

## СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛІТАКІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

© Олексів М., Пуйда В., 2009

**Розглянуто систему технічного зору для ідентифікації літаків за їхніми силуетами з використанням алгоритмів цифрової обробки зображень і штучної нейронної мережі прямого поширення. Система експериментально перевірена на літаках АНТК ім. О.К. Антонова.**

**This work represents the computer vision system for identification of airplanes after their silhouettes using digital image processing algorithms and feedforward artificial neural network. System has been experimentally tested on Antonov ASTC airplanes.**

### Вступ

Через постійний ріст кількості авіаперевезень та авіатранспорту в аеропортах збільшується кількість аварій авіатранспорту на посадковій смугі і в зоні підльоту. Тому для підвищення безпеки руху в аеропортах поряд з існуючими засобами контрольно-диспетчерських пунктів аеропортів вводяться системи технічного зору. Ці системи здійснюють:

- візуальний контроль у зоні підльоту та льотного поля;
- ідентифікацію літальних апаратів за силуетами та цифровими ідентифікаторами;
- взаємодію з радіолокаційними системами аеропорту;
- моніторинг прилеглої до аеропорту простору.

Розроблена система призначена для виявлення літаків на зображеннях прилеглої до аеропорту простору та визначення їхніх координат у піксельній системі координат. Здатна працювати за умов низької видимості і туману.

Система розроблена на основі алгоритмів цифрової обробки сигналів і зображень і повнозв'язної штучної нейронної мережі прямого поширення з сигмоїдальною функцією активації. Навчання штучної нейронної мережі відбувається за допомогою алгоритму градуїзованого спряженого градієнта [1]. Цей тип нейронних мереж є простим у реалізації та здатний забезпечити високу швидкодію системи та якість ідентифікації. При апаратній реалізації спроектована нейронна мережа потребує значно більшого об'єму пам'яті порівняно з іншими реалізованими в системі підходами й алгоритмами. Але на сучасному технологічному рівні розвитку комп'ютерної техніки ці об'єми не завдають труднощів при реалізації системи.

**Характеристика системи.** Система працює з двовимірними зображеннями сцен, на яких зображено прилеглий до аеропорту простір. Кожен піксел зображення є напівтоновим і представлений одним байтом. Роздільна здатність кожного вхідного кадру становить 1024\*768 пікселів. Вузол виявлення об'єктів адаптований для виявлення літаків, пофарбованих монохромно. Нейронна мережа прямого поширення, що здійснює ідентифікацію, працює з напівтоновими зображеннями розміром 60\*40 пікселів.

**Структура системи.** Структурна блок-схема роботи системи на рівні функціональних блоків наведена на рис. 1.

Вузол введення зображення забезпечує введення кадру з відеокамери з розширенням 1024\*768 пікселів (формат 4:3). Введений кадр надходить до вузла покращання якості зображення. Цей вузол збільшує чіткість введеного зображення, зменшує вплив туману на зображення сцени і

тим самим збільшує дальність зору системи. Обробляє об'єкти сцени з метою їх надійного і коректного виділення вузлом виявлення об'єктів.

