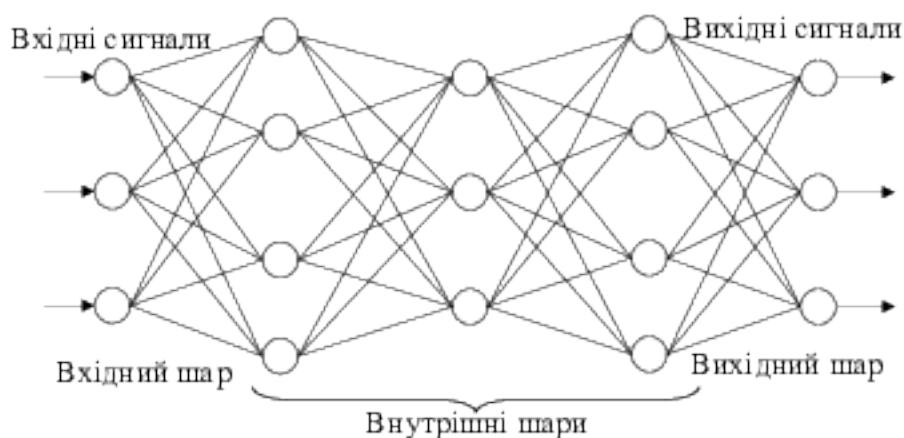


Рис. 1.2. Структура нейронної мережі

Головною особливістю нейронних мереж є їх здібність до навчання, яка реалізується за допомогою спеціально розроблених алгоритмів. Для навчання нейронної мережі не вимагається ніякої апіорної інформації про структуру шуканої функціональної залежності. Потрібна лише навчальна вибірка у вигляді експериментальних пар «входи-виходи». Перевагою нечіткої логіки є можливість використання експертних знань про структуру об'єкту у вигляді лінгвістичних висловів: якщо «входи», то «вихід». Проте апарат нечіткої логіки не містить механізмів навчання, тому результати нечіткого логічного висновку сильно залежать від виду функцій приналежності, якими формалізуються нечіткі терми. Одержувана в результаті об'єднання нечіткої логіки з нейронними мережами нейро-нечітка мережа володіє двома найважливішими інтелектуальними властивостями: лінгвістичністю, тобто використанням знань на природній мові, і здатністю до навчання в реальному масштабі часу [28].

Використання різних методів оцінки системи діагностики обумовлює вибір базового методу. Аналіз літератури показав, що застосування нейронних мереж для діагностики засобів зв'язку (наприклад, під час планового технічного обслуговування (ТО), ремонту, а також у стані безперервної роботи) на сьогоднішній день є маловивченим та актуальним напрямком, який дозволить вирішити цю задачу.

Існують декілька видів ТО, проведення кожного з яких передбачає виконання відповідного переліку робіт. Практично при всіх видах ТО проводиться перевірка працездатності за вбудованою системою контролю або вимірювання основних електричних параметрів за допомогою великої кількості вимірювальної техніки, яка має значні габарити та високу вартість. Для пошуку відмов при ремонті потрібно ще більше часу, засобів вимірювання, розгортання спеціалізованих портів, залучення висококваліфікованого персоналу.

Прискорити та спростити процес діагностування можливо за рахунок використання апарату нейронних мереж, які мають ряд важливих переваг:

- висока швидкодія виконання складних логічних операцій;
- можливість рішення важко формалізуємих задач, в яких сумісно використовуються дані логічно несумісної природи, неповні, некоректні;
- стійкість роботи, яка сумісна з розширенням, трансформацією та вдосконаленням знань;
- надійність, яка забезпечується наявністю багатьох шляхів логічного висновку і здатністю відновлення втрачених даних;
- можливість побудови систем, які здатні самонавчатись та самоналаштовуватись;
- добре поєднання з традиційними «обчислювальними» алгоритмами обробки інформації, що дозволяє будувати складні системи управління з максимальною надійністю, адаптивністю та з мінімумом ресурсів, які при цьому використовуються.
- Для логічного розв'язання задач достатньо використати одну з наступних функцій, що визначають величину V збудження нейрона залежно від величини V_i збудження зв'язаних з ним нейронів, вагових ω_i цих зв'язків та порога h [4]:

$$V := \xi(\sum_i V_i \omega_i - h),$$

$$1. \quad \left(\xi(x) = \begin{cases} x, & \text{якщо } x \geq 0, \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases} \right),$$

$$2. \quad \begin{aligned} & V := \xi(\sum_i V_i \omega_i - h), \\ & V := \text{if } V > A \text{ then } A \text{ else } V \end{aligned}$$

$$3. \quad \begin{aligned} & V := \sum_i V_i \omega_i, \\ & V := \text{if } V > h \text{ then } V \text{ else } 0 \end{aligned}$$

$$4. \quad \begin{aligned} & V := \sum_i V_i \omega_i, \\ & V := \text{if } V \geq h \wedge V < 1 \text{ then } V - h \text{ else if } V \geq 1 \text{ then } 1 - h \text{ else } 0 \end{aligned}$$

$$5. \quad \begin{aligned} & V := \frac{1}{n} \sum_i V_i \omega_i, \\ & V := \text{if } V \geq h \text{ then } V \text{ else } 0 \end{aligned}$$

де n – кількість активних входів нейрона.

Враховуючи переваги апарату НМ, задачу діагностики при ТО різних типів ЗЗА можна звести до процесу розпізнавання образів, де образ – це стан ЗЗА в цілому або його окремих складових. У цьому випадку прийняття рішення про стан ЗЗА відбувається за допомогою апарату НМ і існує можливість провести як кількісну оцінку параметрів, так і спрогнозувати його стан на певний період часу.

Залежно від постановки задачі на визначення стану ЗЗА вхідними сигналами можуть бути як основні параметри (потужність передавача, чутливість приймача і т. ін.), так і допоміжні (частоти, струми та напруги в різних контрольних точках окремих блоків). Вихідний шар нейронної мережі характеризує різні стани системи.

В процесі навчання НМ відбувається запам'ятовування значення окремих параметрів і стану конкретного ЗЗА в цілому (створення образу). Використання

даного образу при подальших ТО виступає критерієм оцінки «справний – несправний».

$$V := \xi(\sum_{j=1}^m V_j \omega_{ij} - h_i), \quad \xi(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0 \\ x & \text{при } x > 0 \end{cases},$$

де V_j – величина збудження (іншого нейрона), яка поступає на j -й вхід;

ω_{ij} – ваги зв'язків;

h_i – пороги.

Наприклад, визначимо $\omega_{ij} = 0,8; h_i = 0,2$ та подамо на вхід ситуацію (еталон) $\{A1, B1, C2\}$ – «спотворення форми сигналу 1-го шляху в межах норми». Відповідно на входи нейронів 2, 3, 8 надходять одиничні імпульси. Далі розраховується енергетичні дані імпульсів на вихідних нейронах з урахуванням вагових зв'язків між нейронами. В результаті розрахунку отримуємо, що максимального значення збудження (1,4) досяг вихідний нейрон 11 (Вихід 11).

На основі розрахунків щодо побудови мережі складемо таблицю 1, яка відображає правильну роботу мережі при отриманні різних рішень. Аналізуючи строки таблиці, які відповідають достовірним ситуаціям, видно, що максимум збудження визначається достатньо вірно. Це дає нам можливість стверджувати, що нейронна мережа, розроблена безпосередньо під задачу, побудована вірно.

Для реалізації даного комплексу необхідно використовувати апарат нейронних мереж при проведенні діагностики інших ЗЗА з застосуванням єдиного пакета прикладних програм. Тим самим, одне робоче місце буде забезпечувати проведення діагностики при технічному обслуговуванні, а також пошук несправностей при ремонті.

Висновки до першого розділу

У цьому розділі було проведено дослідження на обрану тему. Було розглянуто певну кількість джерел, статей та публікацій. Під час ознайомлення з ними було розглянуто визначення терміну автоматизованих систем у військовій сфері. У ході

досліджень було з'ясовано, що існує кілька класифікацій автоматизованих систем озброєння за різноманітними характеристиками такими, як: рід військ (сухопутні, повітряні, воєнно-морські та космічні), призначення (бойові, розвідувальні, забезпечення, інженерні), ступінь втручання людини та вагові категорії. Важливим завданням є розроблення інформаційної системи виявлення засобів радіорозвідки противника. Для такого виявлення доцільно використовувати технології машинного навчання, а саме нейронні мережі.

РОЗДІЛ 2

Системний аналіз та обґрунтування проблеми

Сховища даних у військовій сфері.

Концепція систем складування даних Інформаційна технологія складування даних (datawarehousing) народилася в компанії IBM і була остаточно сформульована Б.Інмоном і Р.Кімболом в 90-х роках минулого століття як метод вирішення інформаційно-аналітичних завдань в галузі прийняття та підтримки рішень. Виникнувши на стику технології баз даних (БД), систем підтримки прийняття рішень (СППР – DSS) та комп'ютерного аналізу даних, концепція складування даних еволюціонувала, оскільки виявилася придатною для широкого кола додатків в бізнесі, науці і технології. Основним посилом розробки концепції складування даних стало усвідомлення керівництвом організацій потреби в аналізі накопичених даних. У всьому світі підприємства накопичують або вже накопичили в процесі своєї адміністративно-господарської діяльності великі обсяги даних, у тому числі і в електронному вигляді. Ці дані зберігають в собі великі потенційні можливості з виявлення нової аналітичної інформації, на основі якої можна і необхідно будувати стратегію організації, виявляти тенденції розвитку ринку, знаходити нові рішення, що зумовлюють успішний розвиток в умовах конкуренції. Для деяких організацій такий аналіз є невід'ємною частиною їх повсякденної діяльності, інші починають активно приступати до такого аналізу.

Характерні особливості систем, побудованих на основі інформаційної технології складування даних Системи, побудовані на основі інформаційної технології складування даних, мають ряд характерних особливостей, які виділяють їх як новий клас інформаційних систем (ІС). До таких особливостей відносяться:

- предметна орієнтація системи. Перша особливість сховища даних полягає в його орієнтованості на предметний аспект. Предметна спрямованість контрастує із класичною орієнтованістю прикладних додатків на функціональність і процеси. Додатки завжди оперують функціями, такими, наприклад, як укладання угоди, кредитування, виписування накладної,

зарахування на рахунок тощо. Сховище даних організоване навколо фактів і предметів, таких, як угода, сума кредиту, покупець, постачальник, продукт тощо.

- інтегрованість збережених у ній даних, що збираються з різних джерел. Найважливішим аспектом сховища даних є інтегрованість його даних, що проявляється в багатьох аспектах: у погодженості імен, одиниць виміру змінних, структур даних, фізичних атрибутів даних тощо.

Існує контраст між інтеграцією даних у сховищі даних і в прикладному оточенні. Першою причиною можливої неузгодженості додатків є наявність значної кількості засобів розроблення. Кожен з них диктує певні правила, частина з яких властива винятково певному засобу. Не секрет, що кожен розроблювач віддає перевагу одним засобам розроблення над іншими. Якщо розроблювачами застосовуються різні засоби розроблення, то, як правило, використовуються індивідуальні особливості засобів, а значить, виникає ймовірність неузгодженості між створюваними системами. Друга причина можливої неузгодженості додатків полягає в існуванні значної кількості способів їхньої побудови. Спосіб побудови конкретного додатка залежить від стилю розроблювача, від часу, коли цей додаток був розроблений, а також від низки факторів, що характеризують конкретні умови розроблення додатка.

Все це відбивається на використовуваних способах виконання завдання ключових структур, способах кодування, позначення даних, фізичних характеристиках даних тощо. Таким чином, якщо два розроблювачі створюють різні способи побудови додатків, велика ймовірність того, що повної узгодженості між системами не буде. Інтеграція даних за одиницями виміру атрибутів полягає в тому, що розроблювачі додатків до питання про спосіб виконання завдання параметрів продукції можуть підходити різними шляхами. Параметри можуть задаватися в сантиметрах, дюймах тощо.

Яким би не було джерело даних, якщо інформація надійде в сховище, її потрібно наводити в єдиних одиницях виміру, прийнятих як стандарт у сховищі.

Тобто, перш ніж потрапити до сховища даних оперативні дані перевіряють, очищують та певним чином агрегують. Вихідні дані отримуються із оперативних БД, перевіряються, очищуються, приводяться до єдиного виду, в потрібній мірі агрегуються (вираховуються сумарні та інші статистичні показники) і завантажуються в сховище. Такі інтегровані дані набагато простіше аналізувати:

- інваріантність цих даних у часі (підтримка хронології). OLTP-системи оперують актуальними даними, строк застосування та зберігання яких, звичайно, не перевищує величини поточного бізнесперіоду (півроку—рік), у той час, як інформаційне сховище даних спрямоване на довгострокове зберігання інформації протягом 10—15 років. Це означає, що фактична інформація в сховищі даних не оновлюється й не віддаляється, а тільки спеціальним способом адаптується до змін бізнес-атрибутів. Таким чином, з'являється можливість здійснювати історичний аналіз інформації.

- відносно висока стабільність даних. В оперативному середовищі операції відновлення, додавання, видалення й зміни здійснюються над записами регулярно. Базові маніпуляції з даними сховища обмежені початковим завантаженням даних і доступом до них. У сховищі даних відновлення даних не відбувається. Вихідні (історичні) дані, після того, як вони були узгоджені, верифіковані й внесені в сховище даних, залишаються незмінними й використовуються тільки в режимі читання.

- необхідність пошуку компромісу в надлишковості даних — не зважаючи на те, що інформація до сховища даних потрапляє від багатьох OLTP-систем, надлишковість інформації в сховищі даних зведена до мінімуму. Зведення до мінімуму надлишковості даних забезпечується тим, що перш ніж завантажувати дані до сховищ, їх фільтрують і певним чином очищають від таких даних, які не потрібні і не можуть бути використані в OLAP-системах.

Сховище даних (СД — datawarehouse) є місцем складування даних в системі та інформаційним джерелом для вирішення завдань аналізу даних і прийняття рішень.

Як правило, обсяг інформації в СД є достатньо великим. Спрощено можна сказати, що сховище даних управляє даними, які були зібрані як з оперативних систем організації (OLTP-систем – On-Line Transactions Processing), так і з зовнішніх джерел даних, і які тривалий час зберігаються в системі. Однією з головних цілей створення систем складування даних є їх орієнтація на аналіз накопичених даних, тобто структуризація даних в СД повинна бути виконана таким чином, щоб дані ефективно використовувалися в аналітичних додатках (analytical applications). Зауважимо, що завдання аналізу накопичених даних вирішували і до створення концепції складування даних. У розпорядженні аналітиків і зараз є великий набір пакетів програм. Головною відмінністю використання концепції складування даних є структуризація, систематизація, класифікація, фільтрація і т.п. великих масивів електронної інформації у вигляді, зручному для аналізу, візуалізації результатів аналізу та виробництва корпоративної звітності.

Концепція баз даних (БД) як метод подання та накопичення даних в електронному вигляді сформувалася до середини 60-х років минулого століття в фірмі IBM. У 1969 році була створена перша СУБД для управління і маніпулювання даними як самостійними інформаційними об'єктами. У 1970 році була запропонована реляційна модель даних для БД, і на її основі почали створюватися популярні до нині реляційні СУБД. У рамках реляційної моделі з єдиних позицій було вирішено багато проблеми операційного (транзакційного) опрацювання даних. З середини 80-х років минулого сторіччя стали інтенсивно накопичуватися електронні інформаційні масиви даних організацій, корпорацій, науково-дослідних установ. Так, на початку 90-х років минулого століття тільки в області хімічних дисциплін було зареєстровано більше 7000 бібліографічних, фактографічних і змішаних баз даних. Провідні світові корпорації створили величезні електронні масиви конструкторської документації та документації з управління виробництвом.

В цей же час виникло чітке розуміння, що збір даних в електронному вигляді – не самоціль, накопичені інформаційні масиви можуть бути корисні. Першими усвідомили цей факт в області управління бізнесом і виробництвом. У накопичених

даних підприємства знаходиться «інформаційний знімок» хронології її поведінки на ринку. Аналіз історії адміністративно-господарської діяльності організації дав змогу істотно збільшити ефективність її управління, ефективно організувати взаємини із клієнтами, виробництво і збут. Завдання аналізу накопичених даних стали «на плечі» комп'ютера і вбудовуються у вигляді аналітичних додатків з БД. Зараз більшість дослідників сходяться на тому, що відправною точкою розробки концепції складування даних є поява ретроспективного (як іноді ще кажуть, історичного) погляду на дані, накопичені в організації як в електронному, так і в іншому вигляді. Відзначимо також, що використання технологій БД та ІС на вже розроблених моделях даних і методиках моделювання даних призводить до ряду проблем для аналітичних додатків. Далі розглянемо управління аналізом накопичених (і в цьому сенсі історичних) даних і які чинники привели до розвитку класу додатків складування даних.

