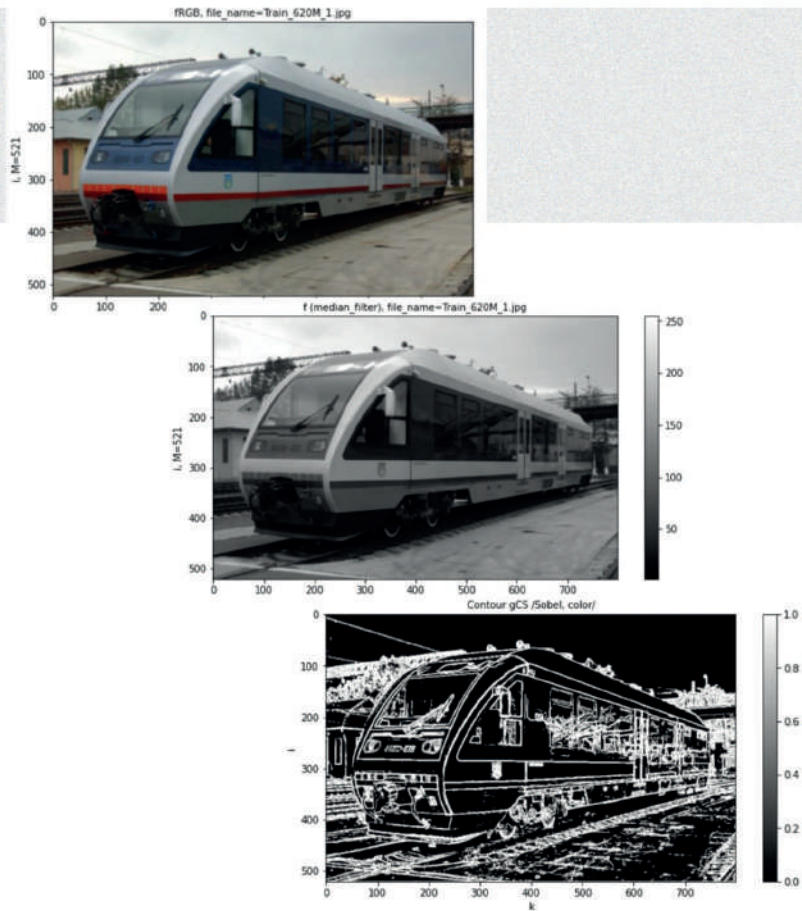


Ю.О. Ушенко
О.В. Деревянчук
М.В. Талах
В.В. Дворжак



МЕТОДИ Й ЗАСОБИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ОБРОБКИ СИГНАЛІВ: ОБРОБКА ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ



МЕТОДИ Й ЗАСОБИ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ
СИГНАЛІВ: ОБРОБКА
ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

ISBN 978-966-423-758-8



Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

Ю.О. Ушенко, О.В. Дервянчук, М.В. Талах, В.В. Дворжак

**МЕТОДИ Й ЗАСОБИ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ:
ОБРОБКА ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

Навчальний посібник



Чернівці
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича
2023

УДК 004.67, 004.8, 004.93

Д 36

*Друкується за ухвалою Вченої ради
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича
(протокол № 13 від 28.12.2022 р.)*

Рецензенти:

Виклюк Я.І., доктор технічних наук, професор кафедри систем штучного інтелекту Національного університету «Львівська політехніка»;

Федів В.І., доктор фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри біологічної фізики та медичної інформатики Буковинського державного медичного університету.

Ушенко Ю.О., Деревянчук О.В., Талах М.В., Дворжак В.В.

Д 36 **Методи й засоби інтелектуальної обробки сигналів: обробка цифрових зображень** : навч. посіб. Ю.О. Ушенко, О.В. Деревянчук, М.В. Талах, В.В. Дворжак Чернівці: Чернівецьк. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2023. 312 с.