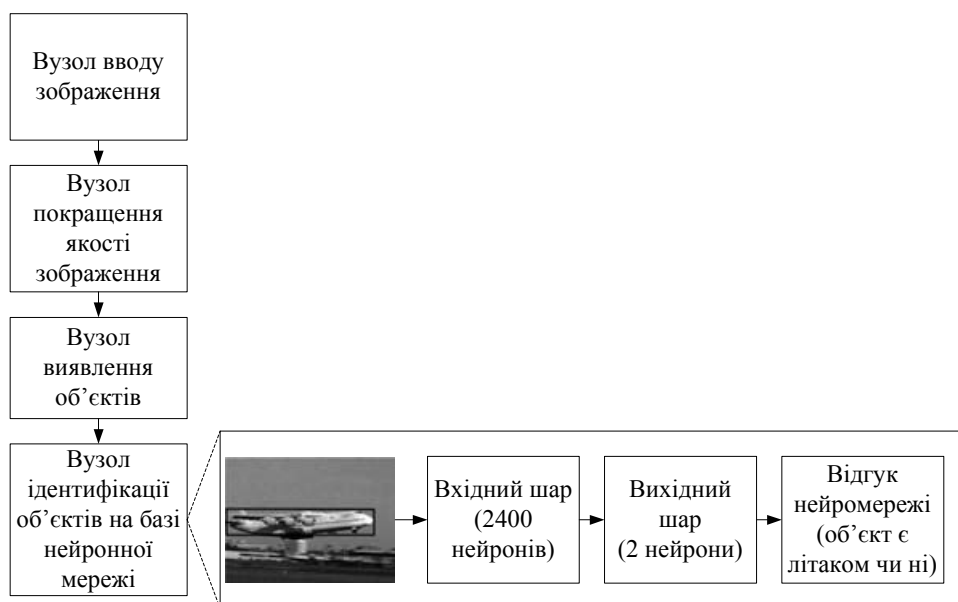


Рис.1. Структурна блок-схема роботи системи на рівні функціональних блоків

Вузол виявлення об'єктів здійснює пошук об'єктів на зображенні сцени, після чого сцена розбивається на множину об'єктів у формі прямокутників. Крім цього, вузол визначає координати виділених об'єктів у піксельній системі координат з точністю до одного пікселя. При проектуванні було здійснено оптимізацію вузла для обов'язкового суцільного виявлення і виділення зображення літаків серед інших об'єктів, присутніх на сцені.

Під час дослідження зображень літаків було виявлено, що переважно корпуси літаків пофарбовані монохромно. Проте є частина літаків, що мають логотипи чи інші графічні об'єкти, нанесені фарбою, яка різко відрізняється від фону корпусу літака. Це може вносити неточності при спробі повністю коректно виділити літак на фоні. Експериментальною перевіркою було встановлено, що ці графічні об'єкти, будучи достатньо малими відносно видимої площі літака, часто не вносять серйозних похибок у систему ні на етапі виділення об'єкта, ні на етапі ідентифікації.

Для коректної роботи вузла ідентифікації масштабують зображення виділених об'єктів до розміру 60\*40 пікселів. Масштабоване зображення виділеної області надходить на вхід вузла ідентифікації на основі повнозв'язної штучної нейронної мережі прямого поширення. Нейронна мережа обробляє вхідне зображення і визначає, чи на цьому зображенні присутній літак, чи ні. На відміну від розглянутої в [2] нейронної мережі, ця нейронна мережа визначає тільки, чи ідентифіковуваний об'єкт на зображенні є літаком, чи то будь-який інший об'єкт. Це спрощення дало змогу дещо зменшити вимоги системи до пам'яті і швидкодії обчислювальних вузлів у середині спецпроцесора з:

$$\text{Memory}_1 = \left( \sum_m (j * i + b) \right) * n = ((2400 * 2400 + 2400) + (2400 * 500 + 500) + (500 * 500 + 500) + (500 * 100 + 100) + (100 * 17 + 17)) * 8 = 58\,121\,736 \text{ bytes}, \quad (1)$$

до

$$\text{Memory}_2 = \left( \sum_m (j * i + b) \right) * n = ((2400 * 2400 + 2400) + (2400 * 2 + 2)) * 8 = 46\,137\,616 \text{ bytes}, \quad (2)$$

де  $m$  – шари мережі;  $j$  – кількість ваг, що входять до кожного з нейронів шару;  $i$  – кількість нейронів у шарі;  $b$  – кількість доданків границь у шарі;  $n$  – розмір одиниці даних у байтах.

У результаті проектування розроблена нейронна мережа архітектури  $k - q$ , де  $k = 2400$  нейронів у вхідному шарі і  $q = 2$  нейрони у вихідному шарі з сигмоїдальною функцією активації, і навчена за алгоритмом градуїованого спряженого градієнта в пакетному режимі. Вона забезпечила 100% ідентифікацію моделей літаків АНТК ім. О.К. Антонова на навчальній множині. Список моделей літаків, що входять до навчальної множини, наведено в таблиці. Ілюстрацію процесу навчання зображено на рис. 2. Як видно, похибка при навчанні становить 0,03%, що є високим показником якості навчання нейронної мережі.

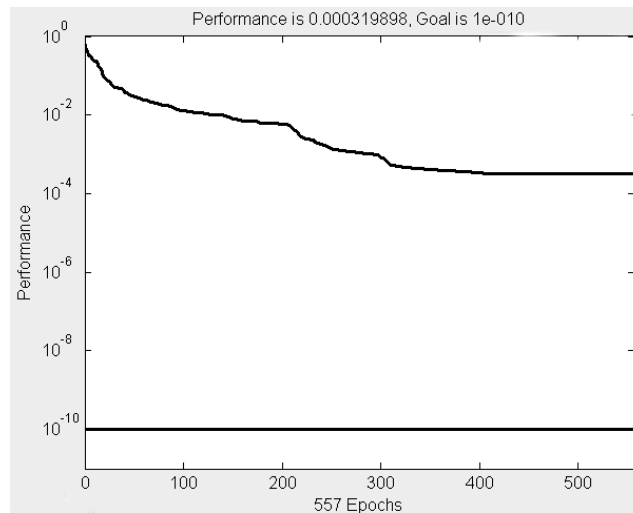


Рис. 2. Ілюстрація процесу навчання нейронної мережі 2400-2

Нейронна мережа навчалася з використанням зображень, наведених на рис. 3 і у таблиці.

