

ТЕХНОЛОГІЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ПАРАМЕТРАМИ РАДІОВИПРОМІНЮВАНЬ БОРТОВИХ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ

К. т. н. М. М. Калюжний, к. т. н. І. М. Ніколаєв, к. т. н. А. В. Хряпкін, В. І. Колісник

Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, м. Харків
vikolesnik@gmail.com

Розглядається завдання оцінки ефективності розпізнавання класів (типів) повітряних об'єктів (ПО) за сигнальними ознаками, що пов'язані зі структурою і параметрами випромінювань бортових радіоелектронних засобів (БРЕЗ), до яких відносяться бортові радіолокаційні станції і засоби радіозв'язку. Показано, що при великих розмірах алфавіту класів ПО і словника сигнальних ознак це завдання може бути вирішене з використанням імітаційно-математичної моделі, яка дозволяє реалізувати ітеративну процедуру послідовного наближення розроблюваної системи розпізнавання до потенційно досяжної і оцінити ефективність її функціонування залежно від складу алфавіту розпізнаваних класів ПО, складу, інформативності і точності виміру параметрів радіовипромінювань БРЕЗ, повноти і достовірності апріорних баз даних та інших чинників.

Ключові слова: ефективність розпізнавання, алфавіт, словник ознак, імітаційне моделювання.

Розробка будь-якої системи розпізнавання, у тому числі і системи розпізнавання повітряних джерел (ПД) і об'єктів (ПО) радіовипромінювань, за структурою та параметрами випромінювання носить ітеративний характер і полягає в послідовному уточненні складу розпізнаваних класів (типів) і словників їх сигнальних ознак на основі теоретичних і експериментальних оцінок ефективності синтезованого алгоритму формування оптимального рішення. При цьому вибір оптимального алфавіту, оптимального словника ознак і оптимального алгоритму прийняття рішення для систем розпізнавання ПО, що характеризуються великим числом класів і типів, вимагає великих витрат часу і фінансових ресурсів, для скорочення яких доцільно використовувати підходи, що базуються на сучасних інформаційних технологіях. Одним з таких підходів є використання для розробки і дослідження систем розпізнавання радіовипромінюючих ПО імітаційно-математичної моделі (ИММ), яка має забезпечити рішення перерахованих завдань на ранніх стадіях проектування.

Метою цього дослідження є визначення особливостей моделювання процесів розпізнавання повітряних радіовипромінюючих джерел і об'єктів з використанням комп'ютерної імітаційно-математичної моделі під час передпроектних досліджень і зовнішнього проектування складних систем розпізнавання.

Одним з основних показників ефективності розпізнавання джерел радіовипромінювання за сигнальними ознаками, пов'язаними з видом і параметрами випромінюваних сигналів, є ймовірність отримання правильних рішень при розпізнаванні об'єктів, які відносяться до різних класів. Для оцінки ефективності розпізнавання радіовипромінюючих ПО розроблена комп'ютерна імітаційно-математична модель (ИММ) системи розпізнавання, яка дозволяє реалізувати багатократне повторення процесу розпізнавання сигналів, джерел і об'єктів (автономно або в їх різних поєднаннях) для кожного з розпізнаваних класів (типів) з фіксацією отримуваних рішень. Отримана в результаті випробувань кількість випадкових результатів рішення задачі розпізнавання дає можливість, спираючись на методи математичної статистики, визначити оцінки ймовірності хибних і правильних рішень, а також встановити характер залежності цього показника від умов функціонування системи розпізнавання.

Метою побудови ИММ системи розпізнавання є обґрунтування вибору колективу вирішальних правил на основі результатів порівняльної оцінки ефективності різних алгоритмів розпізнавання великої кількості класів ПД при використанні сигнальних ознак «точкового» і «інтервального» типів,

а також оптимізація (або вибір) алгоритмів розпізнавання і кількісна оцінка їх ефективності на основі методу статистичних випробувань. Розроблена ІММ дозволяє дослідити ефективність розпізнавання заданого алфавіту класів ПО за сигнальними ознаками з використанням як окремих алгоритмів різного типу, так і сукупності вирішальних правил, до складу якої входять статистичний і емпіричний алгоритми та алгоритми розпізнавання, засновані на критеріях близькості ПО у багатомірному просторі обраних сигнальних ознак.

