

УДК 621.396.963

О.І. Тимочко, А.О. Подорожняк, Ю.Б. Васильєв

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ЛОКАЛІЗАЦІЯ ОБ'ЄКТА ПОШУКУ НА ПОТОЧНОМУ ЗОБРАЖЕННІ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З РАДІОМЕТРИЧНИМИ ДАТЧИКАМИ

Розглянутий процес локалізації об'єкта пошуку на основі обробки поточного зображення навігаційної радіометричної системи, навченої генетичним алгоритмом нейромережею із радіальними базисними функціями.

нейромережа, радіометрична система, локалізація об'єкта пошуку, завадозахищеність

Вступ

Постановка проблеми. Для функціонування систем навігації, розпізнавання і наведення актуаль-

ним є вирішення задач обробки, ідентифікації та визначення координат об'єктів на зображенні (при розпізнаванні, управлінні, обробці отриманих результатів спостережень) у різних умовах функціонування

даних систем. Локалізація об'єктів пошуку на радіометричному зображенні, формування якого відбувається при комплексній дії перешкод і шумів, є складною задачею, вирішення якої одержане лише при деяких допущеннях відносно закону розподілу впливаючих шумів. На практиці викликає інтерес випадок, коли у поточному радіометричному зображенні присутні шуми різної фізичної природи, закон розподілу яких суттєво відрізняється від нормального.

Аналіз літератури. Вирішенню задачі локалізації об'єктів пошуку навігаційною системою на зображенні місцевості присвячено велику кількість публікацій [1 – 5]. Проте більшість із них описує методи вирішення задачі локалізації в умовах дії тільки одного з видів шумів: адитивних шумів, розподілених за нормальним законом [1, 2], адитивних шумів, розподілених за рівномірним законом [1], флуктуаційних шумів, розподілених за рівномірним законом [1, 3]. У деяких джерелах робилися спроби дослідження алгоритмів визначення координат об'єктів пошуку при сумісній дії комбінації адитивних шумів, розподілених за нормальним законом, і флуктуаційних шумів, розподілених за рівномірним законом [4, 5].

Для радіометричних навігаційних систем, що розміщуються на літальних апаратах, характерна наявність одночасної дії флуктуаційних шумів, обумовлених зміною температури радіояскравості об'єктів спостереження, адитивних шумів приймальних каналів і яскравих точкових завад, обумовлених, наприклад, нестабільними водоутвореннями на місцевості [1, 6].

Відомо, що нейромережі є універсальною технологією, що дозволяє отримувати прийнятні рішення в умовах, коли складно або неможливо отримати точне аналітичне рішення [7]. Раніше авторами пропонувалося для локалізації об'єктів пошуку на зображенні використовувати нейромережу [2, 5]. Однак питання застосовності запропонованої технології в умовах завад і шумів, характерних для радіометричних зображень, і її порівняння з відомими методами освітлені недостатньо.

Мета статті – визначення можливостей застосування нейромереж при локалізації об'єктів пошуку на зображенні радіометричною навігаційною системою і порівняння їх з відомими методами в умовах дії флуктуаційних шумів та адитивних завад.

Викладення основного матеріалу

Як основний елемент системи локалізації об'єктів пошуку на зображенні може бути застосована нейромережа (рис. 1) із радіальними базисними функціями збудження (РБФ-мережа [2]).

Вихідний сигнал такої мережі має вигляд:

$$y = \varphi W, \quad (1)$$

де $y = [y_1, \dots, y_k]$ – вихід нейромережі (координати об'єкта пошуку); k – розмірність вихідного вектора; φ – вектор, що складається з r радіальних базисних функцій нейронів прихованого шару, з елементами

$$\varphi_i = \exp(-\|x - c_i\| / \sigma_i); \quad (2)$$

$x = [x^1, \dots, x_M]$ – вхідний сигнал нейромережі (вхі-

дне зображення); M – розмірність вхідного вектора; $c_i = [c_{i1}, \dots, c_{iM}]$ – координати центрів функцій збудження, $i = 1, \dots, N$; r – кількість прихованих нейронів у мережі; σ_i – ширина активаційної функції; W – вихідна вагова матриця мережі (розмірність $r \times k$).

