

УДК 004.942+004.93'1

І.О. Романенко<sup>1</sup>, О.А. Попхадзе<sup>2</sup><sup>1</sup> *Центральний науково-дослідний інститут озброєння і військової техніки  
Збройних Сил України, Київ*<sup>2</sup> *Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», Київ*

## ЗАСТОСУВАННЯ КРАТНОМАСШТАБНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ОБРОБЦІ ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ

*У статті на змістовному рівні розглядається застосування кратномасштабного аналізу з метою підвищення ефективності обробки цифрових фотографій під час рішення завдань виявлення меж контрастних та слабо контрастних зображень.*

**Ключові слова:** кратномасштабний аналіз, цифрове зображення, ефективність.

### Вступ

В теперішній час теорія кратномасштабного аналізу застосовується як з метою підвищення обчислювальної ефективності, так і з метою підвищення якості аналізу даних на цифрових зображеннях. Як випливає з назви, кратномасштабний аналіз заснований на поданні та аналізі цифрових зображень у

різноманітних масштабах, тобто при різноманітних розрізненнях [1]. На практиці різні масштаби, про які йде мова, є кратними по відношенню один до одного та пов'язані цілим ступенем масштабного множника. Якщо не зроблено застереження для цілей кратномасштабного аналізу зображень використовується масштабний множник, який дорівнює двійці, як це показано на рис. 1.

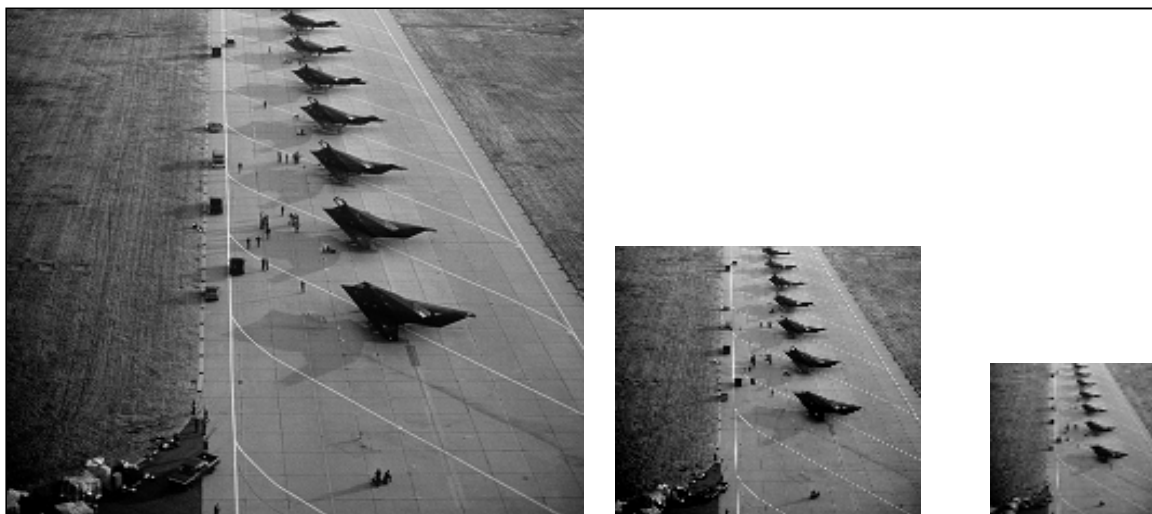


Рис. 1. Знімки трьохрівневої піраміди зображень, яка побудована з масштабним множником 2 ([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8d/Stealth\\_Fighters\\_37Tac.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8d/Stealth_Fighters_37Tac.jpg))

Кратномасштабний аналіз зображень знаходить широке застосування на практиці по наступним основним причинам. По-перше, у ряді додатків об'єкти можуть бути виявлені у більшому масштабі та уточнені у крупному.

Крім того, характерні деталі об'єктів можуть залишатися непомітними при одному розрізненні та можуть бути легко виявлені при іншому розрізненні [1 – 3].

Кількість публікацій, що присвячені даній тематиці, на теперішній час достатньо велика. Тем не менш, застосуванню кратномасштабного аналізу

при вирішенні завдань попередньої обробки, сегментації та розпізнаванню зображень у вказаних вище аспектах належної уваги не приділяється [1 – 5]. Хоча зменшення знімку при вирішенні подібних завдань призводить до зменшення рівня зашумлення, до збільшення рівня контрастності та до росту ефективності обробки знімку.