Для вирішення перерахованих завдань в ІММ реалізовано наступні функціональні можливості:

- вибір виду і структури досліджуваних алгоритмів розпізнавання;
- вибір розмірів і змісту алфавітів типів бортових радіоелектронних засобів (БРЕЗ), типів ПО і словників їх сигнальних ознак;
- отримання кількісних оцінок імовірності хибних і правильних рішень під час розпізнавання заданих алфавітів БРЕЗ і ПО в залежності від змісту і точності виміру їх сигнальних ознак;
- відображення і документування вхідних даних і результатів моделювання.

Управління функціонуванням ІММ здійснюється за допомогою основного меню і інструментальної панелі, розташованих у верхній частині головного вікна інтерфейсу користувача.

Основна мета математичного моделювання процесу розпізнавання ПД за параметрами їх радіовипромінювань полягає в можливості оцінити ефективність розпізнавання основних класів ПД в залежності від виду використовуваних алгоритмів, розміру і складу робочого словника сигнальних ознак і помилок їх вимірювання.

ІММ системи розпізнавання забезпечує оцінку ефективності розпізнавання класів (типів) ПД і класів випромінювань бортових ПД, а також комплексне розпізнавання класів ПД за параметрами випромінюваних сигналів з використанням різних алгоритмів методом статистичних випробувань.

Структурну схему імітаційно-математичної моделі для оцінки ефективності розпізнавання ПД за параметрами їх радіовипромінювань наведено на рис. 1.

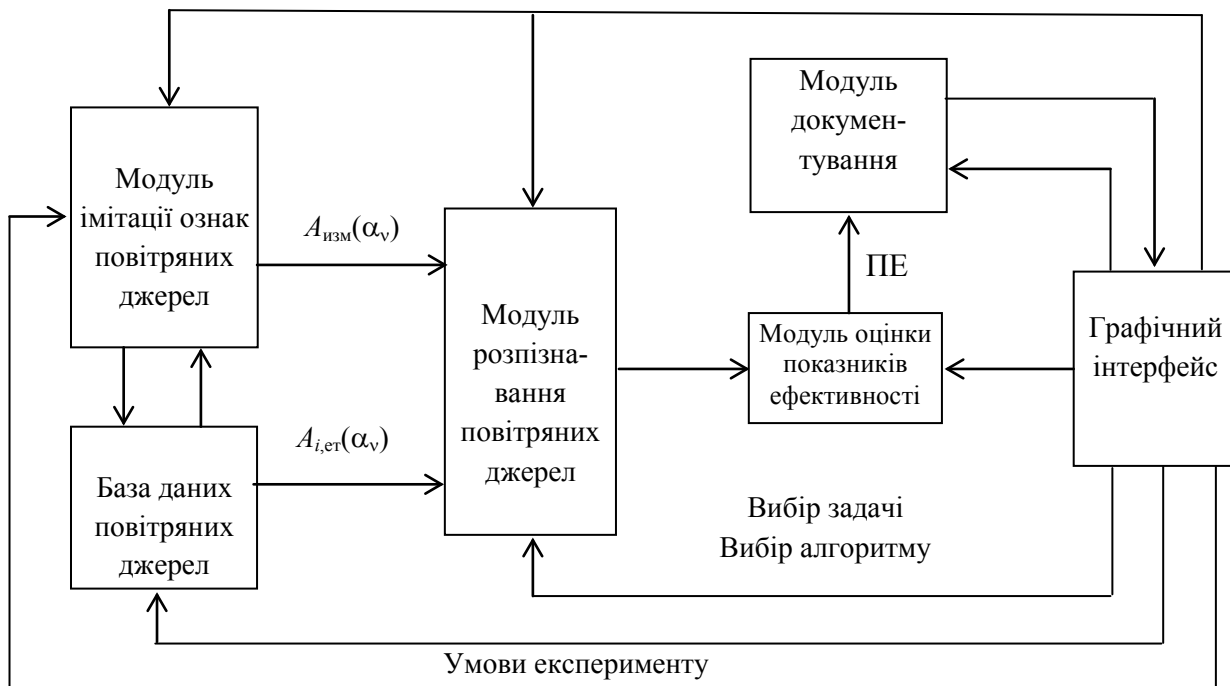


Рис. 1. Схема імітаційно-математичної моделі системи розпізнавання

Імітаційно-математична модель системи розпізнавання складається з наступних модулів:

- імітації випадкових реалізацій ознак повітряних джерел;
- бази даних апріорного опису повітряних джерел;
- розпізнавання повітряних джерел;
- оцінки показників ефективності (ПЕ) розпізнавання;
- графічного інтерфейсу;
- документування.