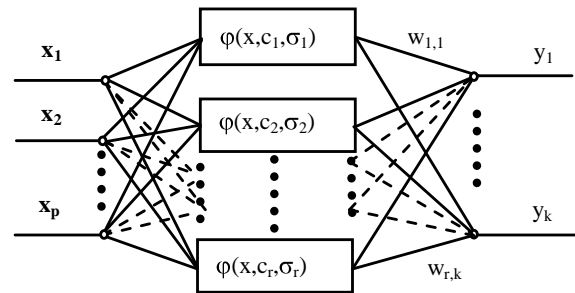


Рис. 1. Архітектура p-r-k РБФ-мережі

Навчання нейромережі зводиться до мінімізації результуючої помилки роботи мережі і приводить до знаходження мінімального значення мультимодальної функції, залежної від кількості і місцеположення нейронів прихованого шару навченої мережі, величини параметра регуляризації і ширини активаційної функції нейронів σ_i . Саме для вирішення такого класу задач призначені генетичні алгоритми.

Суть роботи пропонованого для оптимізації структури нейромережі покращеного методу генетичного навчання полягає в груповому пошуку екстремуму (аналізується одночасно декілька точок (особнів популяції) в області визначення функції) і послідовному поліпшенні якісних характеристик особнів популяції за допомогою генетичних операторів (цей принцип до певної міри використовує також метод багатогранника, що деформується, і метод групового обліку аргументу) [5, 8]. Як параметри, що оптимізуються, використовуються місцеположення центрів c_i і значення ширини σ_i функцій активації РБФ-мережі, а як цільова функція – середньоквадратична помилка виходу мережі по всьому континууму значень тренувальних шаблонів «вхід-вихід». Для досягнення мінімальної структури мережі до значення цільової функції додається штраф за кількість нейронів у прихованому шарі:

$$\epsilon_{\Sigma} = \frac{1}{L-1} \sum_{i=1}^L \|d_i - y_i\| + \alpha r, \quad (3)$$

де L – кількість тренувальних шаблонів у навчальній вибірці; r – кількість нейронів в прихованому шарі мережі; α – штрафний коефіцієнт за кількість нейронів у прихованому шарі мережі.

Після того, як прихований шар нейронів сформований, визначається вагова матриця W (1). Оцінка пристосованості кожного особня популяції здійснюється на основі обчислення цільової функції [5].

Після оцінки пристосованості особнів починає працювати генетичний алгоритм [8]. Припинення пошуку рішення відбувається при виконанні умови, за яку використовується досягнення необхідної точності роботи мережі. У випадку, якщо необхідний рівень точності не був досягнутий, можлива повтор-

на ініціалізація популяції. Одержана на основі найкращого особня РБФ-мережа на останньому етапі доповнюється (до задалегідь заданої характеристиками використовуваної апаратної реалізації кількості [9]) нейронів прихованого шару для зменшення параметричної чутливості.

Для синтезованої таким методом нейромережі авторами була проведена оцінка значення імовірності правильної локалізації об'єкта пошуку (рис. 2).