2.2.Дерево цілей поставленої задачі

Перед розробкою інформаційної системи, потрібно побудувати дерево цілей. Дерево цілей забезпечить коректні і послідовні дії при розробці інформаційної системи.

Розроблене дерево цілей наведено на рис. 2.1.



Рис. 0.1. Дерево цілей

Головною ціллю, як видно з дерева цілей, є створення інформаційної системи. Це завдання можливо виконати тільки після виконання всіх під цілей. Від вершини дерева цілей відходять дві гілки, які поділяють головну ціль на дві підцілі.

Першою підціллю є аналіз предметної області. На цьому етапі потрібно виконати системний аналіз предметної області, для того щоб визначити основну мету поставленої задачі, визначити її позитивні і негативні сторони та ознайомитися з даними, які характеризують задану предметну область.

Ціль „Аналіз предметної області” поділяється на дві підцілі, а саме розробка моделі системи та визначення бази знань. Метою цих цілей є створення моделі інформаційної системи, на основі якої пізніше буде програмно реалізована система та ознайомлення та визначення основних знань, які необхідні для наповнення бази даних програмно реалізованої інформаційної системи.

Другою підціллю є вибір програмного рішення. Метою цієї гілки є підбір програмного та технічного забезпечення для створення та використання інформаційної системи. Вирішення цієї цілі базується на результатах, які отримані після реалізації гілки „Аналіз предметної області”.

Ця ціль поділяється на дві підцілі: вибір засобів розробки та вибір середовища для використання системи. Метою першої цілі є вибір програмних засобів, які забезпечать коректну розробку інформаційної системи відповідно до моделі системи. Метою другої цілі є вибір програмних та технічних засобів, які необхідні для функціонування інформаційної системи.

Ціль „Вибір засобів розробки” поділяється на середовище написання програми та засоби розробки бази даних.

Метою першої підцілі є вибір мови програмування та середовища візуального програмування для створення системи, яка забезпечить виконання поставленого завдання, а саме реалізує модель системи, та матиме дружній інтерфейс для роботи з користувачами.

Метою другої підцілі є вибір системи управління базами даних для створення бази даних та забезпечення використання інформаційного наповнення розробленою інформаційною системою.

Ціль „Вибір середовища для використання системи” поділяється на вибір програмного забезпечення та вибір програмного забезпечення.

Метою виконання першої підцілі є вибір необхідних програмних продуктів для забезпечення виконання інформаційної системи. Тобто потрібно вибрати операційну систему та необхідні драйвера для функціонування системи. Вибір програмних

продуктів описаний в розділі 4 „Вибір та обґрунтування методів і засобів розв’язування завдання”.

Другою ціллю є вибір технічних засобів які забезпечать використання програмних засобів, вибраних в „Вибір програмного забезпечення”, а саме вибір параметрів персонального комп’ютера. Вибір технічного забезпечення описано в розділі „Технічне та мережене вирішення системи”.

2.2. Модель інформаційної системи

Для побудови інформаційної системи необхідно створити модель цієї системи, яка повинна містити модулі та зв’язки між ними, що забезпечують вирішення задач поставлених в меті виконання роботи.

Модель системи слід представити у вигляді DF та ER діаграм. Зовнішніми сутностями системи є Система та Користувач. Користувачами виступають фахівці ЗСУ.

На рис. 0.1 наведена контекстна діаграма.

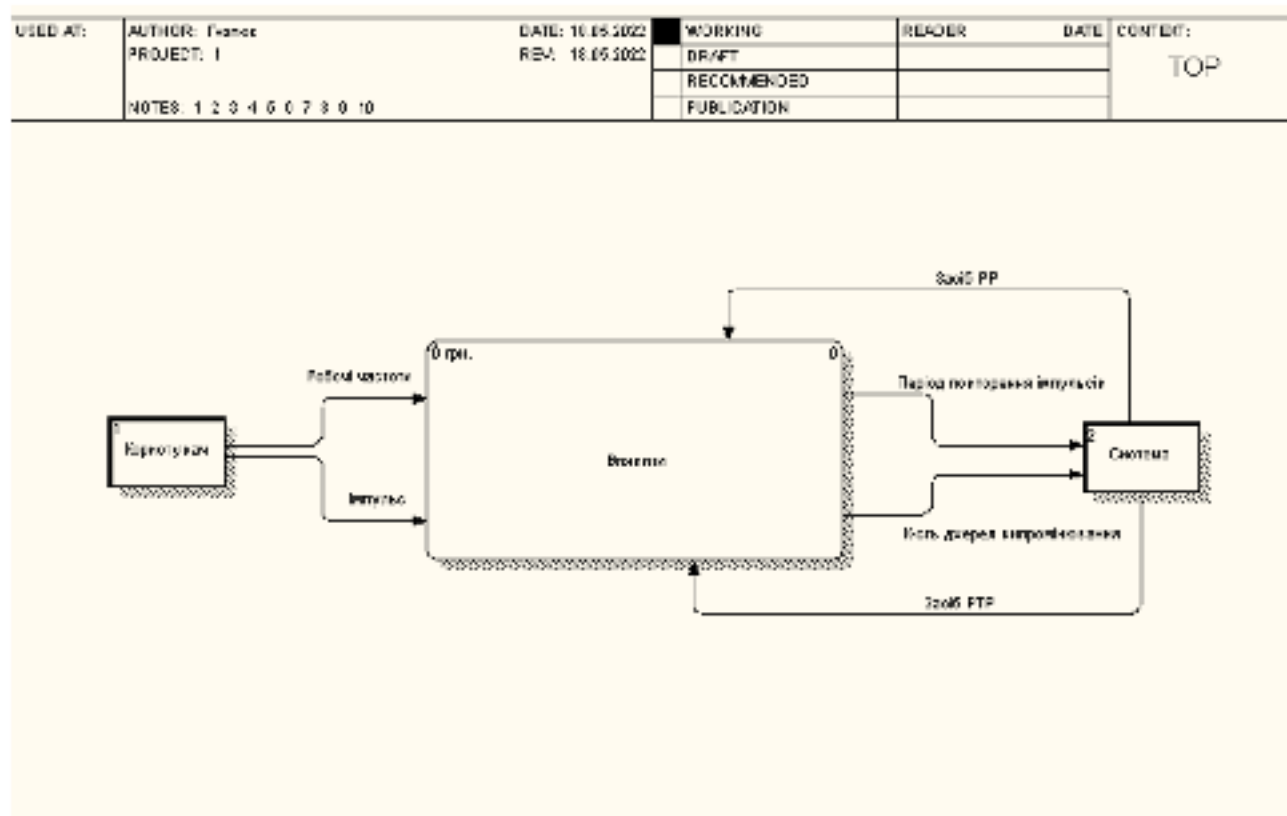


Рис. 0.1. Контекстна діаграма.

Процес „Розпізнавання ракет” можна поділити на три процеси:

- Збір даних;
- Опрацювання даних;
- Результати виявлення засобів радіотехнічної розвідки (РТР) та радіорозвідки (РР).

В системі на цьому рівні виділяється сховище даних „Дані про РТР та РР”, в якому зберігається інформація для розпізнавання ракет.

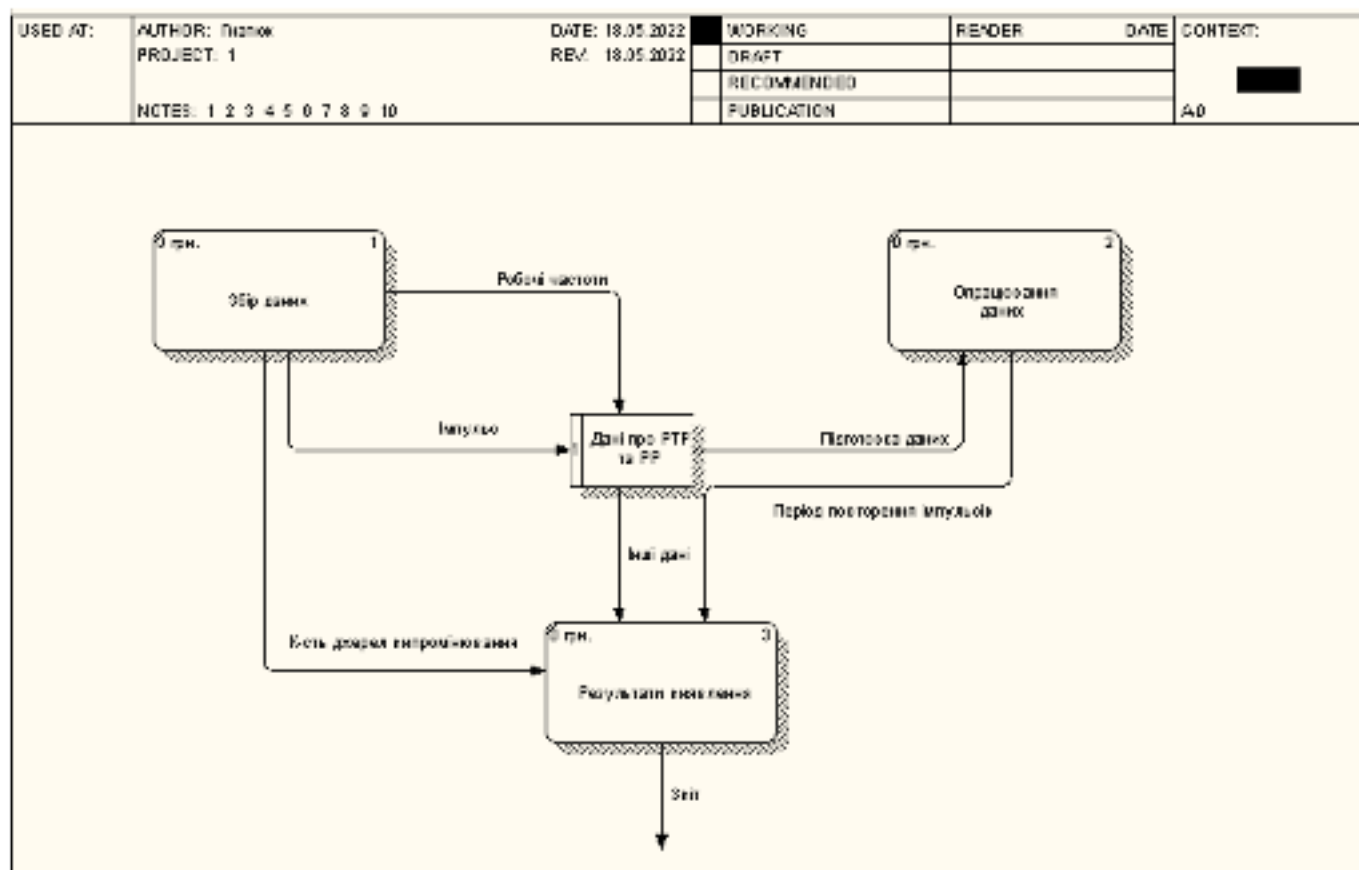


Рис. 0.2. Діаграма потоків даних першого рівня.

Вхідними даними є потреба клієнта (запит до системи від клієнта про потрібну йому послугу) та внесення та вибір даних (запит від користувача системою, використовується для внесення нових даних, зміни існуючого інформаційного наповнення та зчитування потрібних даних). Вихідними даними є результат запиту клієнта та результат вибору даних.

Першим процесом є „Збір даних”. В цьому процесі відбувається визначення до якого типу відноситься запит Користувача, тобто яку послугу потрібно надати клієнту. Цей процес має зв'язок із зовнішньою сутністю „Користувач”.

Процес „Опрацювання даних” забезпечує зв'язок із зовнішньою сутністю „Користувач”, та звертається до процесів системи відповідно до запиту користувача.

Процес „Результати виявлення” видає результат користувачу системи щодо класу РТР та РР на основі зібраних даних.

В системі використовуються сховище даних „Дані про РТР та РР” (інформація про технічні та функціональні характеристики ракет).

Нижче наведена схема, яка розкриває зміст сховища даних в нотації Чена.

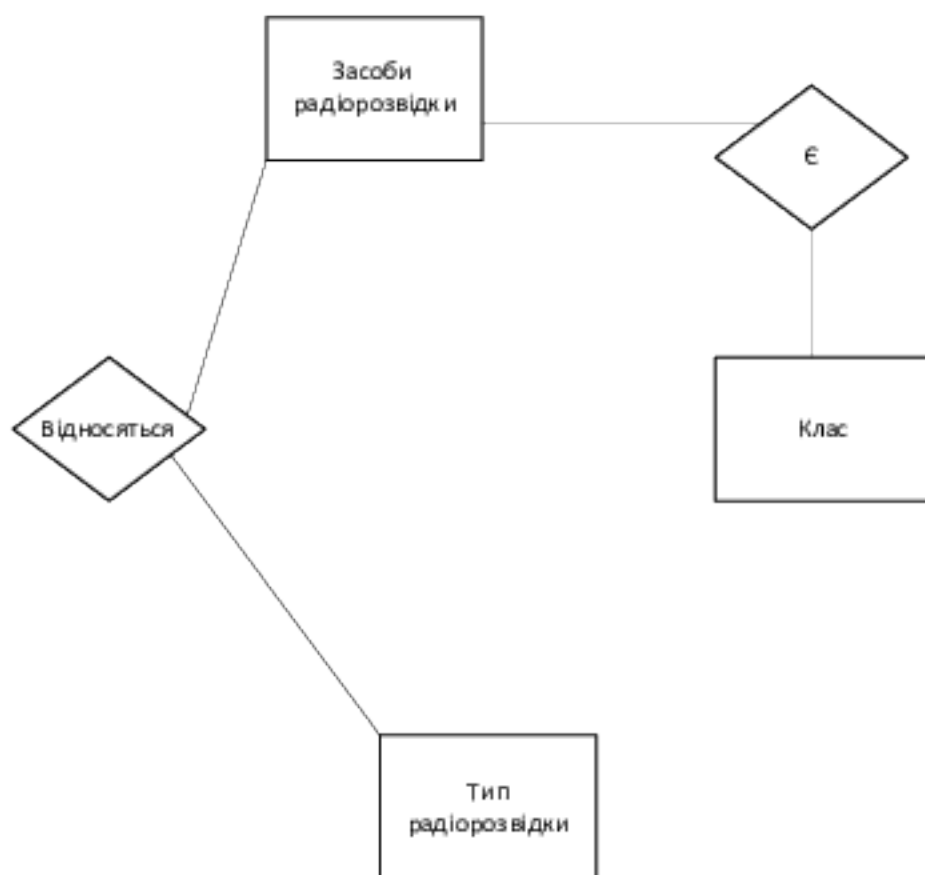


Рис. 0.7. ER діаграма

Виділено 3 сутності та зв'язки між ними. Основними атрибутами є:

- діапазон робочих частот;
- тривалість імпульсу;
- період повторення імпульсів;

- кількість джерел радіовипромінювань.

Засоби РТР наведено у таблиці.

Таблиця 2.1

Засоби РТР та РР

Назва	Діапазон робочих частот,	Тривалість імпульсу	Період повторення імпульсів	Кількість джерел радіовипромінювань
Пост радіотехнічної розвідки «Траєкторія»	0,1-40 ГГц	20	25	50
Малогабаритна апаратура радіотехнічної розвідки «Луч-МД-Э»	1000-40000 МГц	10	20	40
Малогабаритний автоматизований комплекс радіотехнічної розвідки «РИНГ-Э»	1030±5; 1090±5МГц	1	2	10
Мобільна автоматизована станція радіотехнічної розвідки «Синтез-М»	0,1-40,0 ГГц	0,1-1000,0	3,0-100000,0	30
Система радіотехнічної розвідки «Вега»	0,2-18 ГГц	0,1 мкс	1 мкс	6-100
Мобільна автоматична станція радіотехнічної розвідки «Оріон»	0,2-18 ГГц	0,1 мкс	1 мкс	10
Автоматизована станція радіотехнічного контролю «Охота»	1-18 ГГц	3	5	20
Трикоординатний комплекс радіотехнічної розвідки 85В6-В	0,03-1,7 ГГц	2	2	1000
Дозор-1	30-2600 МГц	1	1	3
Дозор-2	25-18000 МГц	2	2	4
Дозор-3	25-3000 МГц	3	3	5
Мобільний комплекс радіомоніторингу «Аргус-М2»	0,01 – 26500 МГц	5	5	6
Автоматизований рухомий комплекс радіорозвідки «Торн-МВ»	1,5-30 МГц	5-10	0,5-2	8

Висновки до другого розділу

Проведено системний аналіз предметної області. Побудовано відповідні діаграми та дерево цілей.