Принцип дії IMM полягає в тому, що для проведення кожного випробування за допомогою модуля імітації ознак формується модель радіовипромінюючого ПД. Формування моделі проводиться завданням сукупності чисельних значень ознак $\alpha_{i\nu}$, які для об'єктів i -го класу генеруються як реалізації багатовимірної випадкової величини із заданим законом розподілу. Для цього за заданим номером класу (типу) розпізнаваного ПД з бази даних зчитуються порогові (максимальне і мінімальне) значення вектору сигнальних ознак (A_{er}), за якими за допомогою датчика випадкових чисел формуються числові значення параметрів імітованого «виміряного» сигналу ($A_{вим}$).

На основі наведеної структурної схеми розроблено програмне забезпечення для розпізнавання радіовипромінюючих ПД (рис. 2).

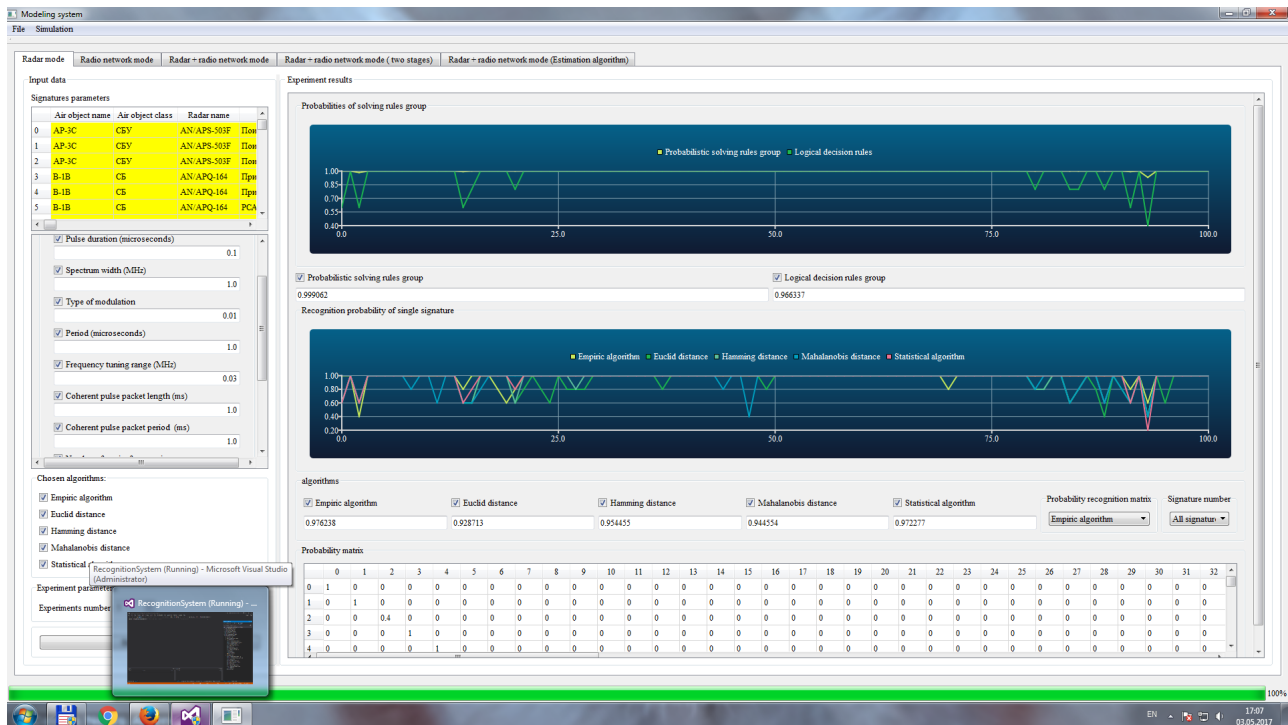


Рис. 2. Інтерфейс програмного забезпечення імітаційно-математичної моделі системи розпізнавання

За допомогою розробленого програмного забезпечення був проведений ряд експериментів. Як вихідні дані була використана база даних повітряних джерел на 52 сигнатури з алфавітом із 12 сигнальних ознак, в тому числі діапазон робочих частот, тривалість імпульсу, ширина спектру імпульса, вид модуляції імпульсу, період повторення, діапазон перебудови несучої частоти в пачці імпульсів, тривалість когерентної пачки імпульсів та її період проходження, кількість несучих частот в пачці, діапазон перебудови частоти когерентної пачки імпульсів, тривалість опромінення об'єкта, період опромінення об'єкта (цикл сканування).