Тому головна мета статті полягає в тому, щоб на концептуальному рівні описати основні принципи та переваги застосування кратномасштабного аналізу для підвищення ефективності виявлення границь зображень.

## Застосування кратномасштабного аналізу для підвищення ефективності виявлення границь зображень

Контрастне зображення – це таке зображення, границя якого виділяється цілком (тобто не має розривів).

Загальноприйнятий підхід до сегментації границі контрастного зображення полягає в тому, щоб виявити пікселі його границі та простежити (зв'язати) контур зображення.

Основна суть першого завдання полягає в тому, щоб знайти межові пікселі зображення із застосуванням того або іншого граничного детектору [1, 2, 6]. Після цього, починаючи з деякого стартового пікселя границі відбувається зв'язування суміжних пікселів границі зображення, що розглядається, до однієї або декількох компонентів зв'язності [2, 3].

Для високо контрастних зображень застосування методу простежування контуру надає прийнятні за точністю результати.

Однак із зростанням зашумлення та падінням контрастності похибки виявлення границі починають значуще зростати.

Вони можуть проявлятися у вигляді значущого потовщення та негативного ефекту гілок границі [3, 7]. В результаті при зв'язуванні границі її будуть утворювати пікселі внутрішності об'єкту, його границі та тіні, включаючи гілки границі об'єкту. Для виправлення цього недоліку прийдемося поетапно: а) виділяти пікселі границі, б) зв'язати їх в компоненту границі та в) покращити таку компоненту за рахунок витончення, відсікання гілок та/або апроксимації границі.

Крім того, із зростанням рівня зашумлення можуть значуще проявлятися хибні контури у внутрішності об'єкту, усувати які достатньо трудомістко та проблематично.

Із застосуванням кратномасштабного аналізу ці та ряд інших проблемних ситуацій можуть бути усунені або, принаймні, мінімізовані. Робота із зменшеним зображенням приводить до зменшення рівня зашумлення та підвищенню рівня контрастності знімку, що, у свою чергу, приводить до зниження прояву ефекту гілок, до росту точності оцінювання положення границі об'єкту, а також к послабленню вимог до можливостей граничного детектору.

При цьому по порядку величини отримуємо, що зменшення зображення в  $m$  разів призводить до зниження загальної трудомісткості виявлення границі, приблизно, у  $m^2$  раз.

Таке зниження трудомісткості має особу актуальність при необхідності обробки крупних зобра-

жень із лінійними розмірами, які складають декілька тисяч пікселів, коли необхідно забезпечити сегментацію, розрізнення та прикладний аналіз об'єктів по їх зображенням у реальному масштабі часу.

На відміну від наведеного вище випадку, застосування принципів кратномасштабного аналізу для обробки слабо контрастного зображення набуває особливої актуальності як у відношенні забезпечення якості, так і у відношенні забезпечення обчислювальної ефективності обробки зображення такого типу.

Під слабо контрастним розуміється таке зображення, границя якого не виділяється цілком (тобто має один або декілька розривів після її сегментації).

Розглянемо спочатку зображення об'єктів з локальними розривами границі протяжністю у декілька пікселів.

Зменшення масштабу знімку, який розглядається, призводить до зменшення протяжності розривів границі. При цьому локальні розриви межі у декілька пікселів часто зникають на зменшеному знімку зовсім.

Більш того, дослідження, які здійснюються у теперішній час, показують, що у зв'язку із зростанням контрастності на зменшеному знімку нерідко виявляються нові пікселі границі в областях її розриву. При цьому навіть в умовах наявності розривів застосування існуючих технологій їх усунення не впливає на адекватність оцінювання форми границі у цілому [1].

Повне усунення локальних розривів границі у результаті зменшення масштабу забезпечує адекватне застосування простеження контуру та всього наступного циклу аналізу об'єкта по його контуру. Це має особливу важливість, оскільки в умовах наявності розривів границі, принаймні для об'єктів нерегулярного виду, наступний їх аналіз має евристичний характер.

Застосування кратномасштабного аналізу призводить до адекватного виявлення та побудування границі, що містить локальні розриви.

За необхідністю, зображення завжди може бути локалізовано та подано на розглядання у необхідному масштабі.

Крім того, важливо відмітити, що виявлені пікселі границі на зменшеному знімку можуть використовуватись у якості вузлів апроксимації контуру об'єкту.

Така їх інтерпретація важлива по наступних основних причинах.

По-перше, побудування деяких об'єктів передбачає апроксимацію. У такий ситуації отримувати всі пікселі границі просто не потрібно; більш того, це лише зніжує оперативність аналізу даних.