РОЗДІЛ 3

Методи та засоби вирішення проблеми

3.1. Математична модель нейронної мережі з лінійними осциляторними нейронами. Критерій виникнення інформаційного резонансу

На сьогодні ведуться інтенсивні дослідження щодо застосування нейронних мереж з осциляторними нейронами для ідентифікації нестационарних процесів, класифікації, кластеризації та розпізнавання мультиспектральних образів.

Необхідно зауважити, що осциляторні нейронні мережі, математичні моделі яких були розглянуті у огляді літератури (моделі «integrate-and-fire», Іжикевича, Фітза Хуга-Нагумо, Хіндмарша-Роуза), не враховують: власної динаміки нейрона (власна частота коливань нейрона – $\omega_{oi} = 0$), накопичення імпульсів N_{ok} в нейронах, які спрацьовують, коли $N_{ok} \geq N_{ck}$ (N_{ck} – порогове значення імпульсів k -го нейрона) та нелокальність за часом.

Тому актуальною задачею є розробка штучної нейронної мережі з осциляторними нейронами, які мають власні частоти ($\omega_{oi}, i = 1, 2, \dots, k$). За допомогою такого типу штучної нейронної мережі на основі інформаційного резонансу можна реалізувати новий метод розпізнавання мультиспектральних образів (мультиспектральних електромагнітних сигналів), що випромінюють осциляторні об'єкти. До них відносяться нестационарні сигнали, які випромінюються зарядженими наночастинками гетерофазної плазми, що утворюються внаслідок згорання твердого палива під час польоту ракети, високотемпературні викиди промислових аерозолів, іонізовані пило-газові утворення в атмосфері і космосі, продукти руйнації метеоритів при їх взаємодії з атмосферою Землі, скупчення космічного пилу в умовах дії іонізуючої радіації.

Розглянемо математичну модель архітектури нейронної мережі з лінійними осциляторними нейронами, яка описує залежність прийняття рішення, згідно з якою значення вихідного вектора станів $\bar{Y}_m = \{y_1(\omega_1), y_2(\omega_2), \dots, y_m(\omega_m)\} \subset \bar{Y}$ можуть бути оцінені з відомих значень вектора вхідних характеристик

$\dot{V}_n = \{V_1(\omega_1), V_2(\omega_2), \dots, V_n(\omega_n)\} \subset \dot{V}$ ($V_n(\omega_n)$, $n = \overline{1, N}$ – n -ий компонент вектора вхідної спектральної характеристики). Для розпізнавання мультиспектральних вхідних образів $\vec{V}_n = \{V_1(\omega_1), V_2(\omega_2), \dots, V_n(\omega_n)\} \subset \vec{V}$ пропонується тришаровий перцептрон з осциляторними нейронами. Він має вхідний шар, який містить кількість нейронів, що дорівнює кількості вхідних атрибутів; прихований шар і вивід, в якому шар містить кількість осциляторних нейронів, що дорівнює кількості класів рішень.

Прихований шар складається з M осциляторних нейронів $m = \overline{1, M}$ з власною частотою коливань $(\omega_{0i}, i = 1, 2, \dots, M)$, на які поступає інформація з першого шару, що має N входів. На вхід m -го осциляторного нейрона у прихованому шарі поступає N мультиспектральних образів $\dot{V}_n = \{V_1(\omega_1), V_2(\omega_2), \dots, V_n(\omega_n)\} \subset \dot{V}$

$$V_m = \sum_{n=1}^N \dot{V}_{nm} \cdot \check{\omega}_{nm}^2 \cdot \sin^2(\hat{\omega}_{nm} \cdot \tau) + \check{V}_{0m}, \quad (3.1)$$

де $\dot{V}_{nm}$ – ваговий коефіцієнт n -ої вхідної характеристики, що входить на вхід m -го осциляторного нейрона прихованого шару; $\check{V}_{0m}$ – поріг.

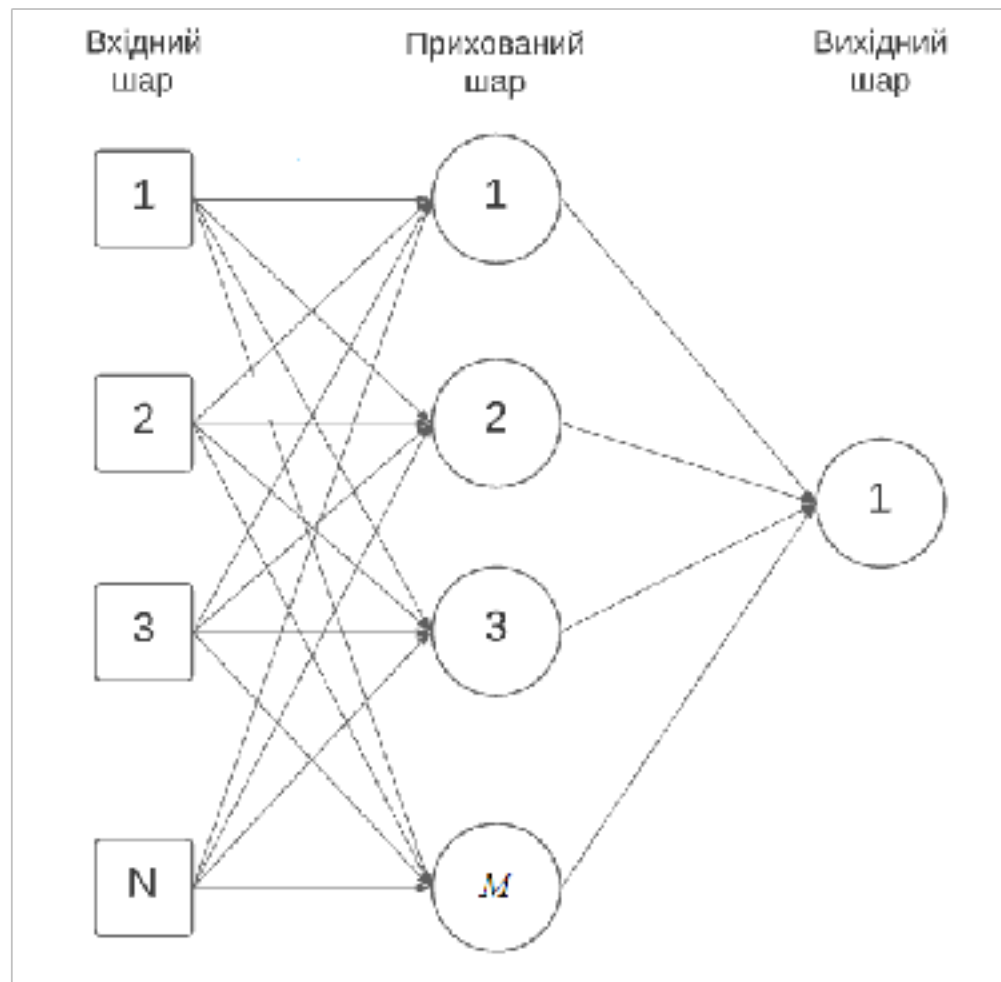


Рис. 3.1. Тришарова осциляторна нейронна мережа

Функціонування m -го лінійного осциляторного нейрона описується неоднорідним осциляторним диференціальним рівнянням 2-го порядку.

$$\frac{d^2 U_m}{d\tau^2} + 2\tilde{\delta} \frac{dU_m}{d\tau} + \tilde{\omega}_{0m}^2 U_m = \sum_{n=1}^N \tilde{V}_{nm} \omega_{nm}^2 \sin^2(\omega_{nm} \tau), \quad (3.2)$$

де $2\tilde{\delta}(N_k, N_{ck}) = \delta \tanh\left(\frac{N_k - N_{ck}}{\sigma^2}\right)$ – параметр амплітуди затухання m -го нейрона; $N_k; N_{ck}; \sigma^2$ – число імпульсів, які приходять на m -ий нейрон, порогове значення імпульсів m -го нейрона та дисперсія відповідно.

Математична модель (3.2) може використовуватися для дослідження колективної поведінки ансамблів нейронів, взаємопов'язаних

синаптичними зв'язками λ_{jm} . Для цього в другому та третьому доданках необхідно зробити заміну $U_\alpha \rightarrow U_{\alpha m}$, де $U_{\alpha m} = U_m + \sum_{j=1}^N \lambda_{jm} U_j$; $\alpha = 1, 2, \dots, N$ [121 – 123].

Вихідний сигнал m -го осциляторного нейрона $U_m(\tau)$ описується виразом, який є розв'язком рівняння

$$U_m(t) = \sum_{n=1}^N \hat{C}_{nm} + \sum_{n=1}^N \tilde{\lambda}_{nm} \left| \sin(2\tilde{\omega}_{nm}\tau + \hat{\varphi}_n) \right|, \quad (3.3)$$

$$\hat{C}_{nm} = \frac{16\tilde{V}_{nm}\tilde{\delta}^2\tilde{\omega}_{nm}^4 + \tilde{V}_{nm}\tilde{\omega}_{nm}^2(\tilde{\omega}_{0m}^2 - 4\tilde{\omega}_{nm}^2)^2}{2\tilde{\omega}_{0m}^2(16\tilde{\delta}^2\tilde{\omega}_{nm}^2 + (\tilde{\omega}_{0m}^2 - 4\tilde{\omega}_{nm}^2)^2)}, \quad (3.4)$$

$$\tilde{\lambda}_{nm} = \frac{\tilde{V}_{nm}\tilde{\omega}_{nm}^2/2}{\sqrt{(\tilde{\omega}_{0m}^2 - 4\tilde{\omega}_{nm}^2)^2 + 16\tilde{\delta}^2\tilde{\omega}_{nm}^2}}, \quad (3.5)$$

$$\tilde{\omega}_m^{res} = \frac{\omega_{0m}^2}{2\sqrt{\omega_{0m}^2 - 2\delta^2}}, \quad (3.6)$$

$$\tilde{\lambda}_m^{res} = \frac{\tilde{V}_{nm}\omega_{0m}^2}{16\tilde{\delta}\sqrt{\omega_{0m}^2 - \delta^2}}, \quad (3.7)$$

де $\tilde{\omega}_m^{res}$ – резонансне значення частоти m -того нейрона; $\tilde{\lambda}_m^{res}$ – резонансне значення синаптичного зв'язку між m -им та n -им нейронами; $\tilde{\omega}_{nm}$ – частота n -го спектрального образу, що поступає на m -ий осциляторний нейрон у прихованому шарі.

Необхідно зазначити, для того, щоб були коливання необхідно, щоб у формулі (3.6) $2\delta^2 < \omega_{0m}^2$. В іншому випадку коливань не буде, тому що $\tilde{\omega}_m^{res}$ буде комплексним.

Оскільки у біологічних нейронах після потенціалу дії мембрани нейронної клітини існує рефрактерний період (час релаксації $t_r = 2\text{мс} - 30\text{мс}$), тому в штучному нейроні, при його функціонуванні в неперервному (дискретному) часі необхідно ввести нелокальність за часом – запізнення t_r . Таке введення дозволяє також

згладжувати випадкові стрибки сигналу $U_m(\tau)$. Нелокальність може здійснювати як суматор, так і сам нейрон. Якщо нелокальність задається лінійно, то можна записати:

$$\ddot{U}_m(\tau) = \int_0^{\tau} e^{-\alpha_1 t} U_m(\tau - t) dt, \quad (3.8)$$

де $U_m(\tau - t)$ розв'язок (3.3) рівняння (3.2); $0 < \alpha_1 < 1$.

Підставивши формулу (3.5) у формулу (3.3) з урахуванням $|\sin(2\tilde{\omega}_{nm}\tau + \phi_n)| \leq 1$, отримаємо нерезонансне амплітудне значення на виході m -го нейрона, коли на вхід цього нейрона поступає N мультиспектральних сигналів. Відповідно до цього отримаємо:

$$U_m = \sum_{n=1}^N \tilde{V}_{nm} x_n, \quad (3.9)$$

$$\text{де } x_n = \frac{\tilde{\omega}_{nm}^2/2}{\sqrt{(\tilde{\omega}_{0m}^2 - 4\tilde{\omega}_{nm}^2)^2 + 16\delta^2\tilde{\omega}_{nm}^2}}.$$

Для отримання резонансного амплітудного значення сигналу підставимо (3.7) у формулу (3.3) та отримаємо:

$$U_m^{res} = \sum_{n=1}^N \tilde{V}_{nm} \frac{\omega_{0m}^2}{16\delta\sqrt{\omega_{0m}^2 - \delta^2}} \quad (3.10)$$

Необхідною умовою розпізнавання мультиспектральних образів за резонансним ефектом є виконання нерівності $|\tilde{\omega}_{nm} - \tilde{\omega}_{res}| \leq \varepsilon$, де $0 < \varepsilon \ll 1$.

Вихідний шар нейронів має порогову функцію активації. Ці нейрони використовують для визначення певного класу рішень, до якого належать (або не належать) вхідні спектральні образи.

$$y_k = \varphi\left(\sum_{m=1}^M v_{mk} U_m - v_0\right) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \sum_{m=1}^M v_{mk} U_m - v_0 \geq 0 \\ 0, & \text{якщо } \sum_{m=1}^M v_{mk} U_m - v_0 < 0 \end{cases}; \quad k = \overline{1, K}, \quad (3.11)$$

де y_k – вихідний сигнал k -го лінійного осциляторного нейрона, v_{mk} – вагові коефіцієнти між нейронами прихованого шару та нейронами вихідного K -го шару.

Якщо зовнішній сигнал з частотою $\omega_{\text{вн}}$ співпадає з частотою власних коливань нейрона $\omega_{\text{вн}}$, то виникає інформаційний резонанс з амплітудою, якій приписується булева одиниця. Критерієм розпізнавання сигналу з амплітудою співмірною рівню шуму при резонансі є мінімальна евклідова відстань між частотою зовнішнього сигналу та власною частотою коливань осциляторних нейронів, яка повинна бути меншою за ширину частотного спектру шумового сигналу.

3.2. Математична модель нейронної мережі з нелінійними осциляторними нейронами

З аналізу літературних джерел випливає, що існуючі моделі нелінійних осциляторних нейронних мереж мають певні недоліки. Зокрема:

- коли різні нейрони мають різну динаміку, кожному збуджувальному нейрону потрібно приписувати інше значення параметрів, що вимагає збільшення обчислювального ресурсу;
- не враховується число імпульсів струму, які подаються на вхід нейронів;
- взаємодія нейронів враховується тільки завдяки однієї випадкової змінної, яка однорідно розподілена на інтервалі $[0, 1]$, що входить в параметри моделі;
- не враховується час релаксації нейрона після потенціалу його дії;

У роботах автори сформулювали припущення, що нейрони мозку людини генерують опорні хвилі різної частоти $(\omega_{\alpha}, i=1,2,\dots,k)$. За допомогою опорних хвиль з визначеною періодичністю здійснюються «опитування» нейронів, тобто реалізується аналіз вхідного зображення на різних частотах і порівнюються відгуки на вхідні образи, які раніше були запам'ятовані. При цьому кожен нейрон, який

працює за принципом «питання – відповідь», відповідає тільки на те питання, на яке «знає» відповідь, як це виконує, наприклад, нейрон Гроссберга. Основою нейронів мозку людини є мікротрубочкицитоскелету. Субодиницямікротрубочкицитоскелету є молекули тубуліна. Структура такої молекули представляє собою димер, тобто складається з двох частин (α і β – тубулін) з'єднаних за допомогою тонкої перемички. Приблизні резонансні частоти молекул тубуліна, які є субодиницямікротрубочкицитоскелету, складають $\omega_{\alpha}^{res} = 10^{11} \text{ Hz} - 10^{13} \text{ Hz}$. Таким чином, можна припустити, що резонансна частота біологічних нейронів приблизно буде такою ж, як резонансна частота молекул тубуліна.

