УДК 004.92 doi: 10.15421/321709

К.О. Каракай, К.Е. Золотько
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара

МЕТОД МАШТАБУВАННЯ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ, ЩО МІСТЯТЬ ТЕКСТОВУ ІНФОРМАЦІЮ

Представлені результати дослідження методу масштабування цифрових зображень. Отримано оцінки спотворень при інтерполяції зображень з використанням дискретного вейвлет-перетворення. Досліджено вплив вибору базису вейвлетів на похибки перетворення зображень при масштабуванні.

Представлены результаты исследования метода масштабирования цифровых изображений. Получены оценки искажений при интерполяции изображений с использованием дискретного вейвлет-преобразования. Исследовано влияние выбора базиса вейвлетов на погрешности преобразования изображений при масштабировании.

There are research results of the digital images scaling method. Estimations of distortions in the interpolation of images using discrete wavelet transforms are received. Influence of wavelets basis choice on inaccuracies of the image transformation during scaling is investigated.

Ключові слова: маштабування, інтерполяція зображень, дискретне вейвлет-перетворення.

До теперішнього часу для розв’язання задачі оптичного розпізнавання символів запропоновано безліч алгоритмів. Історично першими з'явилися методи зіставлення з шаблонами, потім методи, які аналізують структуру символу. Наприклад, процес розпізнавання в системі Tesseract ґрунтується на полігональної апроксимації символу і подальшому зіставленні отриманої апроксимації зі збереженими на етапі навчання шаблонами. У OCR-рішеннях ABBYY задіяні шість класифікаторів: растровий, признаковий, признаково-диференційний, контурний, структурний і структурно-диференційний, що застосовуються в залежності від контексту документа, вхідних параметрів зображення і завдань розпізнавання. Останнім часом популярними стали методи, які не потребують попередньої сегментації, такі як ієрархічні приховані моделі Маркова і сверточні нейронні мережі. У зв'язку з виникненням нової хвилі популярності нейромережевих класифікаторів, останнім часом вони часто використовуються в дослідницьких роботах по оптичному розпізнаванню символів. Вейвлет-перетворення є ефективним методом виділення ознак об'єктів при розв’язанні задач розпізнавання [1].

Розвиток інформаційних технологій зумовило важливість цифрових методів масштабування при обробці зображень. Існують різні методи

© *Каракай К.О., Золотько К.Е., 2017*

інтерполяції зображень при масштабуванні, найбільш відомі з них – поліноміальні методи інтерполяції і sinc-інтерполяція [2]. При масштабуванні бажано не погіршувати якість зображення, тобто зберігати діапазон яскравості, форму і межі об'єктів. Інтерполяція супроводжується різними артефактами, такими як розмиття кордонів, блочность, а при зменшенні зображень можливий елайзінг, який часто проявляється у вигляді хвилі біля кордонів об'єктів.

У даній роботі представлені результати розробки програмного забезпечення та чисельного моделювання масштабування зображень за допомогою дискретного вейвлет-перетворення (ДВП).

Спосіб перетворення функції (або сигналу) в форму, яка або робить деякі величини вихідного сигналу більш придатними до вивчення, або дозволяє стиснути вихідний набір даних. Вейвлет-перетворення сигналів є узагальненням спектрального аналізу. Термін (англ. Wavelet) в перекладі з англійської означає «маленька хвиля». Вейвлети - це узагальнена назва математичних функцій певної форми, які локальні в часі і по частоті і в яких всі функції виходять з однієї базової, змінюючи її (зрушуючи, розтягуючи).

Розглянутий метод заснований на використанні субполосной фільтрації, тобто обробці сигналів в різних діапазонах частот (рис. 1). Для виконання низькочастотної фільтрації (НЧФ) використовується згортка з материнським вейвлетом $\varphi(x)$, уявленим в формі лінійної комбінації масштабованих і зсунутих функцій відповідно до масштабуючого співвідношення

$$\varphi(x) = \sum_k a_k \varphi(2x + k) \qquad (1)$$

де a_k- вагові коефіцієнти; k - ціле число. Високочастотна фільтрація (ВЧФ) забезпечується згорткою з вейвлетом виду (1), в якому вагові коефіцієнти розраховуються, виходячи зі значень коефіцієнтів a_k в (1), із забезпеченням можливості відновлення вихідного сигналу з низькочастотної і високочастотної складових [2-5].

У схемі після поділу сигналу на дві частотні смуги здійснюється проріджування з коефіцієнтом 2 отриманих, що забезпечує дворазове зменшення масштабу. Для відновлення сигналу у вихідному масштабі зріджені відліки замінюються нулями, після чого здійснюється інтерполяція цих значень за допомогою фільтрів відновлення.