ISBN 978-966-423-758-8

Наведено основні фундаментальні знання з основ цифрового представлення зображень. Розглянуто просторові та частотні методи покращення зображень, відновлення зображень, вейвлети та кратномасштабну обробку.

Для студентів вищих закладів освіти за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки, 015.34 Професійна освіта (машинобудування), 014.10 Середня освіта (трудове навчання та технології).

УДК 004.67, 004.8, 004.93

© Ушенко Ю.О., Деревянчук О.В.,
Талах М.В., Дворжак В.В., 2023

© Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, 2023

ISBN 978-966-423-758-8

Зміст

ВСТУП	7
1. ОСНОВИ ЦИФРОВОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ	14
1.1. ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ СПЕКТР І РЕЄСТРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ	14
1.1.1. Світло і електромагнітний спектр	14
1.1.2. Зчитування та реєстрація зображень	18
1.1.3. Реєстрація зображення за допомогою одиночного сенсора.....	20
1.1.4. Реєстрація зображення за допомогою лінійки сенсорів	22
1.1.5. Реєстрація зображення за допомогою матричних сенсорів	24
1.1.6. Проста модель формування зображення.....	25
1.2. ДИСКРЕТИЗАЦІЯ І КВАНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ	28
1.2.1. Основні поняття, що використовуються під час дискретизації і квантування	28
1.2.2. Представлення цифрового зображення.....	31
1.2.3. Просторова і яскравісна роздільні здатності	33
1.2.4. Ефекти муару і накладанні спектрів.....	37
1.2.5. Збільшення і зменшення цифрових зображень	39
1.2.6. Деякі фундаментальні співвідношення між пікселями	41
1.2.7. Поелементні операції над зображеннями	42
1.2.8. Лінійні та нелінійні перетворення	43
2. ПРОСТОРОВІ МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ..	44
2.1. МЕТОДИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ	44
2.1.1. Передумови.....	45
2.2. ДЕЯКІ ОСНОВНІ ГРАДАЦІЙНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ	47
2.2.1. Перетворення зображення в негатив	49
2.2.2. Логарифмічне перетворення	50
2.2.3. Степеневі перетворення.....	51
2.3. ЧАСТКОВО-ЛІНІЙНІ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕНЬ ..	57
2.3.1. Посилення контрасту	57
2.3.2. Вирізання діапазону яскравості	59

2.3.3. Вирізання бітових площин.....	60
2.4. ВИДОЗМІНЕННЯ ГІСТОГРАМИ	63
2.4.1. Еквалізація Гістограми.....	65
2.4.2. Приведення гістограми	71
2.4.3. Локальне поліпшення.....	78
2.4.3. Використання гістограмних статистик для покращення зображення.....	79
2.5. ПОКРАЩЕННЯ НА ОСНОВІ АРИФМЕТИКО- ЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ	85
2.5.1. Віднімання зображень	87
2.5.2. Усереднення зображень	90
2.6. ОСНОВИ ПРОСТОРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ.....	95
2.6.1. Згладжуючі просторові фільтри	98
2.6.1.1 Лінійні згладжуючі фільтри.....	98
2.6.1.2. Фільтри, що ґрунтуються на порядкових статистиках.....	103
2.6.2. Просторові фільтри підвищення різкості	105
2.6.2.1. Основи.....	106
2.6.2.2. Покращення зображень із використанням других похідних: лапласіан	109
2.6.2.3. Покращення зображень із використанням перших похідних: градієнт	118
2.6.3. Комбінування методів просторового покращення ..	122
3. ЧАСТОТНІ МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ... 130	
3.1. ФУР'Є АНАЛІЗ. ФІЛЬТРАЦІЯ В ЧАСТОТНІЙ ОБЛАСТІ	130
3.1.1. Одномірне перетворення Фур'є	131
3.1.2. Двовимірне ДПФ і його обернення.....	137
3.1.3. Фільтрація в частотній області	140
3.2. ЦИФРОВІ ФІЛЬТРИ	144
3.2.1. Відповідність між фільтрацією в просторовій області й фільтрацією в частотній області	147
3.2.2. Згладжуючі частотні фільтри	150
3.2.2.1. Ідеальні фільтри низьких частот	150
3.2.3. Частотні фільтри підвищення різкості.....	157
3.2.3.1. Ідеальні фільтри високих частот	159
3.2.4. Гомоморфна фільтрація	161

4. ВІДНОВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ	165
4.1. ПРИБИРАННЯ ЗАВАД ІЗ ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ	165
4.1.1. Модель процесу спотворення/відновлення зображення.....	166
4.1.2. Моделі шуму.....	167
4.1.2.1. Просторові й частотні властивості шуму.....	167
4.1.2.2. Функції густини розподілу ймовірностей для деяких важливих типів шумів	168
4.1.2.3. Періодичний шум.....	175
4.1.2.4. Побудова оцінок для параметрів шуму.....	176
4.1.3. Придушення шумів – просторова фільтрація	178
4.1.3.1. Усереднюючі фільтри.....	179
4.1.3.2. Фільтри, засновані на порядкових статистиках	183
4.1.3.3. Адаптивні фільтри	189
4.1.4. Придушення періодичного шуму – частотна фільтрація.....	197
4.1.4.1. Режекторні фільтри.....	197
4.1.4.2. Смугові фільтри	200
4.1.4.3. Вузькосмугові фільтри	201
4.2. ВІДНОВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ	206
4.2.1. Лінійні трансляційно-інваріантні спотворення	206
4.2.2. Оцінка спотворюючої функції	209
4.2.2.1. Оцінка на основі візуально аналізу зображення.....	209
4.2.2.2. Оцінка на основі експерименту	210
4.2.2.3. Оцінка на основі моделювання.....	211
4.2.3. Інверсна фільтрація.....	214
4.2.4. Фільтрація методом мінімізації середньоквад- ратичного відхилення (вінерівська фільтрація)	217
4.2.5. Геометричні перетворення.....	220
4.2.5.1. Просторові перетворення	220
4.2.5.2. Інтерполяція значень яскравості.....	223
5. ВЕЙВЛЕТІ І КРАТНОМАСШТАБНА ОБРОБКА	229
5.1. ПЕРЕДУМОВИ	230
5.1.1. Піраміди зображень	231
5.1.2. Субсмугове кодування.....	236

5.1.3. Перетворення Хаара	247
5.2. КРАТНОМАСШТАБНЕ РОЗКЛАДАННЯ	250
5.2.1. Розкладання в ряди	251
5.2.2. Масштабуючі функції.....	255
5.2.3. Вейвлет-функції	261
5.3. ОДНОМІРНІ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ.....	263
5.3.1. Розкладання в вейвлет-ряди.....	264
5.3.2. Дискретне вейвлет-перетворення.....	267
5.3.3. Інтегральне вейвлет-перетворення.....	269
5.4. ШВИДКЕ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ.....	273
5.5. ДВОВИМІРНІ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ.....	284
5.6. ВЕЙВЛЕТ-ПАКЕТИ	294
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	310

Навчальне видання

Юрій Олександрович Ушенко
Олександр Володимирович Деревянчук
Марія Віталіївна Талах
Валентина Володимирівна Дворжак

МЕТОДИ Й ЗАСОБИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ: ОБРОБКА ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск – **Ю.О. Ушенко**

Літературний редактор – **О.В. Лукул**
Технічний редактор та дизайнер обкладинки – **А.В. Цвіра**

Підписано до друку 16.01.2023. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк різнографічний. Умов.-друк. арк. 17,1.
Обл.-вид. Арк. 18,4. Тираж 150. Зам. Н-001.
Видавництво та друкарня Чернівецького національного університету.
58012, Чернівці, вул. Коцюбинського, 2.
e-mail: ruta@chnu.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 891 від 08.04.2002.