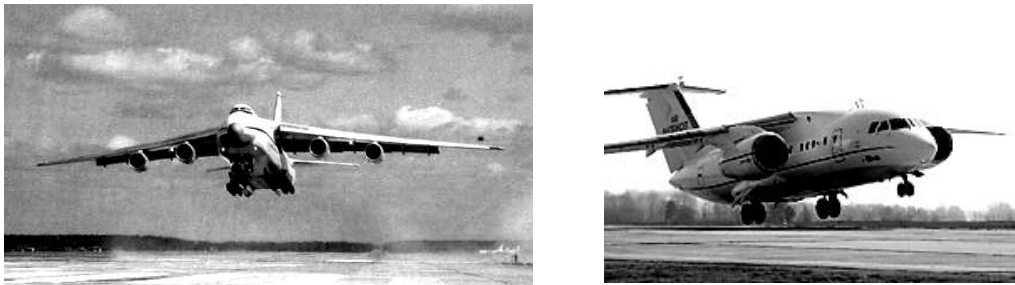


Рис. 3. Приклади силуетів літаків, що брали участь у навчанні розробленої нейронної мережі 2400-2

Під час розроблення моделі нейронної мережі і подальшого процесу навчання використовувався 8-байтний формат представлення даних з плаваючою комою. При реалізації моделі нейронної мережі в базисі ядра процесора цифрової обробки сигналів Blackfin фірми Analog Devices використовується чотирибайтний формат представлення даних з плаваючою комою. У результаті експериментальних досліджень виявилось, що зменшення точності представлення даних не погіршує розпізнавальних можливостей нейронної мережі. Це дає змогу зменшити вимоги системи до необхідних об'ємів пам'яті коефіцієнтів нейронної мережі вдвічі – з 46 137 616 байтів до 23 068 808 байтів. Це значно збільшує продуктивність системи навіть на сучасному рівні розвитку обчислювальної техніки. Отже, система здатна ідентифікувати об'єкти в режимі реального часу.

### Моделі літаків у навчальній множині

№ з/п	Модель літака	№ з/п	Модель літака	№ з/п	Модель літака
1	Ан-2	7	Ан-24	13	Ан-74
2	Ан-3	8	Ан-26	14	Ан-124
3	Ан-8	9	Ан-30	15	Ан-140
4	Ан-10	10	Ан-38	16	Ан-148
5	Ан-12	11	Ан-70	17	Ан-225
6	Ан-22	12	Ан-72		

Нейронну мережу моделювали на універсальному комп'ютері на основі AMD Athlon 2,9 ГГц з 2 Гб ОЗП. Мережа досягла таких якісних результатів: розпізнавання навчальної множини – 100 %; розпізнавання контрольної множини – 90 %; час розпізнавання – 51 мс.

### Висновки

Розроблена система здатна виявляти і ідентифікувати силуети літаків за 3 телевізійні кадри (60 мс) у довільних ракурсах. Може бути доволі просто адаптована до різних типів літальних апаратів.

1. *Haykin S. Neural networks: a comprehensive foundation, second edition, Prentice Hall, 1999.*
2. *Олексів М., Пуйда В. Підсистема ідентифікації силуетів літаків АНТК ім. О. К. Антонова і номерів їх бортів // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Комп'ютерні науки та інформаційні технології". – 2007. – № 604.*

УДК 681.3

О. Березький, К. Березька, Ю. Батько, Г. Мельник  
Тернопільський національний економічний університет

## СИНТЕЗ АЛЬТЕРНАТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИ СТРУКТУРНОМУ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ МІКРОСКОПІЇ

© Березький О., Березька К., Батько Ю., Мельник Г., 2009

Проаналізовані структури апаратної і програмної частин систем автоматизованої мікроскопії. Запропоновано використовувати І-АБО дерево для генерації множини альтернативних рішень для задач структурного синтезу на етапі системного проектування систем морфометричного аналізу гістологічних та цитологічних зображень клітин.

In the article the structures of hardware and software parts the systems of the automated microscopy are analysed. It is suggested to use AND-OR tree for the generation of plural alternative decisions for the tasks of structural synthesis on the stage of the system design of the systems of morphometric analysis of histological and cytological images of cells.

### Вступ

На сучасному етапі внаслідок поєднання прогресивних інформаційних технологій, сучасних методів і алгоритмів обробки, аналізу і синтезу зображень і медицини виникла нова галузь науки – телемедицина. Телемедицина передбачає діагностування на відстані на основі аналізу і обробки