При інтерполяції зображень вейвлет-перетворення можна розглядати як розділиме перетворення, при якому ДВП виконується як одномірне, незалежно по рядках і стовпцях.

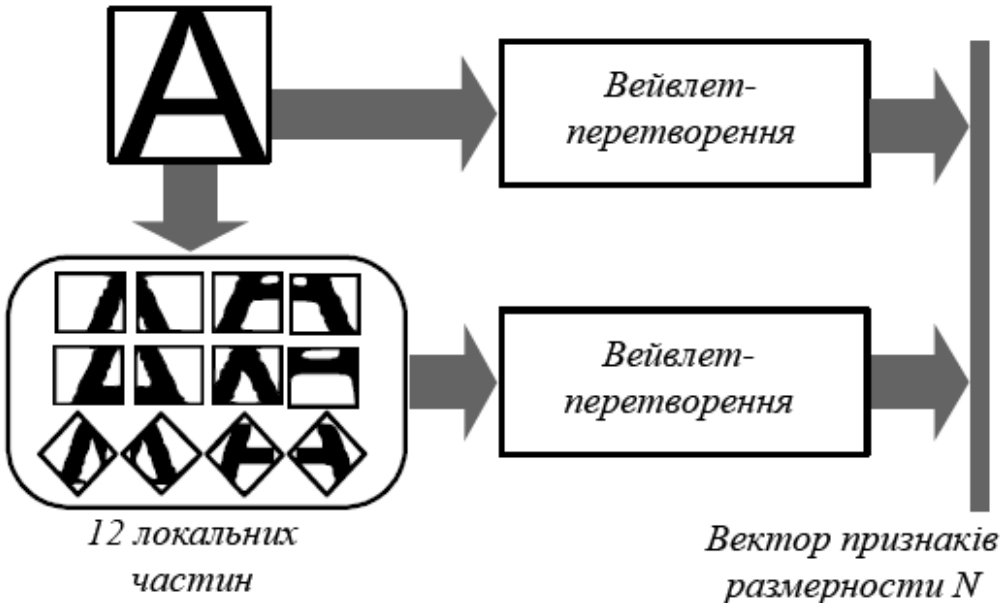


Рис 1. Виділення ознак символу «А»

Формуються складові: низькочастотної фільтрації зображення по рядках і стовпцях, високочастотної фільтрації по рядках і низькочастотної за стовпцями, нізкочастної фільтрації по рядках і високочастотної за стовпцями, високочастотної фільтрації по рядках і стовпцях. Алгоритм в загальному випадку дозволяє масштабувати зображення за кожним напрямом з коефіцієнтом 2^n, де n - ціле число.

Для зменшення масштабу зображення в 2 рази слід застосувати згортку по рядках з материнським вейвлетом, провести проріджування по рядках, застосувати згортку за стовпцями з материнським вейвлетом, провести проріджування по стовпцях. Щоб змінити масштаб зображення, потрібно провести вставку нулів замість раніше проріджених відліків по рядках, застосувати згортку по рядках з вейвлетом, зворотним материнському, провести вставку нулів за стовпцями, застосувати згортку за стовпцями з вейвлетом, зворотним материнському.

Якщо необхідно збільшувати або зменшувати зображення в 2^n раз при n > 1, вказану послідовність операцій необхідно відповідно повторити.

З рис. 2 видно, що обнулення коефіцієнтів в складових низькочастотної та високочастотної фільтрації вносить спотворення, зіставні з випадком відкидання всіх високочастотних складових. Не вдалося скасувати видалення зображення без урахування високочастотної інформації тим більше, чим більше інформації виділяється при вихідної ВЧФ. Для отримання оцінок похибок потрібно виконати пряме і зворотне ДВП зображення і порівняти вихідне і відновлене зображення з урахуванням та без урахування високочастотної інформації.

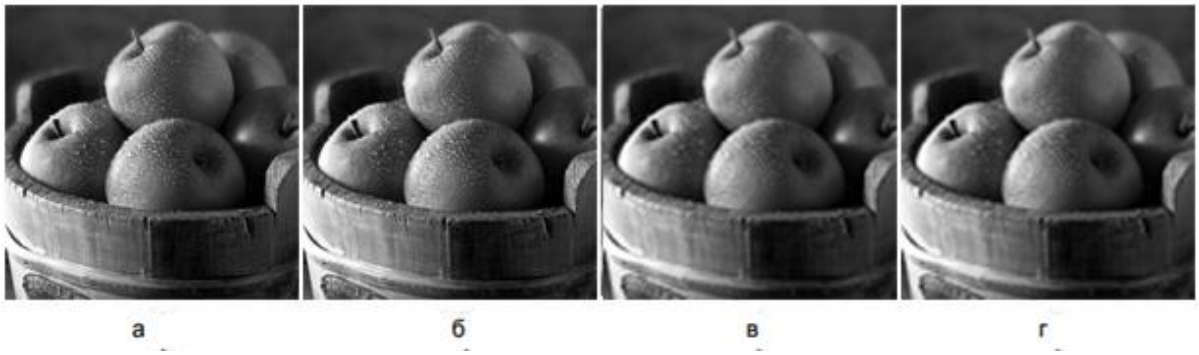


Рис. 2. Початкове зображення (а) і відновлені зображення з використанням усіх складових вейвлет-перетворення (б), при відкиданні складових низькочастотної та високочастотної інформації (в) і без урахування інформації на високих частотах (г)