Розглянемо сенсорний нелінійний осциляторний нейрон виду Ван-Дер-Поля (пороговий пристрій) з власною динамікою ω_{0k} , який здатний генерувати імпульси за відсутності зовнішніх нестационарних сигналів ($V_k(t) = 0$), коли кількість наявних у сенсорному нейроні імпульсів N_{0k} досягає порогового значення N_{ck} ($N_{0k} > N_{ck}$). Тобто, такий нейрон може розглядатися як пороговий пристрій, який перетворює вхідний нестационарний сигнал $V_k(t)$ на послідовність імпульсів на виході (Рис. 3.2) внаслідок «накладання» динаміки вхідного нестационарного сигналу $V_k(t)$ на власну динаміку нейрона. Через це аналіз процесу перетворення сигналів сенсорним нелінійним осциляторним нейроном ускладнюється. Про складну динаміку перетворення вхідного нестационарного сигналу, що подається на біологічний сенсор з власною динамікою, свідчить експериментальний запис сигналу (Рис. 3.3), що генерується біологічним нейроном без дії зовнішнього сигналу (інтервал $0 < t < 110 \text{ c}$ з послідовністю низькочастотних δ -імпульсів). На інтервалі часу $110 \text{ c} < t < 200 \text{ c}$ з (Рис. 3.3) зображено результат взаємодії зовнішнього сигналу з біологічним сенсором з власною динамікою, яка приводить до формування послідовності високочастотних δ -імпульсів.

Тоді задача динаміки нелінійного осциляторного нейрона за наявності зовнішніх нестационарних сигналів різних за формою, частотою та амплітудою полягає у визначенні частотно-часової та часової залежності морфології сигналу на виході нелінійного осциляторного нейрона в межах нелінійної моделі Ван-дер-Поля з урахуванням порогового ефекту нейрона та встановленні критерію виникнення резонансних ефектів у нелінійному осциляторному нейроні. Авторами роботи на основі техніки подвійного вейвлет-аналізу було досліджено частотно-часову динаміку сенсорного нейрона (порогового пристрою) з урахуванням взаємодії його власної динаміки та динаміки, зумовленої дією зовнішнього нестационарного сигналу. При цьому сенсорний нейрон моделювався як пороговий пристрій, що перетворює вхідний сигнал у послідовність імпульсів на виході. Ця послідовність імпульсів описувалась послідовністю дельта-функцій Дірака, кожна з яких відповідає моменту генерації імпульсу (спайку). Ці модельні імпульси мають однакову форму і амплітуду, тому інформація про зовнішню дію осциляторного сигналу відображається тільки в часових інтервалах між моментами їх генерації.

Нейронна мережа N нелінійних взаємопов'язаних осциляторних нейронів до здійснення діагоналізації матриці вагових синаптичних зв'язків описується системою N нелінійних рівнянь (3.1) відповідно:

$$\ddot{X}_k + \mu_k \{ [X_k + \sum_{j=1}^N \lambda_{jk} X_j]^2 - p_k^2(N_{ок}; N_{ск}) \} \dot{X}_k + \omega_{ок}^2 [X_k + \sum_{j=1}^N \lambda_{jk} X_j] = V_k(t), \quad (3.12)$$

$$\text{де } k=1,2,3,\dots,N; V_k(t) = \begin{cases} V_1(t), k=1 \\ X_{k-1}(t), k=2,3,4,5,\dots,N \end{cases}; \lambda_{jk} = 0 \text{ при } j=k.$$

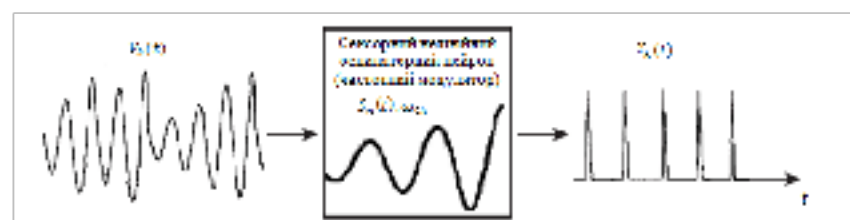


Рис. 3.2. Схематичне зображення процесу перетворення вхідного сигналу $V_k(t)$ сенсорним нелінійним осциляторним нейроном (пороговим пристроєм). Часи генерації імпульсів на виході порогового пристрою $X_k(t)$ відповідають моментам перетину порогового рівня

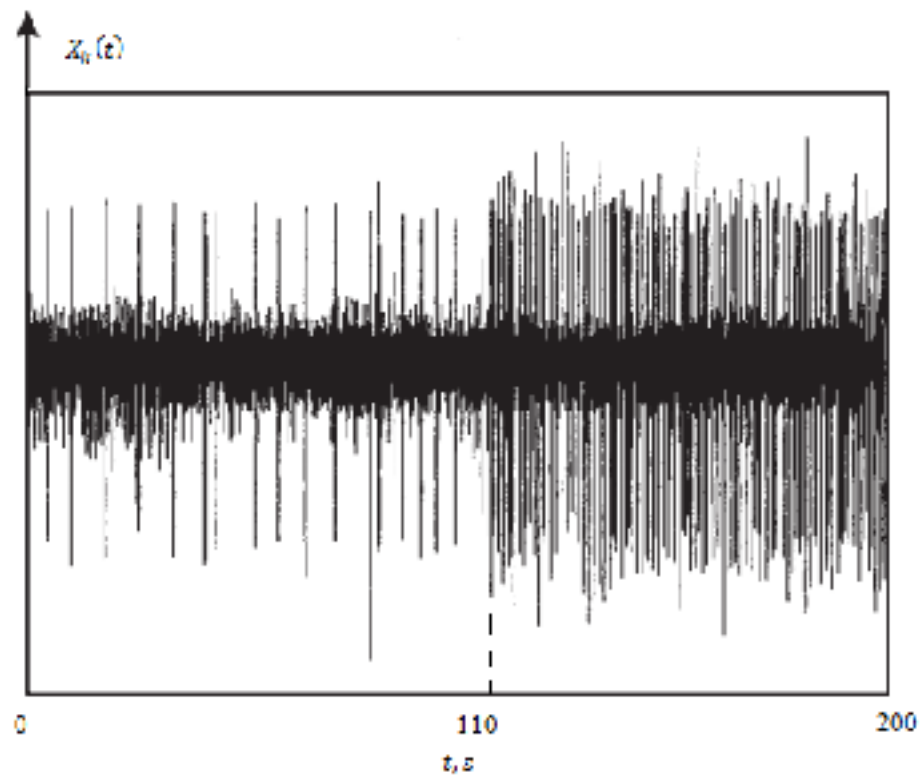


Рис. 3.3. Приклад експериментального запису сигналу, що генерується біологічним нейроном

$V_1(t)$ – несучий інформаційний сигнал, який поступає на перший нелінійний нейрон мережі нейронів, взаємопов’язаних ваговими синаптичними коефіцієнтами λ_{jk} ;

$X_{k-1}(t)$ – спотворений $(k-1)$ нейронами несучий інформаційний сигнал, що поступає на k -й нелінійний нейрон;

$p_k^2(N_{0k}; N_{ck}) = p_{0k}^2 \tanh\left(\frac{N_{0k} - N_{ck}}{\sigma_k^2}\right)$ – параметр амплітуди k -го нейрона;

$N_{0k}, N_{ck}, \sigma_k^2$ – число імпульсів, які приходять на k -й нейрон, порогове значення імпульсів k -го нейрона та дисперсія відповідно;

ω_{0k}^2 – власна частота k -го нелінійного осциляторного нейрона;

$V_k(t)$ – вхідний нестационарний сигнал, який поступає на k -й нейрон.

Нелінійний осциляторний нейрон має власну динаміку і генерує імпульси за відсутності зовнішніх сигналів при $N_{ok} > N_{ck}$, оскільки за цієї умови $\tanh(\frac{N_{ok} - N_{ck}}{\sigma_k^2}) > 0$ і відповідно $p_k^2(N_{ok}; N_{ck}) > 0$. Дискретно-часова модель нелінійного осциляторного нейрона може бути отримана з аналогової нелінійної моделі способом конвертування диференціальних рівнянь у відповідні різницеві рівняння.

Використаємо операцію діагоналізації (співвідношення (3.5) – (3.9)) для нелінійної моделі системи взаємопов'язаних осциляторних нейронів (3.12).

Після операції діагоналізації вагових коефіцієнтів синаптичних зв'язків [моя робота] $\lambda_{jk} \rightarrow \tilde{\lambda}_{jk} = \beta_j \delta_{jk}$ система N нелінійних рівнянь (3.12) набуде вигляду:

$$\ddot{X}_k + \mu_k \left\{ X_k^2 [1 + \beta_k]^2 - p_k^2(N_{ok}; N_{ck}) \right\} \dot{X}_k + \omega_{ok}^2 [X_k [1 + \beta_k]] = V_k(t). \quad (3.13)$$

Діагоналізація матриці вагових синаптичних зв'язків приводить до розпаду системи нелінійних рівнянь (2.12) на окремі незалежні нелінійні рівняння (2.13).

Розв'язок рівняння (2.13) знаходимо методом Крилова-Боголюбова-Митропольського [130] і методом послідовних наближень у вигляді

$$X_k^{(n)}(t) = a_k^{(n)}(t) \sin \psi_k^{(n)}(t), \quad (3.14)$$

де $n = 1, 2, 3, \dots, N$ – номер ітерації;

$$\psi_k^{(n)}(t) = \omega_{ok} t + \phi_k^{(n)}(t),$$

де $a_k^{(n)}(t)$ і $\phi_k^{(n)}(t)$ – функції часу, які добираються так, щоб співвідношення (3.14) задовольняло рівняння (3.13). Крім цього накладаємо умову, що $a_k^{(n)}(t)$ є повільно змінна функція, тобто

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{a_k^{(n)}(p_k \mu_k t)}{a_k^{(n)}(p_k t)} = 1. \quad (3.15)$$

Але оскільки функцій є дві $a_k^{(n)}(t)$ і $\psi_k^{(n)}(t)$, а рівняння одне, то ця умова неоднозначно визначає функції. Будемо вимагати, щоб виконувалась також умова

$$\dot{X}_k^{(n)} = \omega_{0k} a_k^{(n)}(t) \cos \psi_k^{(n)}(t), \quad (3.16)$$

$$\text{де } \dot{X}_k^{(n)} = \frac{dX_k^{(n)}(t)}{dt}.$$

Підставляючи (3.14) в (3.13) і враховуючи умову (3.16), отримаємо систему рівнянь для $a_k^{(n)}(t)$ і $\psi_k^{(n)}(t)$:

$$\begin{cases} \frac{da_k^{(n)}(t)}{dt} = -a_k^{(n-1)}(t) \mu_k \left[\left(a_k^{(n-1)}(t) \right)^2 (1 + \beta_k)^2 \sin^2 \psi_k^{(n-1)}(t) - p_k^2 (N_{\alpha}; N_{\alpha}) \right] \cos^2 \psi_k^{(n-1)}(t) + V_k(t) \cos \psi_k^{(n-1)}(t) \\ \frac{d\psi_k^{(n)}(t)}{dt} = \omega_{0k} + \mu_k \left[\left(a_k^{(n-1)}(t) \right)^2 (1 + \beta_k)^2 \sin^2 \psi_k^{(n-1)}(t) - p_k^2 (N_{\alpha}; N_{\alpha}) \right] \sin \psi_k^{(n-1)}(t) \cos \psi_k^{(n-1)}(t) - \frac{V_k(t) \sin \psi_k^{(n-1)}(t)}{a_k^{(n-1)}(t)} \end{cases} \quad (3.17)$$

Усереднимо праву частину системи рівнянь (3.17) за період 2π при $V_k(t)=0$ за правилом [130]:

$$\langle \Phi \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \Phi(\psi_k^{(n)}) d\psi_k^{(n)}. \quad (3.18)$$

У нульовому наближенні вирази для $a_k^{(0)}(t)$ і $\psi_k^{(0)}(t)$ знаходимо з такої системи рівнянь:

$$\frac{da_k^{(0)}(t)}{dt} = A(a_k^{(0)}(t)), \quad \frac{d\psi_k^{(0)}(t)}{dt} = B(a_k^{(0)}(t)), \quad (3.19)$$

$$\text{де } A(a_k^{(0)}(t)) = -a_k^{(0)}(t) \mu_k \left(\frac{(a_k^{(0)})^2}{8} (1 + \beta_k)^2 - \frac{p_k^2}{2} \right), \quad B(a_k^{(0)}(t)) = \omega_{0k} (1 + \beta_k).$$

Інтегруючи рівняння (3.19), отримаємо в нульовому наближенні вирази для $a_k^{(0)}(t)$ і $\psi_k^{(0)}(t)$:

$$a_k^{(0)}(t) = \frac{2p_k}{\sqrt{(1 + \beta_k)^2 + e^{-p_k^2 \mu_k t}}}, \quad (3.20)$$

$$\psi_k^{(0)}(t) = \omega_{0k} (1 + \beta_k)^{\frac{1}{2}} t, \quad (3.21)$$

де $a_k^{(0)}(t)$ задовольняє критерію (3.2.5) повільно змінної функції.

Таким чином, амплітуда коливань $a_k^{(0)}(t)$, що згенеровані k -им нелінійним осциляторним нейроном змінюється від 0 при $t \rightarrow -\infty$ до 2 при $t \rightarrow \infty$.

Характерною особливістю автоколивань нейронного генератора є незалежність амплітуди від початкових умов. Крім цього, як видно з формул (3.20), (3.21), операція діагоналізації нелінійної осциляторної нейронної мережі, яка врахована параметром β_k , приводить до перенормування амплітуди коливань $a_k^{(0)}(t)$ та власної частоти $\bar{\omega}_{0k} = \omega_{0k} (1 + \beta_k)$. Для знаходження виразів $a_k^{(1)}(t)$ і $\psi_k^{(1)}(t)$ у першому наближенні ($n=1$) необхідно підставити вирази (3.20), (3.21) у систему рівнянь. Внаслідок інтегрування отримаємо у першому наближенні вирази для $a_k^{(1)}(t)$ і $\psi_k^{(1)}(t)$.

Процес ітерації припиняється, коли будуть виконуватися умови:

$$\left| \frac{a_k^{(n)}(t) - a_k^{(n-1)}(t)}{a_k^{(n)}(t)} \right| \ll \delta, \quad \left| \frac{\psi_k^{(n)}(t) - \psi_k^{(n-1)}(t)}{\psi_k^{(n)}(t)} \right| \ll \delta, \quad (3.22)$$

де $\delta = 10^{-5}$.

3.3. Структура системи розпізнавання РТР та РР

З метою визначення структури ІДС, та враховуючи завдання, які вона повинна виконувати, необхідно зазначити наступне:

ІДС є апаратно-програмним виробом який містить у своєму складі апаратуру зв'язку, спряження, обчислювальний комплекс з відповідними базами даних (командування, штабів, підлеглих, доданих підрозділів, сусідів тощо), апаратуру візуалізації тактичної інформації на фоні топографічної карти, довідкової інформації тощо), органи управління.

Апаратура, зокрема вбудовані обчислювачі, повинні працювати в жорстких умовах (низьких або високих температур, тряски, ударів, вологості, пилу тощо) експлуатації.

Бажано розглянути можливість розробки ІДС у варіантах для носіння та перевезення.

На рис. 3.4 представлено структурну схему апаратної компоненти Інформаційно-довідкової системи розпізнавання підрозділів сухопутних військ на

полі бою за стандартами НАТО, яка містить такі блоки: обчислювальний комплекс засоби відображення інформації, пристрій спряження, апаратуру прийому-передачі даних, пульт управління.