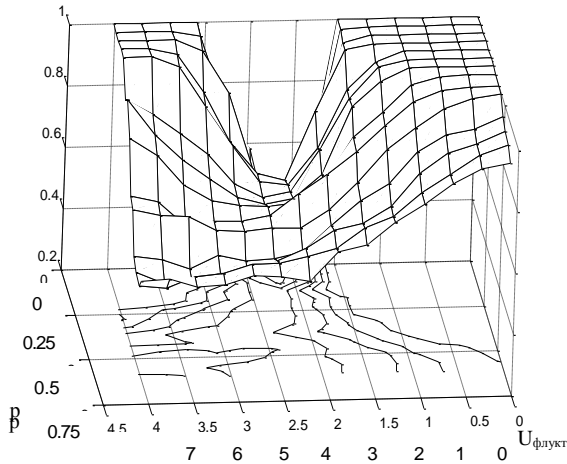


Рис. 2. Імовірність правильної локалізації об'єкта пошуку нейромережею

Як набір зображень для навчання використовувалися 1944 поточних зображення (ПЗ), сформованих для різних значень параметра розподілу біноміального шуму p (значення p для набору повчальних зображень змінювалося в межах від 0 до 0,8), різних значень інтенсивності флуктуаційних шумів (значення $U_{\text{флукт}}$ змінювалося від 0 до 7) і фіксованому значенні середньоквадратичного відхилення нормально розподілених адитивних шумів СКВ = 1. Кількість прихованих нейронів після навчання доповнювалася до 400.

Одержаний результат порівнювався з роботою відомих методів локалізації об'єктів пошуку [1, 3]. При цьому розмірність ПЗ складала 64 елементи розрізнення, кількість градацій яскравості – 8. Об'єкт вважався правильно локалізованим при розузгодженні істинного і визначеного мережею місцеположення об'єкта пошуку на ПЗ у межах одного елемента розрізнення. Оцінка ймовірності правильної локалізації об'єкта пошуку $P_{\text{пл}}$ на ПЗ кожним з методів проводилася згідно з виразом

$$P_{\text{пл}} = M_1 / N_1 * N_2 \quad (4)$$

де M_1 – кількість сприятливих результатів (правильна локалізація об'єкта пошуку на ПЗ); N_1 – кількість можливих варіантів розташування об'єкта пошуку на ПЗ; N_2 – кількість повторень запусків алгоритмів локалізації об'єкта пошуку на ПЗ.

При цьому кількість проведених випробувань роботи алгоритмів локалізації об'єкта пошуку $N_1 * N_2$ при здобутті значення $P_{\text{пл}}$ для кожної точки складало 3600. Дана кількість випробувань алгоритму дозволила забезпечити із заданою точністю результатів

моделювання 0,03 достовірність оцінки на рівні не менше ніж 0,9 за умови, що помилки оцінювання розподілені за нормальним законом.

Результати роботи відомого зонного алгоритму локалізації об'єкта пошуку на ПЗ [3] наведені на рис. 3.

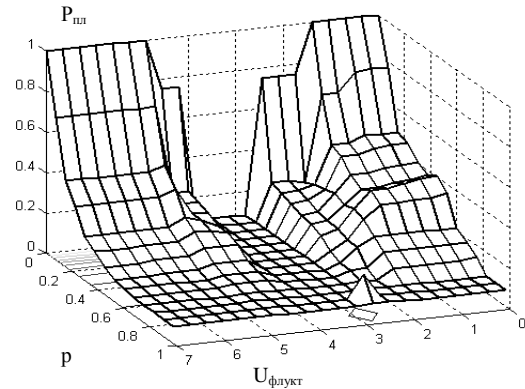


Рис. 3. Імовірність правильної локалізації об'єкта пошуку зонним алгоритмом

Аналіз наведеного графіка показує, що даний алгоритм має стійкість до інверсії контрастів зонної структури зображення ($U_{\text{флукт}} = 4,5 - 7$), але має на 15 – 25 % нижче значення імовірності правильної локалізації $P_{\text{пл}}$ об'єкта пошуку на ПЗ в умовах інтенсивних адитивних точкових шумів у порівнянні з пропонуваним нейромережевим методом локалізації об'єкта пошуку на поточному зображенні навігаційної системи з радіометричними датчиками. Результати роботи відомого кореляційного алгоритму локалізації об'єкта пошуку на ПЗ [1] наведені на рис. 4.