В експериментах здійснювалося зменшення і подальше збільшення зображення до початкового розміру, і далі отримане зображення порівнювалося з оригіналом. Для тестування використовувалися зображення (рис. 3).



Рис. 3. Приклади тестових зображень: 1 – Ear; 2 – Apples; 3 – Eyes; 4 – Picture; 5 – Mombo; 6 – Minion; 7 – Follow me; 8 – Glass; 9 – Fit Text; 10 – Text.

Спотворення при масштабуванні оцінювалися стосовно восьмирозрядних зображень з використанням критерію пікового відношення сигнал / шум (ПОСШ)

ПОСШ 20lg(255/ СКО), дБ ,

де СКО = $\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{X}\sum_{j=1}^{Y}\left(a_{i,j}-b_{i,j}\right)^2\right)/XY}$ - середньоквадратичне відхилення; $a_{i,j}$ и $b_{i,j}$ - відліки вихідного і двічі масштабованого зображення розміром X*Y.

У таблиці 1 представлені результати оцінки ПОСШ для фільтра Коен-Добеши-Фово 5/3 при різних варіантах необнулення коефіцієнтів перетво-

рення (їх позначення вказані в другому рядку заголовка таблиці) для тестових зображень рис. 3. З аналізу даних, наведених у таблиці, випливає, що при збільшенні масштабу зображень на основі ДВП використання високочастотної інформації дозволяє підвищити якість інтерполяції.

Таблиця 1

Оцінка ПОСШ при виконанні зворотного ДВП (фільтр Коен-Добеши-Фово 5/3)

Назва зображення	ПОСШ, дБ	
	низкочастотна, висо-кочастотна	високочастотна
Ear	54,4	41,7
Apples	48,3	43,4
Eyes	56,0	38,1
Picture	46,8	40,1
Mombo	37,3	30,4
Minion	56,6	40,4
Follow me	48,5	44,5
Glass	65,1	60,1
Fit Text	25,5	18,8
Text	30,1	27,1

У даній роботі представлено розпізнавання рукописних і друкованих символів, засноване на спільному застосуванні вейвлет-перетворення, методу головних компонент і нейронних мереж.

Проведені дослідження спотворень при масштабуванні цифрових зображень на основі дискретного вейвлет-перетворення з використанням критерію пікового відношення сигнал / шум показали, що якість інтерполяції залежить від видів зображення і вейвлета. В результаті проведення дослідження виявлено, що запропонований алгоритм дозволяє ефективно розпізнавати зображення рукописних і друкованих символів.

Бібліографічні посилання

1. **Bolotova, Yu.A.** License plate recognition with hierarchical temporal memory model / Yu.A. Bolotova, A.A. Druki, V.G. Spitsyn. – In: Proceedings of 9th International Forum on Stra-

tegic Technology (IFOST-2014), Chittagong, October 21-23, 2014. – Chittagong: CUET, 2014. – P. 121-124.
2. **Чуи Ч.К.** Введение в вейвлеты / Ч.К. Чуи.– М.: Мир, 2001. – 412 с.
3. **Болотова, Ю.А.** Распознавание символов на цветном фоне на основе иерахической временной модели с предобработкой фильтрами Габора / Ю.А. Болотова, А.К. Кермани, В.Г. Спицын // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2012. – Т. 16, № 8.– С. 14-19.
4. **Smith, R.** An overview of the Tesseract OCR Engine / R. Smith // Proceedings of 9th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR2007). – 2007. – Volume II. – P. 629-633.
5. **Буй, Т.Т.Ч.** Распознавание лиц на основе применения метода Виолы-Джонса, вейвлет-преобразования и метода главных компонент / Т.Т.Ч. Буй, Н.Х. Фан, В.Г. Спицын // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 320, № 5. – С. 54-59. Вейвлет-перетворення: https://basegroup.ru/community/articles/intro-wavelets
6. **Лукьяница, А.А.** Цифровая обработка видеоизображений / А.А. Лукьяница, А.Г. Шишкин. – М.: Ай-Эс-Эс Пресс, 2009. – 518 с.
7. **Хайкин, С.** Нейронные сети. Полный курс: / С. Хайкин; пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

Надійшла до редколегії 13.03. 2017