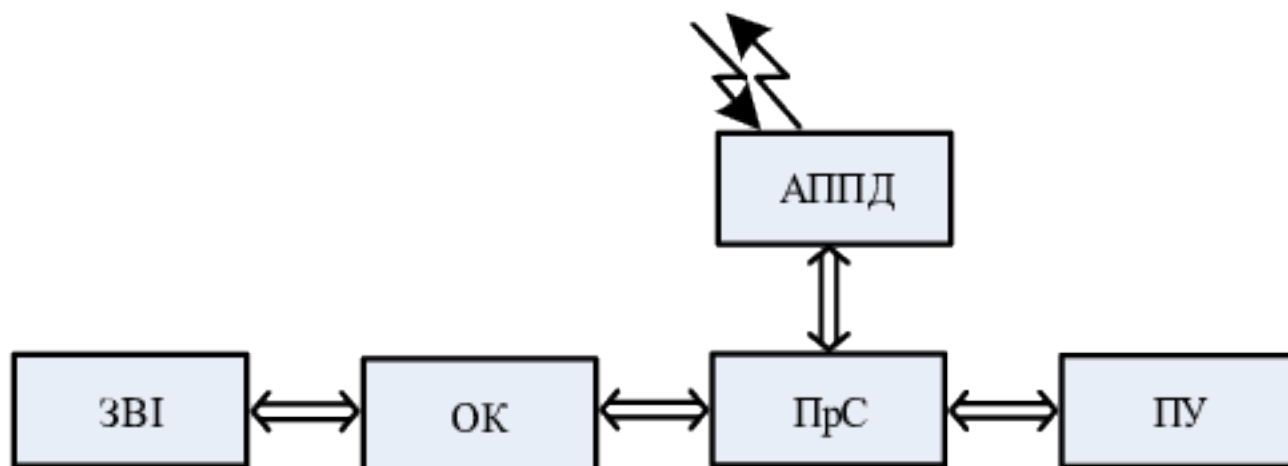


Рис. 3.4. Структурна схема системи

Система починає працювати із появи Головного меню у діалоговому вікні.

1. Призначення.
2. Нормативні документи.
3. Терміни та визначення.
4. Умовні позначки та скорочення.
5. Вимоги та методи ідентифікації.
6. Форми опитування охороною.
7. Стандарти, методи і процедури.
8. Інформаційна база.

Користувач обирає потрібний інформаційний блок шляхом “кліка” лівої кнопки “миші” на відповідному рядку. У нашому прикладі це буде 5-й рядок. У діалоговому вікні з’являється меню “Вимоги та методи ідентифікації”.

Вимоги та методи ідентифікації

1. Загальні положення.

2. Розпізнавання “дружніх сил”.

При обранні опції із 2-го рядку у діалоговому вікні з'являється меню “Розпізнавання “дружніх сил”.

Розпізнавання “дружніх сил”

1. Взаємна ідентифікація.
2. Ідентифікація знаків і сигналів.
3. Обмеження у використанні.
4. Додаткові рекомендації.
5. Обмін інформацією про ідентифікацію та розпізнавання.
6. Обов'язки командування.
7. Формування наказів.
8. Оперативне управління.

При обранні опції із 2-го рядку у діалоговому вікні з'являється меню “Ідентифікація знаків і сигналів”.

Ідентифікація знаків і сигналів:

1. Зовнішній вигляд особового складу та вид озброєння.
2. Динаміка дій.
3. Часові параметри.
4. Звукові характеристики.
5. Електронні випромінювання.
6. Інфрачервоний (ІЧ) спектр.
7. Сигнали.
8. Відомості про дислокацію військ.
9. Наземні/повітряні панелі бойової ідентифікації.

При обранні опції із 9-го рядку у діалоговому вікні з'являється інформація щодо “Наземні/повітряні панелі бойової ідентифікації”.

Бойова ідентифікаційна панель (Combat Identification Panel – CIP)

1. Визначення. CIP – це пристрій середнього і далекого діапазону ІЧ випромінювання, що кріпиться до машин, озброєння та споруд. Він утворює контрастну холодну пляму в сигнатурі об'єкта, яка може бути виявлена за допомогою тепловізійних датчиків. На основі такого контрасту оператори датчиків (наприклад, навідник) можуть визначити належність об'єкта до своїх чи ворожих військ. Недостатній рівень контрасту не є підставою для ідентифікації об'єкта як чужого, але і не дозволяє визнати його своїм.

2. Опис. CIP – це тверда поверхня, розмірами 0,6 м x 0,8 м, що працює як теплове дзеркало, відбиваючи контрастно холодну температуру атмосфери. CIP може мати форму плоскої панелі або групи вузьких жалюзійних панелей. Панелі CIP виготовляють із міцного матеріалу; з однієї сторони вони майже не випромінюють тепло і розроблені таким чином, щоб їх можна було б перевертати на зворотну сторону та маскувати. Зазвичай CIP кріпляться до бойових машин, а також до іншого оснащення та поверхонь.

3. Встановлення та кріплення CIP.

Колір CIP. В ідеалі, для кращого маскування колір CIP повинен відповідати кольору поверхні, до якої він буде прикріплений. Колір зворотної сторони CIP повинен відповідати кольору лицьової сторони.

Видимість. Для найкращої видимості транспортного засобу з будь-якого ракурсу необхідно розмістити на ньому від 4 до 10 панелей.

Кут відбивання. Кожну панель слід розташувати таким чином, щоб забезпечити відбивання більш холодного випромінювання від неба та створити при цьому необхідну поверхню, яку б максимально розпізнавали тепловізійні датчики. CIP чітко визначить “холодні зони”, лише якщо використано правильний кут відбивання та створено необхідну поверхню, яку б розпізнавали датчики. Для найкращого визначення “холодних зон” панелі слід розташовувати під кутом 20°-30° (рис. 3.5.)

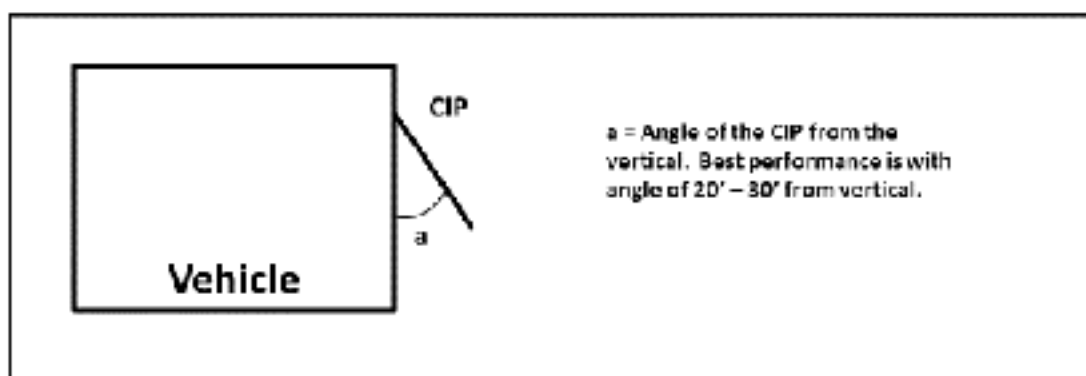


Рис. 3.5. Кут кріплення бойової ідентифікаційної панелі (CIP)

д) Характеристики. Конструкція CIP повинна характеризуватись міцністю, одноманітністю форми та простотою монтажу, оскільки втрата такої панелі призводить до невизначеності своїх об'єктів. Міцність є найважливішим фактором у використанні CIP. Однакове розміщення покращує якість ідентифікації, а однакова форма полегшує технічне обслуговування та перевезення панелей. Простота монтажу також зменшує витрати на технічне обслуговування.

е) Способи кріплення. Найефективнішою системою кріплення є металева рамка, яка дозволяє перевернути CIP на зворотну сторону або замаскувати. Замаскована чи перевернута панель переходить у неробочий режим. Металеві рамки кріпляться за допомогою кронштейнів, гачків та петель.

4. Ідентифікація CIP

Обмеження діапазону дії. Ефективність роботи CIP залежить від властивостей теплових датчиків та розміру (площі поверхні випромінювання) панелі. На відстані більше 2500 м ефективність роботи CIP зменшується, особливо в процесі руху машини. Використання CIP на відстанях більше 1500 м ускладнюється тим, що прицільні сітки тепловізорів можуть затемнювати холодні ділянки зображення. Навіть на відстанях менше 1500 м може бути важко ідентифікувати CIP під час прямої наводки прицілу на ціль. Перемикаючи режими тепловізора з “білий-гарячий” (whitehot) на “чорний-гарячий” (blackhot), можна збільшити ймовірність ефективної ідентифікації CIP. Зображення CIP холодного контрасту на фоні

гарячого транспортного засобу є набагато чіткішим під час використання режиму “чорний-гарячий”.

Навчання з використання СІР. Швидко та точно виявлена СІР дозволяє бойовим екіпажам уникнути вогневого ураження своїх сил. Тому підготовка до використання СІР повинна увійти до вже існуючої програми навчань із застосування ідентифікаційних панелей. Після прибуття на театр воєнних дій і перед початком операції слід провести навчання (тренування) для підтвердження ефективності роботи СІР. Навчання також повинно включати визначення можливих варіантів розміщення СІР на платформах, що допомагає стрільцю здійснювати запит про ціль. Перед початком дій слід провести тренінг із розпізнавання в режимах “білий гарячий” та “чорний гарячий”. Під час навчання можуть бути також розроблені та використані бібліотеки профілів теплових загроз.

5. Рекомендації щодо застосування панелі бойової ідентифікації (СІР)

Загальні вказівки. Використання панелей бойової ідентифікації (СІР) не повинно бути єдиним засобом розпізнавання цілей, оскільки вони можуть бути пошкоджені, втрачені під час транспортування або ефективність їхньої роботи може бути знижена через потрапляння на поверхню пилу/бруд тощо. Крім того, нестрійові (не бойові) сили на полі бою не використовують такі пристрої розпізнавання. СІР повинна розглядатись лише як один із засобів, що сприяє достовірному розпізнаванню об'єкта.

Випадки зниження ефективності роботи СІР. За певних обставин ефективність роботи СІР може знижуватись. Контрастність зображення може зменшуватись у зв'язку з високою хмарністю, поганою видимістю на полі бою, густим листяним покривом або накопиченим пилом/брудом на поверхні СІР. Особливості рельєфу, дерева та інша рослинність, природні укриття вогневих позицій та інші перешкоди можуть спотворювати відображення та ускладнювати розпізнавання будь-яких бойових засобів.

Заходи безпеки. Використання конкретних конфігурацій СІР протягом тривалого часу є небезпечним. Противник може достатньо легко та швидко

відтворити подібні конфігурації. Отже, слід зазначити на важливості застосування СІР на якомога більш пізніх етапах операції, наскільки це дозволяють заходи безпеки.

Введення в оману. СІР можуть бути використані противником для введення в оману, оскільки їх можна імітувати, цілеспрямовано чи мимоволі. В будь-якому випадку ідентифікація здійснюється на основі теплового або візуального розпізнавання об'єкта із застосуванням усіх засобів та процедур розпізнавання.

Цілеспрямована імітація. У випадку цілеспрямованої імітації, противник навмисно копіює панелі для порушення ефективності їх використання.

Контрзаходи полягають у переведенні панелей своїх військ у неробочий режим.

Ненавмисна імітація. У випадку мимовільної імітації характеристики об'єкта формують картину “холодної ділянки”, схожої до зображення СІР. Цей ефект може спостерігатись на деяких транспортних засобах за наявності лобового скла, ящиків для інструментів, багажних полиць, гусеничних траків тощо. Засобом протидії є необхідна підготовка з виявлення теплової сигнатури цілі. Особлива увага звертається на використання сигналів зображення цілого об'єкта, а не лише СІР.

6. Передбойовий огляд. Перевірка встановлених СІР повинна здійснюватися під час проведення передбойового огляду та профілактичного обслуговування. Перевірка стану СІР включає такі основні кроки:

- перевірка правильності розташування (встановлення) всіх СІР;
- перевірка відсутності пошкоджень або ненадійного закріплення;
- заміна або ремонт усіх незакріплених, пошкоджених або втрачених СІР;
- очищення від пилу, бруду, піску, снігу та інших елементів, що можуть перешкоджати роботі СІР. Для очищення слід використовувати м'яку тканину, не забруднену олією, жиром, пальним тощо;
- перевірка надійності закріплення термострічки, у випадку її застосування;
- перевірка візуалізації кожної СІР у тепловізорі.

Прокрутка інформації, що відображається на моніторі здійснюється в режимі “PageUp/Down”.

Пошук інших необхідних інформаційних кластерів здійснюється аналогічно.

Структура ІДС дозволяє вводити нові задачі на усіх рівнях ієрархії, доповнювати та модифікувати її інформаційні бази.

Висновки до третього розділу

1. Інформаційна система виявлення РТР та РР забезпечує:

- компактне збереження великих обсягів інформації;
- структуроване відображення збереженої інформації;
- оперативний доступ до необхідних документів або навіть їх фрагментів у величезних масивах даних.

2. Структура Системи є відкритою. Вона допускає виключення старих завдань та введення нових, оновлення та розширення інформаційних масивів в базах даних.

РОЗДІЛ 4

Практична реалізація

4.1. Опис створеного програмного продукту

Робота “Інформаційно-довідкової системи розпізнавання підрозділів сухопутних військ на полі бою за стандартами НАТО” побудована за принципом “вкладених меню”. Розглянемо порядок її роботи на прикладі пошуку інформації щодо інформаційного кластеру “Наземні/повітряні панелі бойової ідентифікації” – однієї з типових задач.

Система починає працювати із появи Головного меню у діалоговому вікні.

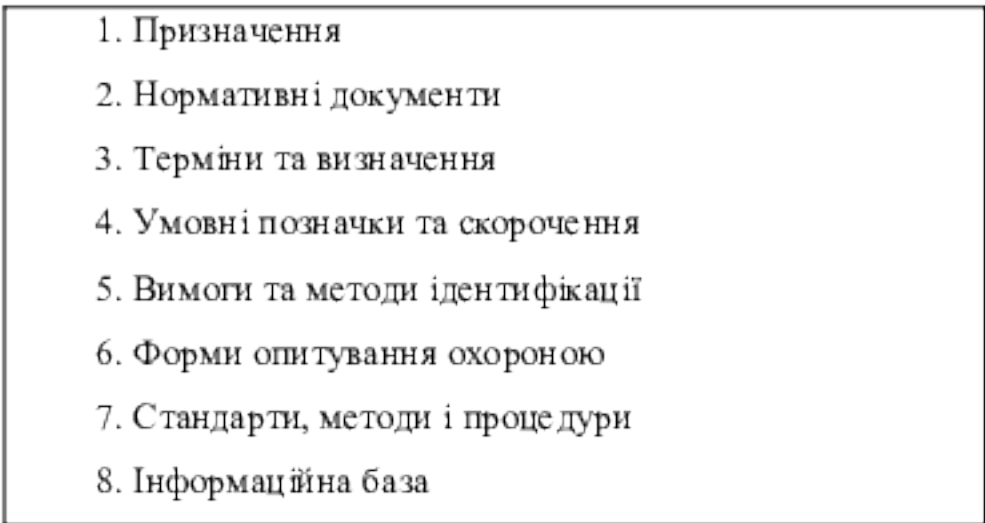
- 
1. Призначення
 2. Нормативні документи
 3. Терміни та визначення
 4. Умовні позначки та скорочення
 5. Вимоги та методи ідентифікації
 6. Форми опитування охороною
 7. Стандарти, методи і процедури
 8. Інформаційна база

Рис. 4.1. Головне меню у діалоговому вікні

Користувач обирає потрібний інформаційний блок шляхом “кліка” лівої кнопки “миші” на відповідному рядку. У нашому прикладі це буде 5-й рядок. У діалоговому вікні з’являється меню “Вимоги та методи ідентифікації”.

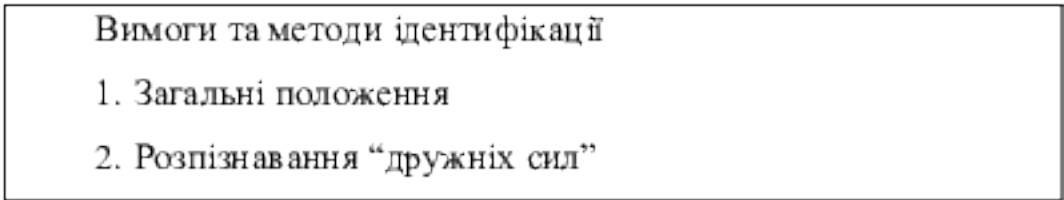
- 
- Вимоги та методи ідентифікації
1. Загальні положення
 2. Розпізнавання “дружніх сил”

Рис. 4.2. Меню “Вимоги та методи ідентифікації” у діалоговому вікні

При обранні опції із 2-го рядку у діалоговому вікні з'являється меню “Розпізнавання “дружніх сил””.