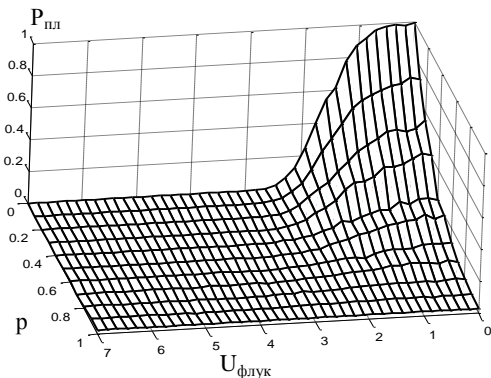


Рис. 4. Імовірність правильної локалізації об'єкта пошуку кореляційним алгоритмом

Аналіз наведеного графіка показує, що даний алгоритм має стійкість до дії інтенсивних адитивних точкових завад на ПЗ, але його застосування неефективне при сильних флуктуаційних шумах (аж до інверсії контрастів на ПЗ), характерних для радіометрії.

Висновок

Таким чином, запропонована в роботах [2, 5, 8] нейромережа для локалізації об'єкта пошуку після розробки алгоритму на основі вдосконаленого методу генетичного навчання нейромережі дозволила підвищити завадостійкість локалізації об'єкта пошуку на поточному радіометричному зображенні.

Проведення порівняльної оцінки розробленого методу локалізації об'єкта пошуку на поточному зображенні з відомими кореляційно-екстремальними методами показало, що розроблений метод локалізації об'єкта пошуку для радіометричної системи навігації дозволив збільшити імовірність правильної локалізації в умовах флуктуаційних шумів і адитивних завад на 15 – 25 % відносно відомих кореляційно-екстремальних методів.

Список літератури

1. Андреев Г.А., Потапов А.А. Алгоритмы обработки навигационной пространственно-временной информации // *Зарубежная радиоэлектроника*. – 1989. – № 3. – С. 3-19; № 4. – С. 3-21.

2. Подорожняк А.О., Сапожников В.В., Клевец С.И., Кравченко Д.Е. Нейросетевая система наведения летательных аппаратов // *Системы обработки информации*. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2000. – Вып. 1 (7). – С. 132-138.

3. Антюфеев В.И., Гричанюк А.М. Комбинированный зонный алгоритм локализации объектов геодезической привязки на радиометрических изображениях // *Системы обработки информации*. – Х.: ХВУ, 2002. – Вып. 4 (20). – С. 228-232.

4. Makarenko B., Kashaev I., Kulishenko V., Podorozhnyak A., Soroka A. *Complexed System for Aircraft Vehicles' Navigation* // AP-RASC'01. – Tokyo: Chuo Univ, 2001. – P. 98.

5. Тимочко А.И., Подорожняк А.А. Локализация объекта поиска на текущем изображении обученной генетическим алгоритмом нейросетью с радиальными базисными функциями // *Збірник наукових праць ХУ ПС*. – Х.: ХУ ПС, 2005. – № 6 (6). – С. 74-76.

6. Rolder R.S., Teti J.J. Millimeter wave passive and active sensors for terrain mapping // *Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng.* – 1987. – P. 114-123.

7. Бодянский Е.В., Руденко О.Г. Основы теории искусственных нейронных сетей. – Х.: ТЕЛТЕХ, 2002. – 317 с.

8. Подорожняк А.А. Оптимизация структуры регуляризованной нейросети для обработки изображений на основе использования генетических алгоритмов // *ИКСЗТ*. – 2002. – № 2. – С. 54-57.

9. Шахнов В.А., Власов А.И., Кузнецов А.С., Поляков Ю.А. Нейрокомпьютеры – архитектура и реализация [Электрон. ресурс]. – Режим доступа <http://neuronews.iu4.bmstu.ru>

Надійшла до редколегії 27.12.2006

Рецензент: д-р техн. наук проф. Л.Ф. Купченко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.