Як алгоритми розпізнавання в IMM використовувались:

- статистичний алгоритм;
- емпіричний алгоритм;
- алгоритм мінімуму відстаней;
- алгоритм мінімуму квадрата евклідової відстані;
- алгоритм по мінімуму відстані Хеммінга;
- комбінований алгоритм.

В процесі експериментів змінювалась кількість використовуваних сигнальних ознак і точність їх вимірювання. Було зроблено висновки, що при збільшенні точності вимірювання сигнальних ознак підвищується імовірність розпізнавання при меншій кількості використовуваних сигнальних ознак і як саме вона збільшується. На рис. 3 наведено приклад результату експерименту щодо визначення

імовірності розпізнавання ПД для одного із варіантів обраної комбінації сигнальних ознак для кожного з алгоритмів розпізнавання, що використовувались в ІММ системи розпізнавання.

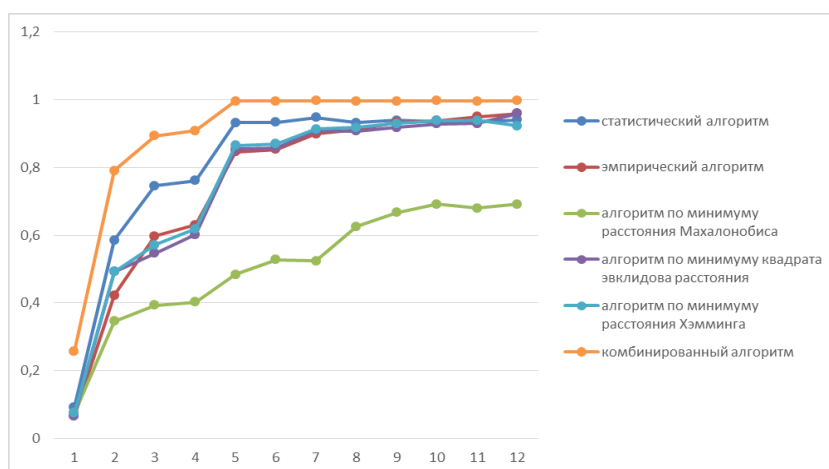


Рис. 3. Результати розпізнавання повітряних джерел для різних алгоритмів

Проведені дослідження показали, що використання розробленої імітаційно-математичної моделі дозволяє визначити найбільш ефективні алгоритми розпізнавання, знайти найкращу комбінацію параметрів, які слід вимірювати при радіомоніторингу радіовипромінюючих повітряних об'єктів, та обґрунтувати вимоги до точності вимірювання параметрів радіовипромінювань бортових радіоелектронних засобів.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Калюжный Н.М., Николаев И.М., Попов А.М., Колесник В.И. Исследование влияния информативности и точности измерения параметров сигналов на эффективность распознавания типов и режимов работы радиоизлучающих источников // Научные труды 4-го Междунар. радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективных развития».— 2011.— Т. 1, ч. 2.— С. 162—165.

2. Калюжный Н.М., Колесник В.И. Синтез алгоритма адаптивной обработки ансамбля сигналов в условиях априорной неопределенности их вида и параметров // Прикладная радиоэлектроника.— 2013.— Т. 12, № 3.— С. 35—42.

3. Николаев И.М., Семенкевич Л.Л. Сравнительная оценка эффективности алгоритмов распознавания источников радиоизлучений методом статистических испытаний» // Збірник наукових праць ОНДІ ЗС.— Харків, 2007.— Вып. 2.— С. 98—107.

M. M. Kalyuzhny, I. N. Nikolaev, A. V. Hryapkyn, V. I. Kolisnyk

The technology of computer modeling of air objects recognition processes with radio sources parameters of onboard radioelectronic devices

The problem of efficiency estimation of classes (types) recognition of air objects with signal characteristics of structure and parameters of the radio sources, including on-board radars and radio communications devices, is considering in this paper. It is shown that when large alphabet class of air objects and dictionary of signal characteristics, this problem can be solved using computer simulation and mathematical modeling. It is allows to realize iterative process of successive approximation recognition system is developed to potentially attainable and estimate the effectiveness of its operation depending the composition of recognizable classes alphabet, structure, information content and parameters accuracy measuring of radio sources, completeness and accuracy of a priori databases and other factors.

Keywords: recognition efficiency, alphabet, dictionary of signs, simulation modeling.