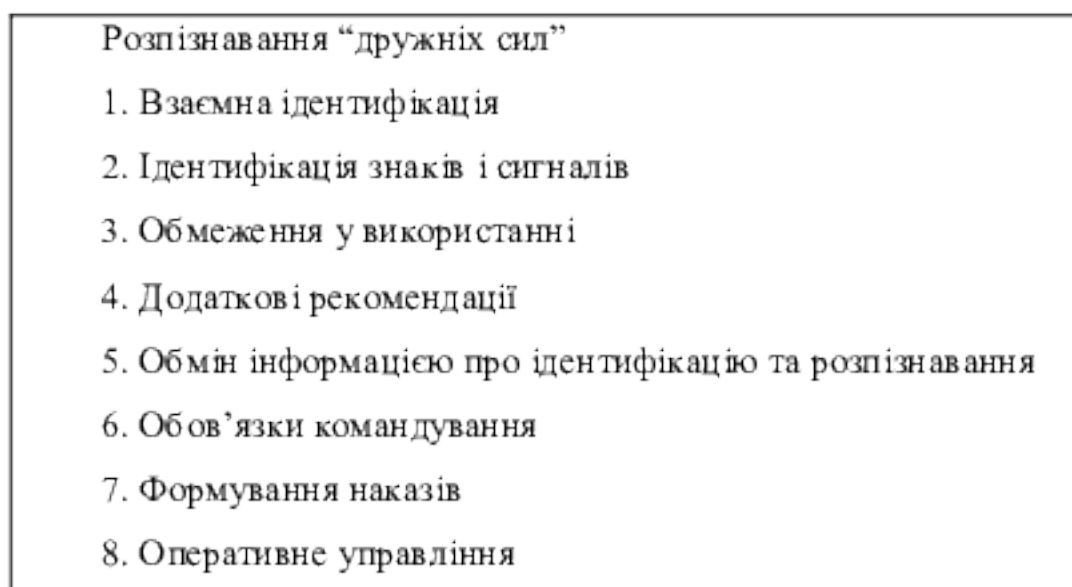


Рис. 4.3. Меню “Розпізнавання дружніх сил” у діалоговому вікні

При обранні опції із 2-го рядку у діалоговому вікні з'являється меню “Ідентифікація знаків і сигналів”.

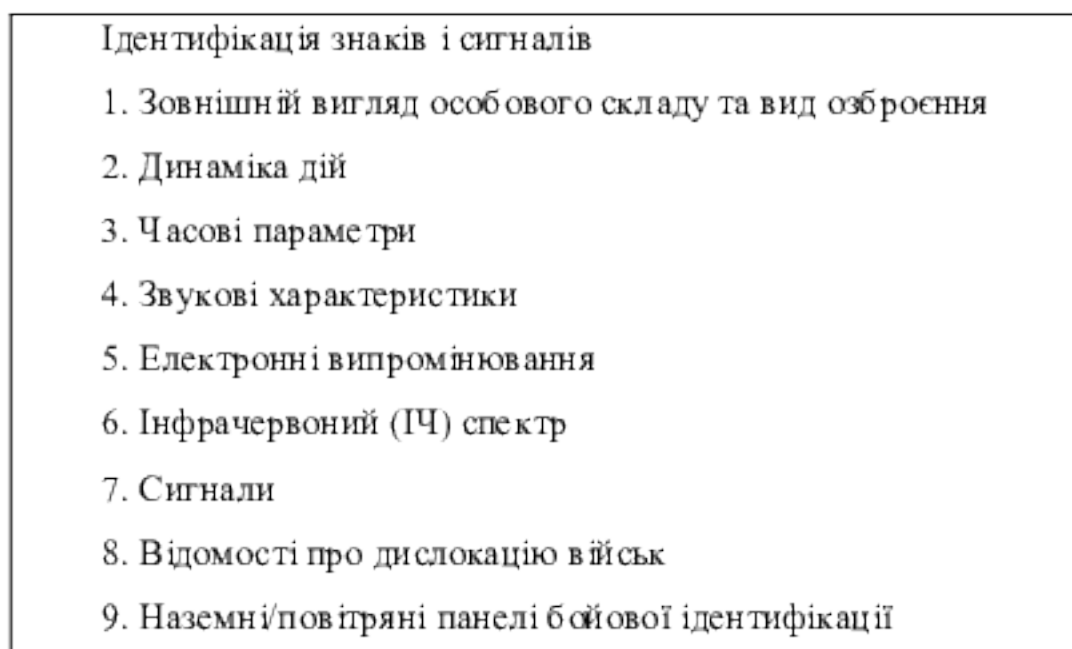


Рис. 4.4. Меню “Ідентифікація знаків і сигналів” у діалоговому вікні

При обранні опції із 9-го рядку у діалоговому вікні з'являється інформація щодо "Наземні/повітряні панелі бойової ідентифікації".

Прокрутка інформації, що відображається на моніторі здійснюється в режимі "PageUp/Down".

Пошук інших необхідних інформаційних кластерів здійснюється аналогічно.

Структура ІДС дозволяє вводити нові задачі на усіх рівнях ієрархії, доповнювати та модифікувати її інформаційні бази.

На основі моделі, розробленої у підрозділі 2.1., створено математичну модель архітектури тришарової осциляторної нейронної мережі, яка описується виразом:

$$Y = \begin{cases} 1, \text{if } \sum_{m=1}^{10} v_m * \frac{1}{1 + e^{-\beta \sum_{i=1}^5 V_{im} * \frac{\Omega_{im}^2}{2\sqrt{(\omega_{im}^2 - 4\Omega_{im}^2)^2 + 16\delta^2\Omega_{im}^2}}}} - v_0 > 0 \\ 0, \text{if } \sum_{m=1}^{10} v_m * \frac{1}{1 + e^{-\beta \sum_{i=1}^5 V_{im} * \frac{\Omega_{im}^2}{2\sqrt{(\omega_{im}^2 - 4\Omega_{im}^2)^2 + 16\delta^2\Omega_{im}^2}}}} - v_0 \leq 0 \end{cases}, \quad (4.1)$$

де Y – функція активації вихідного шару, V_{im} – зовнішній i -й сигнал ($i = \overline{1,5}$), який подається з сенсорного (першого) шару, що містить 5 сенсорних нейронів на m -й нейрон прихованого (другого) шару, що містить 10 нейронів; Ω_{im} – частота i -того зовнішнього сигналу V_{im} , що подається на m -й нейрон прихованого (другого) шару нейромережі; δ – параметр затухання нейронів; β – крутизна функції активації; ω_{im} – власна частота m -того нейрона ($m = \overline{1,10}$), яка відіграє роль синаптичних зв'язків між i -им сенсорним нейроном першого шару та m -им нейроном прихованого шару; v_m – вагові коефіцієнти синаптичних зв'язків між нейронами прихованого (другого) шару та вихідного (третього) шару, який має тільки один нейрон.

Для моделі нейронної мережі (4.1) розроблено алгоритм навчання та програму для розпізнавання мультиспектральних образів на основі інформаційного резонансу.

Алгоритм навчання складається з таких кроків:

Ініціалізація мережі: вагові коефіцієнти і зсуви мережі приймають малі випадкові значення. Задається коефіцієнт швидкості навчання $\eta (0 < \eta < 1)$ та максимально допустиме значення середньоквадратичної помилки навчання $E_{\max}$.

Визначаємо y_i – еталонне значення для кожного елементу навчальної вибірки з

$$y_i = \begin{cases} 1, & \left| \Omega_{im} - \frac{\omega_{im}^2}{2\sqrt{\omega_{im}^2 - 2\delta^2}} \right| \leq \varepsilon \\ 0, & \left| \Omega_{im} - \frac{\omega_{im}^2}{2\sqrt{\omega_{im}^2 - 2\delta^2}} \right| > \varepsilon \end{cases},$$

умови інформаційного резонансу

де $0 < \varepsilon < 1$ задане наперед.

Послідовно на вхід нейронної мережі подаються пари з навчальної вибірки $(V_{im}(\Omega_{im}), y_i)$.

$$\text{Обчислюємо } E = \frac{1}{2} \left[\sum_{m=1}^{10} v_m * \frac{1}{1 + e^{-\beta \sum_{i=1}^5 V_{ix} * \frac{\Omega_{ix}^2}{2\sqrt{(\omega_{ix}^2 - 4\Omega_{ix}^2)^2 + 16\delta^2 \Omega_{ix}^2}}} - v_0 - y_i} \right]^2.$$

Якщо $E < E_{\max}$, тоді завершуємо алгоритм навчання. Якщо $E \geq E_{\max}$, тоді розпочинається новий цикл навчання з переходом до 6.

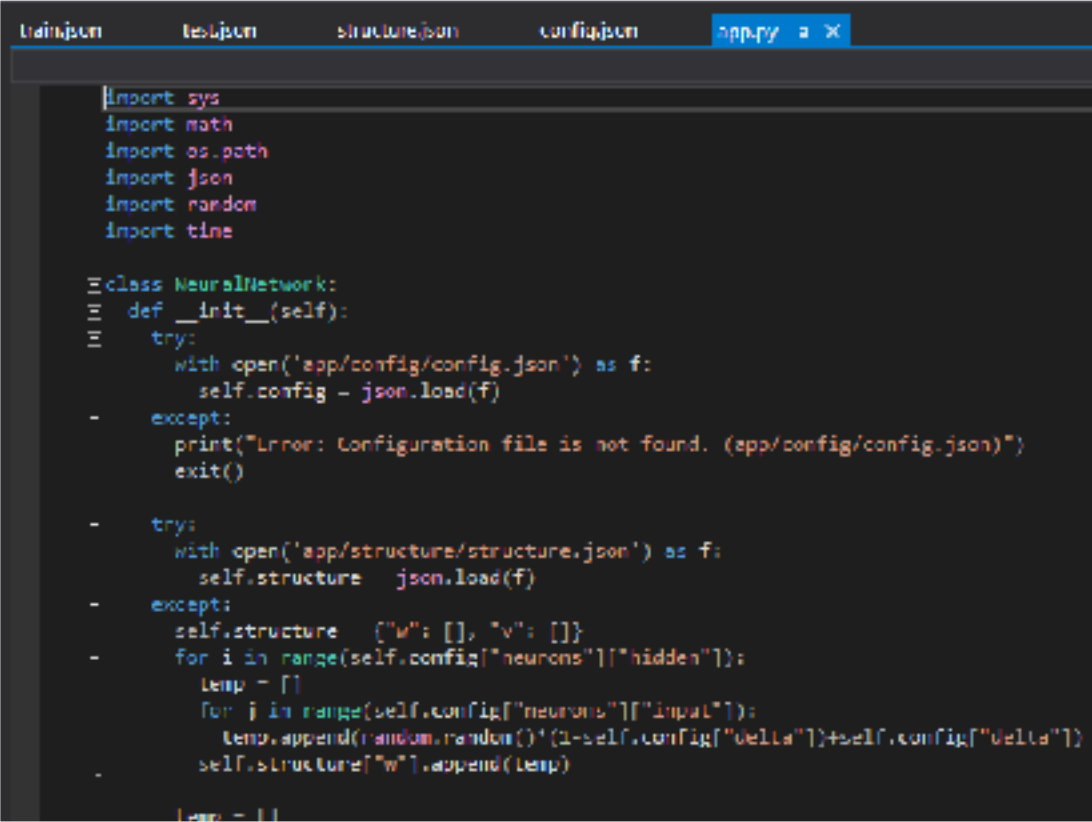
Обчислюємо похідні $E'(\omega_{im}), E'(v_m)$:

$$E'(\omega_{ix}) = \frac{- \left(e^{-\beta \sum_{i=1}^5 \left(\frac{V_{ix} \Omega_{ix}^2}{2\sqrt{16\delta^2 \Omega_{ix}^2 + (\omega_{ix}^2 - 4\Omega_{ix}^2)^2}} \right)} \beta V_{ix} V_{ix} \omega_{ix} \Omega_{ix}^2 (\omega_{ix}^2 - 4\Omega_{ix}^2) \left(-v_0 - y_i + \sum_{i=1}^{10} \frac{V_{ix}}{1 + e^{-\beta \sum_{i=1}^5 \left(\frac{V_{ix} \Omega_{ix}^2}{2\sqrt{16\delta^2 \Omega_{ix}^2 + (\omega_{ix}^2 - 4\Omega_{ix}^2)^2}} \right)}} \right) \right)}{\left(\left(1 + e^{-\beta \sum_{i=1}^5 \left(\frac{V_{ix} \Omega_{ix}^2}{2\sqrt{16\delta^2 \Omega_{ix}^2 + (\omega_{ix}^2 - 4\Omega_{ix}^2)^2}} \right)} \right)^2 \left(16\delta^2 \Omega_{ix}^2 + (\omega_{ix}^2 - 4\Omega_{ix}^2)^2 \right)^{\frac{3}{2}} \right)}$$

$$E'(v_m) = \frac{\left(-v_0 - y_i + \sum_{m=1}^{10} \frac{v_m}{1 + e^{-\beta \sum_{m=1}^5 \left(\frac{V_{in} \Omega_{in}^2}{2\sqrt{16\delta^2 \Omega_{in}^2 + (\omega_{in}^2 - 4\Omega_{in}^2)^2}} \right)}} \right)}{\left(1 + e^{-\beta \sum_{m=1}^5 \left(\frac{V_{in} \Omega_{in}^2}{2\sqrt{16\delta^2 \Omega_{in}^2 + (\omega_{in}^2 - 4\Omega_{in}^2)^2}} \right)} \right)}$$

Після чого оновлюються вагові коефіцієнти мережі: $\omega_{in}(t+1) := \omega_{in}(t) - \eta E'(\omega_{in}(t))$, $v_m(t+1) := v_m(t) - \eta E'(v_m(t))$, t - номер ітерації навчання та переходимо до кроку 2.

На Рис. 4.5. показано файл app.py (повний код нейронної мережі представлено у Додатку В), який відповідає за створення, тренування та збереження моделі нейронної мережі.



```

import sys
import math
import os.path
import json
import random
import time

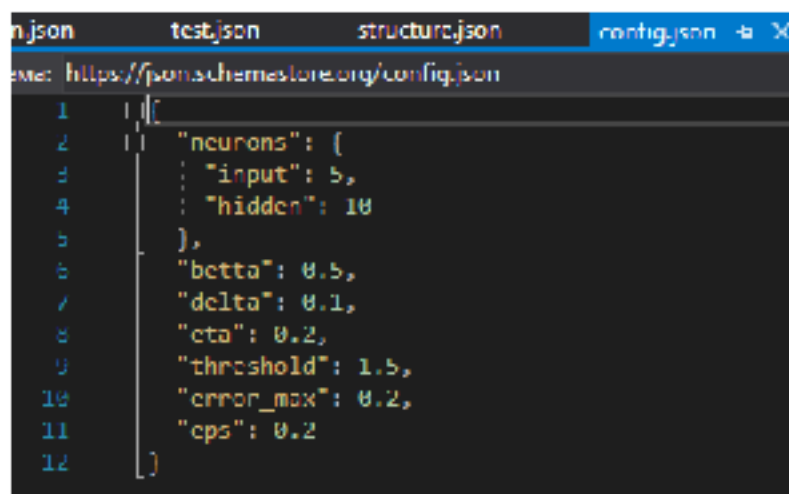
class NeuralNetwork:
    def __init__(self):
        try:
            with open('app/config/config.json') as f:
                self.config = json.load(f)
        except:
            print("Error: Configuration file is not found. (app/config/config.json)")
            exit()

        try:
            with open('app/structure/structure.json') as f:
                self.structure = json.load(f)
        except:
            self.structure = {"w": [], "v": []}
        for i in range(self.config["neurons"]["hidden"]):
            temp = []
            for j in range(self.config["neurons"]["input"]):
                temp.append(random.random()*(1-self.config["delta"])+self.config["delta"])
            self.structure["w"].append(temp)
        temp = []

```

Рис. 4.5. Файл нейромережі

У файлі config.json (Рис. 4.6) міститься конфігурація нейронної мережі, за допомогою якого можна змінювати такі параметри як: кількість нейронів у сенсорному шарі, кількість нейронів у прихованому шарі, коефіцієнт затухання нейронів, крутизна функції активації, максимально допустима похибка при навчанні нейронної мережі, коефіцієнт швидкості навчання, коефіцієнт критерію резонансу.