По-друге, це потрібно для прогнозування та усунення локальних розривів границі.

До цього моменту ми брали до уваги локальні розриви границі протяжністю у декілька пікселів. Зараз розглянемо ситуацію наявності великих протяжних розривів границі.

Для зображень з такими протяжними розривами границі зменшення масштабу вихідного зображення для виявлення нових пікселів границі в зонах розривів набуває особливої важливості.

Для об'єктів регулярного виду (форма яких априорно відома) наявність навіть достатньо протяжних розривів у більшості практично значущих випадків може бути компенсована за рахунок застосування методів контурної апроксимації.

В той же час, для об'єктів нерегулярного виду застосування методів контурної апроксимації може бути неприйнятним.

Строго кажучи, методи усунення розривів для об'єктів нерегулярного виду мають евристичний характер. Тому зменшення розривів, в тому числі за рахунок виявлення нових пікселів границі в зоні її розриву може бути дуже значимим у розумінні забезпечення адекватності оцінювання дійсного положення границі.

## Висновки

Кратномасштабний аналіз зображення завжди приводить до значного росту обчислювальної ефективності обробки зображення, оскільки зменшення лінійного розміру знімка в  $m$  раз приводить до зниження загальної трудомісткості обробки зображення, приблизно, в  $m^2$  раз.

Зменшення зображення, як правило, приводить до зменшення рівня зашумлення та збільшення рівня контрастності знімка, що призводить до зниження проявлення ефекту гилок, до росту точності оцінювання положення границі об'єкта, а також до ослаблення вимог до можливостей граничного детектора.

Оскільки характерні деталі об'єктів можуть залишатися непомітними при одному дозволі, і можуть легко виявлятися при іншому, використання піраміди дозволяє виявляти ці деталі скануванням

знімків піраміди. Цей аспект є надзвичайно важливим для аналізу текстур елементи проявляються в різних масштабах по різному.

Зменшення масштабу вихідного знімка призводить до зменшення протяжності розривів кордону слабо контрастного зображення, а також до затування локальних розривів кордону і до скорочення протяжних розривів кордону.

Зокрема, за рахунок виявлення нових пікселів кордону в областях її розриву, що має особливу актуальність для адекватної обробки слабо контрастних об'єктів нерегулярного вигляду.

Всі ці аспекти говорять на користь актуальності розробки сучасних моделей обробки цифрових зображень, заснованих на використанні піраміди зображень.

## Список літератури

1. Gonzalez R. *Digital Image Processing. Second Edition* / R. Gonzalez, R. Woods. – Prentice Hall, 2002. – 793 p.
2. Chen C.H. *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision* / C.H. Chen, L.F. Pau, P.S.P. Wang. – London (UK): Word Scientific Publishing Company, 1993. – 984 p.
3. Sonka M. *Image processing, analysis, and machine vision* / M. Sonka, V. Hlavak, R. Boyle. – California (USA): Cole Publishing Company, 1999. – 770 p.
4. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передреев, А.А. Роженицов, Р.Г. Хафизов, И.Л. Егошина, А.Н. Леухин; под ред. Я.А. Фурмана. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.
5. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход: пер. с англ. / Д. Форсайт, Ж. Понс – М.: ВИЛЬЯМС, 2004. – 928 с.
6. Смеляков К.С. Модели и методы сегментации границ изображений нерегулярного вида на основе адаптивных масок: дис. ... канд. техн. наук: 09.03.05. – Х., 2005. – 162 с.

Надійшла до редколегії 10.02.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ПРИМЕНЕНИЕ КРАТНОМАСШТАБНОГО АНАЛИЗА ПРИ ОБРАБОТКЕ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

И.А. Романенко, А.А. Попхадзе

*В статье на содержательном уровне рассматривается применение кратномасштабного анализа для целей повышения эффективности обработки цифровых фотографий при решении задач обнаружения границ контрастных и слабоконтрастных изображений.*

**Ключевые слова:** кратномасштабный анализ, цифровое изображение, эффективность.

## USAGE OF MULTIREOLUTION ANALYSIS FOR DIGITAL IMAGE PROCESSING

I.A. Romanenko, O.A. Popkhadze

*An approach is proposed which uses for the multiresolution digital image analysis for solving the problems of edge detection of contrast and low contrast images with the aim to increase the computational efficiency.*

**Keywords:** multiresolution analysis, digital image, efficiency.