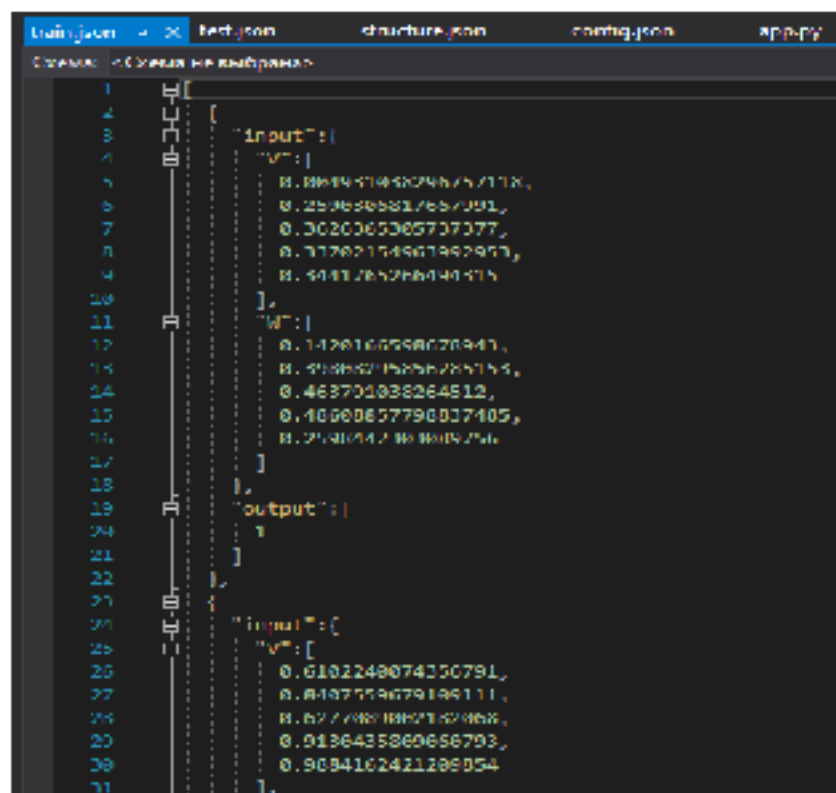


```

1  {
2    "neurons": {
3      "input": 5,
4      "hidden": 10
5    },
6    "betta": 0.5,
7    "delta": 0.1,
8    "eta": 0.2,
9    "threshold": 1.5,
10   "error_max": 0.2,
11   "cps": 0.2
12 }

```

Рис. 4.6. Файл конфігурації нейромережі



```

1  {
2    "input": {
3      "v": [
4        0.000451940296757118,
5        0.2506060817657091,
6        0.302030530570777,
7        0.71700154967992957,
8        0.40417052060440415
9      ]
10   },
11   "w": [
12     0.1420100598070947,
13     0.5006071505670055,
14     0.463701038264812,
15     0.10000657790017405,
16     0.2500044700000000
17   ],
18   "output": {
19     "v": [
20       0.6102240074150791,
21       0.8407559679199111,
22       0.6777000000000000,
23       0.0136435806060606,
24       0.9094102421200054
25     ]
26   }
27 }

```

Рис. 4.7. Файл навчальної вибірки для нейронної мережі

```

train.json  test.json  structure.json  config.json  app.py
Справка  > Справка по выбору...
1  [
2  (
3  {
4  "input": [
5  [
6  0.11105555/05450078,
7  0.1110/4190555517,
8  0.155510/15050500,
9  0.05055555/010001,
10 0.055555100554211875
11 ],
12 "output": [
13 0.35545/55/2/55/187,
14 0.20115410455040115,
15 0.2055551555515175,
16 0.455/15155/55/541,
17 0.4255555/150501
18 ]
19 },
20 {
21 "input": [
22 [
23 0.204555/11/50508,
24 0.2555545/5552205,
25 0.22501/55105/7002,
26 0.425555105547555,
27 0.45555110/554512
28 ],
29 "output": [
30 0.04/554/5544024/55,
31 0.105554/5/25102105,
32 0.54510554555/5552,
33 0.15/5555545502058,
34 0.110551015551544455
35 ]
36 }
37 ]

```

Рис. 4.8. Файл тестової вибірки для нейронної мережі

На Рис. 4.7 та Рис. 4.8 показано файли train.json та test.json, що містять дані навчальної та тестової вибірки нейронної мережі відповідно.

```

Test #1 error: 0.2177121085329233
Test #8 error: 0.208874109766564736
Test #1 error: 0.21343363253340124
Test #8 error: 0.20149521546215797
Test #1 error: 0.24184701744444566
Test #7 error: 0.20272805423700714
Test #1 error: 0.2447436674749758
Test #8 error: 0.20514804974720610
Test #1 error: 0.239655451421542
Test #9 error: 0.23632617585755367
Test #1 error: 0.26168871533871384
Test #9 error: 0.20817462188838464
Test #1 error: 0.2524730781387068
Test #8 error: 0.2021784021012695
Test #1 error: 0.24487326351542258
Test #8 error: 0.20278877546831252
Test #1 error: 0.24121715115801452
Test #8 error: 0.2011452779001088
Test #1 error: 0.2108814088011598
Training is finished.
D:\Neural Network App 2\Neural Network App>

```

Рис. 4.9. Навчання нейронної мережі

З Рис. 4.10 видно, що нейронна мережа успішно закінчила навчання. Вагові коефіцієнти синаптичних зв'язків зберігаються у файлі structure.json (Рис. 4.11), для того, щоб у подальшому використанні програми не навчати нейронну мережу, а застосовувати уже навчену.

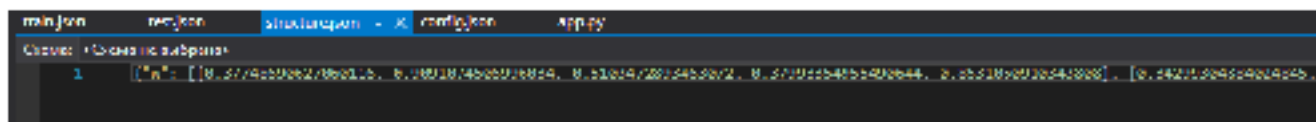


Рис. 4.10. Файл з вагами нейромережі після навчання

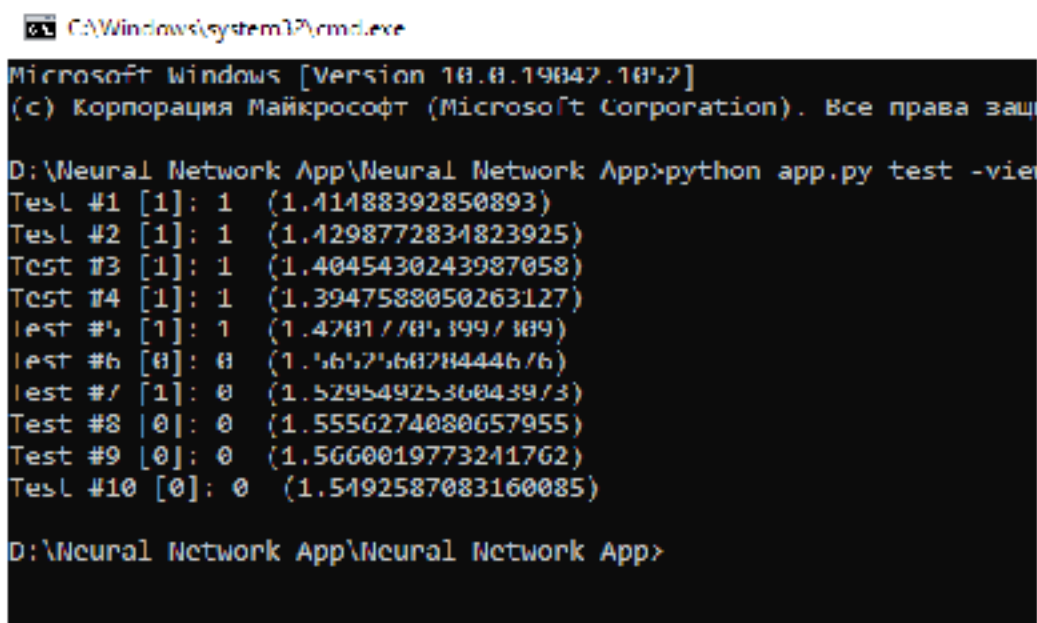


Рис. 4.11. Тестування нейронної мережі

На Рис. 4.11 продемонстровано тестування нейронної мережі. 1 означає, що у даному тестовому прикладі був розпізнаний певний об'єкт внаслідок інформаційного резонансу, а 0 означає, що резонансних ефектів не виявлено. У квадратних дужках вказано правильну відповідь – розпізнано об'єкт чи ні, а після двокрапки вказано відповідь нейронної мережі. Аналіз тестування нейронної мережі показав, що вона ефективно працює, оскільки точність її розпізнавання складає 90%.

4.2. Аналіз контрольного прикладу

Тестування роботи інформаційної системи відбувався для таких засобів радіотехнічної розвідки (Пост радіотехнічної розвідки «Траєкторія», Малогабаритна

апаратура радіотехнічної розвідки Луч-МД-Э, Малогабаритний автоматизований комплекс радіотехнічної розвідки «РИНГ-Э», Мобільна автоматизована станція радіотехнічної розвідки «Синтез-М», Система радіотехнічної розвідки «Вега», Мобільна автоматична станція радіотехнічної розвідки «Оріон», Автоматизована станція радіотехнічного контролю «Охота», Трикоординатний комплекс радіотехнічної розвідки 85В6-В, Дозор-1, Дозор-2, Дозор-3, Мобільний комплекс радіомоніторингу «Аргус-М2», Автоматизований рухомий комплекс радіорозвідки «Торн-МВ») (рис.4.12).

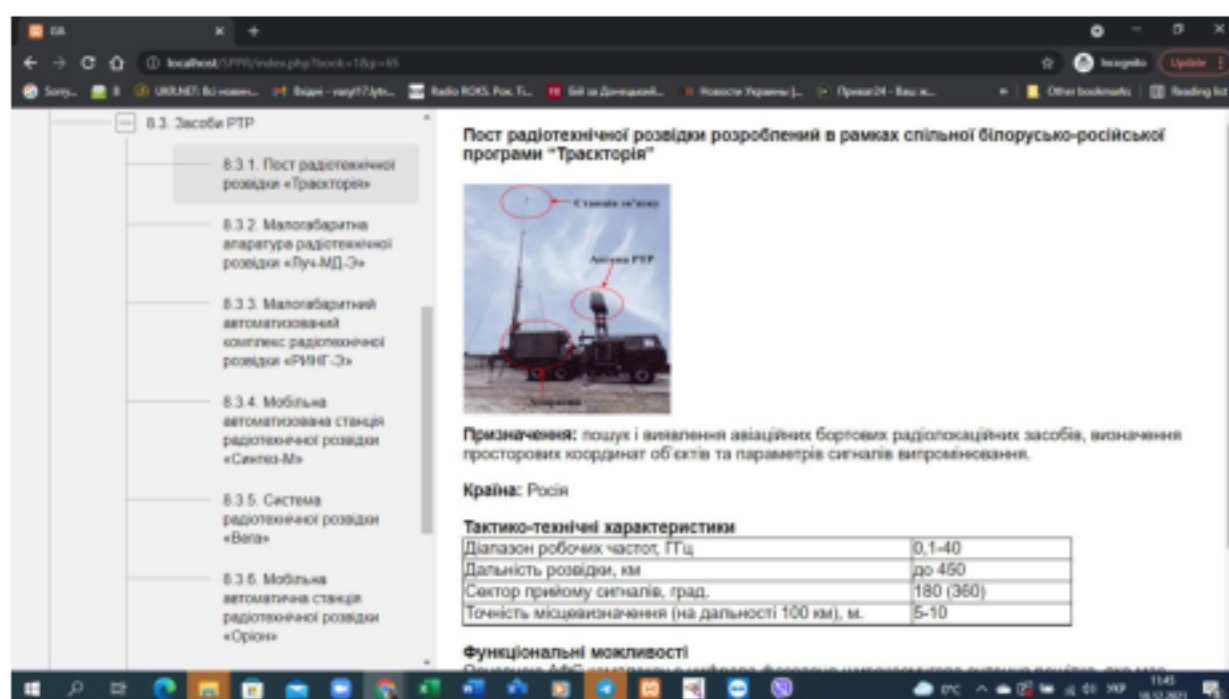


Рис. 4.12 Радіотехнічної розвідки «Траектория»

На рис. 4.12 наведені дані для посту радіотехнічної розвідки «Траектория». Подібні дані наведено для інших РТР.

Вводячи у систему 4 вхідні параметри (діапазон робочих частот, тривалість імпульсу, період повторення імпульсів, кількість джерел радіовипромінювань), система обчислює ймовірність, що виявлено відповідний РТР (рис. 4.13). Така ймовірність обчислюється на основі нейронної мережі.

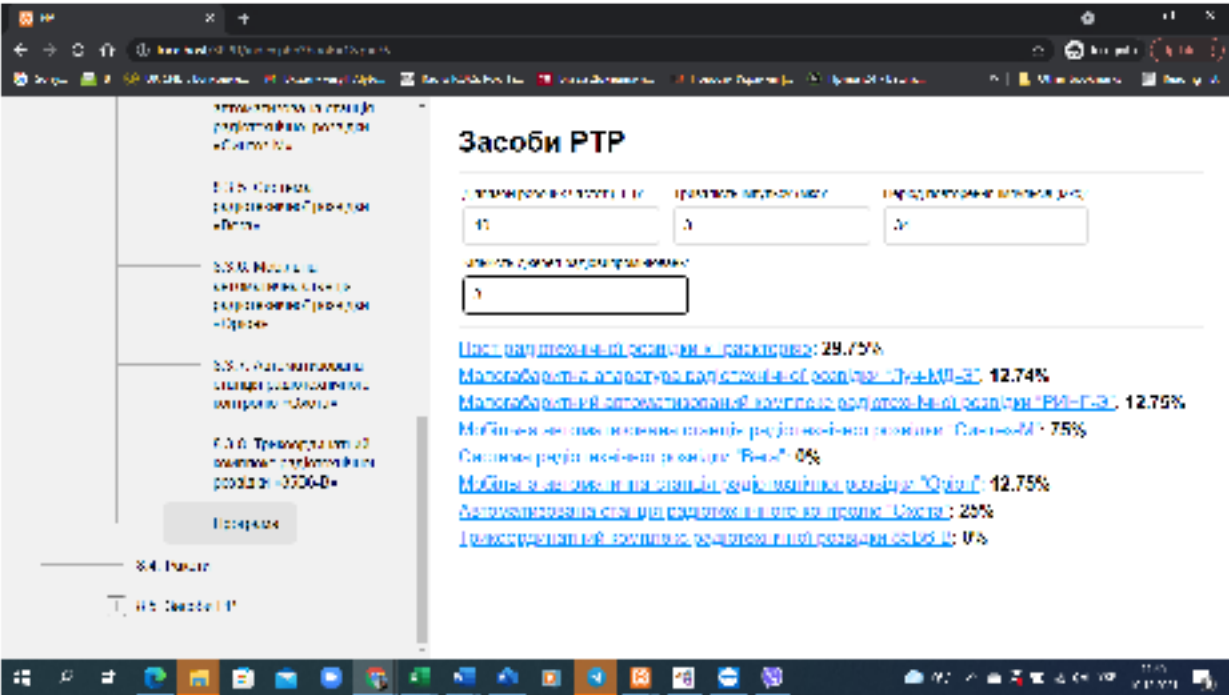


Рис. 4.13 Засоби РТР

Відповідне програмне забезпечення розроблено для радіорозвідки (РР). Наприклад на рис. 4.14 наведено дані про мобільний комплекс «Дозор».

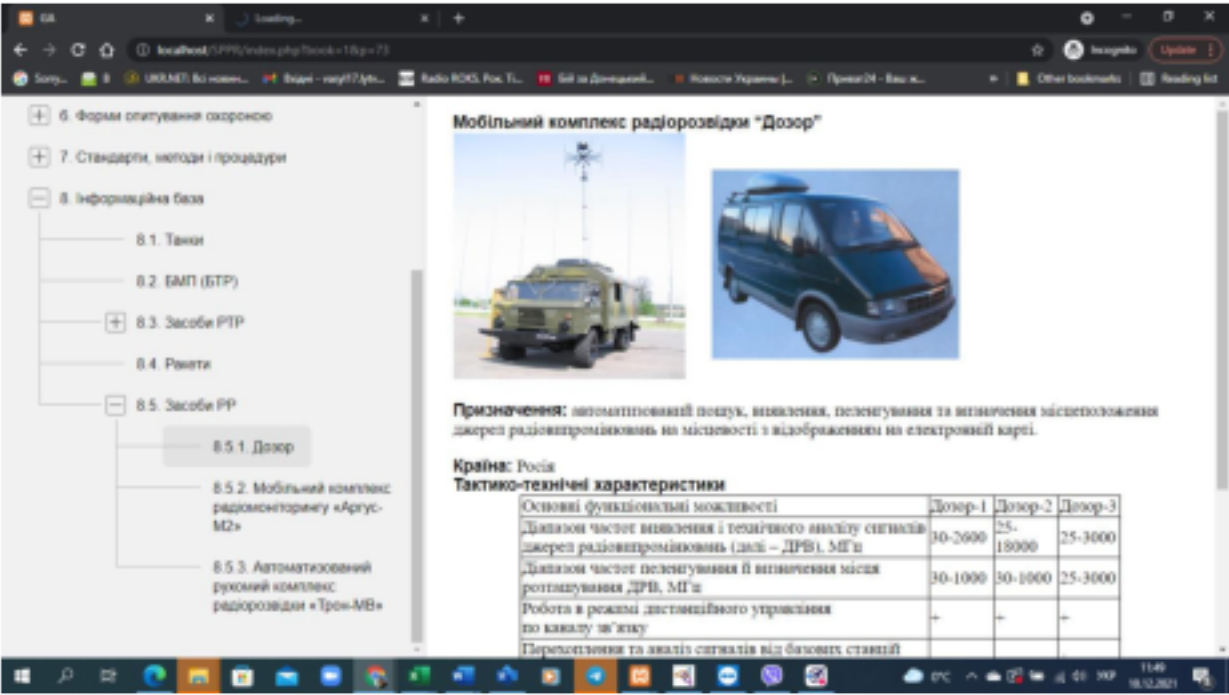


Рис. 4.14. Дані про мобільний комплекс «Дозор»

Навчання нейронної мережі відбувається згідно до математичного забезпечення, наведеного у розділі 3.

Після навчання нейронної мережі система готова розпізнавати відповідні засоби радіотехнічної розвідки (РТР) або радіорозвідки (РР).

Висновки до четвертого розділу

Розроблено демо-версію Інформаційної системи виявлення засобів радіотехнічної розвідки (РТР) або радіорозвідки (РР). Для тестування використано дані про Пост радіотехнічної розвідки «Траєкторія», Малогабаритна апаратура радіотехнічної розвідки Луч-МД-Э, Малогабаритний автоматизований комплекс радіотехнічної розвідки“РИНГ-Э”, Мобільна автоматизована станція радіотехнічної розвідки “Синтез-М”, Система радіотехнічної розвідки “Вега”, Мобільна автоматична станція радіотехнічної розвідки “Оріон”, Автоматизована станція радіотехнічного контролю “Охота”, Трикоординатний комплекс радіотехнічної розвідки 85В6-В, Дозор-1, Дозор-2, Дозор-3, Мобільний комплекс радіомоніторингу “Аргус-М2”, Автоматизований рухомий комплекс радіорозвідки “Торн-МВ”.

ВИСНОВКИ

У роботі вирішено важливе завдання розроблення інформаційної системи виявлення засобів радіотехнічної розвідки (РТР) або радіорозвідки (РР) з використанням технологій машинного навчання, а саме нейронних мереж. Така система може бути використана, як окремий модуль у складі системи підтримки прийняття рішень у військовій галузі.

Під час виконання роботи одержано такі результати.

1. Обґрунтовано доцільність розроблення інформаційної системи виявлення засобів радіотехнічної розвідки (РТР) або радіорозвідки (РР).
2. Проведено системний аналіз та розроблено архітектуру системи.
3. Описано технології використання нейронних мереж для розпізнавання ракет.
4. Здійснено програмну реалізацію системи та проведено її тестування для таких засобів: Пост радіотехнічної розвідки «Траєкторія», Малогабаритна апаратура радіотехнічної розвідки Луч-МД-Э, Малогабаритний автоматизований комплекс радіотехнічної розвідки «РИНГ-Э», Мобільна автоматизована станція радіотехнічної розвідки «Синтез-М», Система радіотехнічної розвідки «Вега», Мобільна автоматична станція радіотехнічної розвідки «Оріон», Автоматизована станція радіотехнічного контролю «Охота», Трикоординатний комплекс радіотехнічної розвідки 85В6-В, Дозор-1, Дозор-2, Дозор-3, Мобільний комплекс радіомоніторингу «Аргус-М2», Автоматизований рухомий комплекс радіорозвідки «Торн-МВ».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеев А. Лучшие военные инновации в США в 2017 году. Зарубежное военное обозрение. 2011. № 3. С. 91–92.
2. Антонец Г. Как искоренить “дружественный огонь”. Воздушно-космическая оборона. 2011. № 4. С. 22–25.
3. Блаш Э., Ян Ч., Кадар И. Краткое описание методов отслеживания и идентификации. Труды SPIE - Международного общества оптической инженерии. 2014. № 1 (11). DOI: 10.1117 / 12.2050260
4. Знай наших // Коммерсантъ BusinessGuide - № 75. - 17.12.2014 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kommersant.ru/private/> (дата звернення: 19.04.2020).
5. Калинин Б. Совершенствование военной техники в ведущих странах мира. Зарубежное военное обозрение. 2007. № 5. С. 30–32.
6. Как защищаются от “дружественного огня” [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.popmech.ru/weapon/15054-zashchita-ot-druze y/full>. (дата звернення: 28.03.2020).
7. Оpozнaвание объектов на поле боя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.goswar.ru/armii-mira/vooryzhenie/592-opoznavanie-obektov-na-pole-bo.html>. (дата звернення: 25.03.2020).
8. Политов И. Системы опознания “свой-чужой” ОБТ «Абрамс» и БМП “Брэдли” / И. Политов // Зарубежное военное обозрение. 2001. № 7. С. 43–46.
9. РЛС-респондент “Муссон-502” [Текст]: бланк. – ARC 2.005.000 FD.
10. Рудковський О., Черненко А., Ванкевич П., Смичок В. Напряги розвитку системи бойової ідентифікації підрозділів в умовах бою. Збірник наукових праць. 2019. № 1 (11). С. 113–123.
11. Сергеев А. Американская система радиолокационного опознания МК12/ А. Сергеев, И. Тюрин // Зарубежное военное обозрение. 1983. № 8. С. 55–58.

12. Смельков В.М. Экспресс-расчет дальности наблюдения тепловизионной системы / В.М. Смельков // Специальная техника. 2015. № 4 (26). С. 56–58.
13. Стандарти НАТО для військової форми та спорядження військовослужбовців ЗС України / UkrainianMilitaryPages / Інформаційно-аналітичний ресурс / воєнна політика / озброєння і військова техніка / 2.03.2015 / 6.04.2015 / http://www.ukrmilitary.com/2015/04/blog-post_6.html. (дата звернення: 15.03.2020).
14. Стасев Ю.В. Порівняльний аналіз завадостійкості існуючих систем радіолокаційного опізнавання / Ю.В. Стасев, В. І. Карпенко, І.І. Обод // Системи озброєння і військ, техніка. 2005. № 3–4. С. 3–6.
15. Широков А. Направленность оперативной и боевой подготовки ОВС НАТО в 2020 году. Зарубежное военное обозрение. 2020. № 5. С. 39–40.
16. AAP-06 (2014) “Словник термінів НАТО та їх визначень (англійською та французькою мовами)”. (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).
17. AJP 3.2 “Спільна доктрина НАТО щодо наземних операцій”. (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).
18. ATP-3.2.2 “Командування та управління наземними силами НАТО”. (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).
19. ATP 3.3.2.1 “Тактика, методи і процедури ближньої авіаційної підтримки та ізоляції з повітря району бойових дій”. (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).
20. BattlefieldCombatIdentificationSystem (BCIS): <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/bcis.htm>. (дата звернення: 10.04.2020).
21. Blasch, E., Laskey, K. B., Jousselme, A-L., Dragos, V., Costa, P. C. G., Dezert, J., “URREF Reliability versus Credibility in Information Fusion (STANAG 2511)”, Int’l Conf. on Info Fusion, (2013).

22. BoletindeObservationTecnologicaenDefensa. № 33, 4 Trimestre 2011: <http://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.Es/Lists/Publicaciones/Attachments/4/boletinn33.pdf>. (дата звернення: 17.04.2020).

23. Korolov V., Zaïets Y., Korolova O., Milkovich I., (Стаття 1.) Передумови створення Інформаційно-довідкової системи щодо розпізнавання підрозділів Сухопутних військ України на полі бою за стандартами НАТО. ModernMachineLearning Technologies andDataScienceWorkshop 2021, Vol. 7, No. 2, pp. 373–388 (2020) (Received 12 February 2020; Revised 3 September 2020; Accepted 5 September 2020). <http://ceur-ws.org/doi.org/10.23939/mmc2020.02.373>

24. LandWarriorIntegratedSoldierSystem, UnitedStatesofAmerica / Ourteamofprofessionalacademiceditorshas a richexperienceofproofreadingandeditingforbothacademicsandtheuniversityfaculty.

25. MSSR 2000 I (Моноімпульсний вторинний радар спостереження) <https://www.hensoldt.net/products/radar-iff-and-datalink/mssr-2000-i-secondary-radar/>(дата звернення: 18.03.2020).

26. STANAG 2020 “Оперативні донесення”. (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).

27. STANAG 2129 (ATP-91, EditionA,Version 1, 2015. “Identificationoflandforcesonthebattlefieldandinanareaofoperation (Ідентифікація наземних сил на полі бою та в районі проведення операцій)”). (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).

28. STANAG 2285 (ATP-3.9.2., Edition A, 2015. “Alliedtacticaldoctrineforlandtargeting - ATP3.9.2 EDITION A (Союзна спільна доктрина щодо наземного цілевказування)”). (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).

29. STANAG 3374 (AETP-05 Vol.3, Edition E, 2015. “Themeritofindividualsystemperformancecharacteristicsforiffinteroperabilityofiffsystem (MISPEC (IFF)) - Guideforthecollectionofdata (Переваги експлуатаційних характеристик окремої системи для взаємосумісності систем розпізнавання “свій-

чужий”. Керівництво щодо збору даних”)). (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).

30. STANAG 4162 (Edition 3, 2019). “Identification data combining process (Процес об’єднання ідентифікаційних даних)”). (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).

31. STANAG 4193 (Edition 2, 2009). “Technical characteristics of IFF Mk-XA and Mk-XII interrogators and transponders [Text]. Part I: General description of the system”. (Технічні характеристики запитувачів та відповідачів систем розпізнавання “свій-чужий” Mk-XA та Mk-XII. Ч. I. Загальний опис систем). (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).

32. STANAG 4193 (Edition 2, 2009). “Technical characteristics of IFF Mk-XA and Mk-XII interrogators and transponders [Text]. Part I: General description of the system”. (Технічні характеристики запитувачів та відповідачів систем розпізнавання “свій-чужий” Mk-XA та Mk-XII. Ч. III. Установочні характеристики засобів розпізнавання). (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).

33. STANAG 4579 (Edition 1, 2010). “Battle field target identification devices (BIDS) (Пристрої ідентифікації цілей)”). (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).

34. STANAG 7149 (APP-11, Edition D Version 1, 2015. NATO “Message catalogue (Каталог повідомлень НАТО)”). (NATO UNCLASSIFIED OTAN SANS CLASSIFICATION).

Гнатюк Любомир Петрович. Литвин Василь Володимирович (керівник). Інформаційна система виявлення засобів радіорозвідки. Бакалаврська кваліфікаційна робота. – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2022.

АНОТАЦІЯ

Розширена анотація.

В сучасних умовах, коли бойові дії, як правило, характеризуються непередбаченістю обстановки, стрімкими рейдовими діями, відкриттям вогню з великих відстаней по «закритих цілях», в умовах обмеженого часу та недостатньої ситуативної обізнаності тільки комплексне забезпечення системами ідентифікації підрозділів тактичної ланки допоможе знизити рівень бойових втрат від «Friendlyfire» («дружнього вогню»).

Для такого виявлення доцільно використовувати технології машинного навчання, а саме нейронні мережі.

Відповідно до мети та предмету дослідження, у роботі розв'язано такі задачі:

- Визначити стан проблеми в сучасних умовах;
- Визначити роль і місце інформаційних технологій у військовій галузі;
- Провести системний аналіз предметної області;
- Обґрунтувати вибір засобів програмування;
- Здійснити апробацію функціонування системи.

Метою роботи є розроблення інформаційної системи виявлення засобів радіорозвідки противника.

Об'єктом дослідження є процес виявлення засобів радіорозвідки.

Предметом дослідження є методи та засоби розроблення інформаційної системи виявлення засобів радіорозвідки противника.

Під час виконання роботи одержано такі результати.

5. Обґрунтовано доцільність розроблення інформаційної системи виявлення засобів радіотехнічної розвідки (РТР) або радіорозвідки (РР).

6. Проведено системний аналіз та розроблено архітектуру системи.

7. Описано технології використання нейронних мереж для розпізнавання ракет.
8. Здійснено програмну реалізацію системи та проведено її тестування для вказаних засобів.

Ключові слова: система , дружній вогонь , виявлення , радіотехнічна розвідка (РТР) , радіорозвідка (РР).

Перелік використаних літературних джерел.

1. Алексеев А. Лучшие военные инновации в США в 2017 году. Зарубежное военное обозрение. 2011. № 3. С. 91–92.
2. Антонец Г. Как искоренить “дружественный огонь”. Воздушно-космическая оборона. 2011. № 4. С. 22–25.
3. Калинин Б. Совершенствование военной техники в ведущих странах мира. Зарубежное военное обозрение. 2007. № 5. С. 30–32.
4. Как защищаются от “дружественного огня” [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.popmech.ru/weapon/15054-zashchita-ot-druze-y/full>. (дата звернення: 28.03.2020).

Hnatyuk Lyubomir Petrovich. Lytvyn Vasyl Vladimirovich (Head). Information system detection of radio intelligence. Bachelor's qualification work. - Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2022.

ANNOTATION

Extended abstract.

In modern conditions, when hostilities are usually characterized by the unpredictability of the situation, rapid raid actions, opening fire from long distances for "closed purposes", in conditions of limited time and insufficient situational awareness only comprehensive provision of systems for the identification of tactical units loss from FGIENDLY FIRE.

For such detection, it is advisable to use machine learning technologies, namely neural networks.

According to the purpose and subject of the study, the following tasks are solved in the work:

- determine the state of the problem in modern conditions;
- determine the role and place of information technologies in the military industry;
- carry out system analysis of the subject area;
- justify the choice of programming tools;
- to test the functioning of the system.

The purpose of the work is to develop an information system for detecting enemy reconnaissance remedies.

The object of research is the process of detecting radio intelligence agents.

The subject of the research is the methods and means of developing an information system for detecting enemy radio exploration.

The following results were obtained during the work.

5. The feasibility of developing an information system for detection of radio intelligence (RTR) or radio intelligence (PP) is substantiated.
6. System analysis has been carried out and system architecture was developed.
7. The technologies of using neural networks for missile recognition are described.

8. The system implementation of the system was carried out and its testing was carried out for these tools.

Keywords: system, friendly fire, detection, radio intelligence (RTR), radio intelligence (PP).

List of used literary sources.

1. Alexev A. Luchshevoennovinnovnovnovnovations in the United States in 2017. Foreign - evaology. 2011. № 3. P. 91-92.
2. Antonevich G. is a "friendly fire". Air defense. 2011. № 4. P. 22-25.
3. Kalinichev B. Conduction of the eremark in the leading countries of the world. Foreign - evaology. 2007. № 5. P. 30-32.
4. Coczyczing from the "friendly oketer" [Electronic resource]-Access mode: <http://www.Rerormech.ru/weapon/15054-zashchita-OT-druzey/full>. (Date of appeal: 03/28/2020).