

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДВНЗ «ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»**

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(М. ВІННИЦЯ, УКРАЇНА)**

**ШТУТГАРТСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(М. ШТУТГАРТ, ФРН)**

**ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ГАМБУРГ-ХАРБУРГ (М. ГАМБУРГ,  
ФРН)**

**ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ ім.  
Г.Є.ПУХОВА НАН УКРАЇНИ**

## **М А Т Е Р І А Л И**

**Сьомої міжнародної науково-технічної конференції**

**"МОДЕЛЮВАННЯ І КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА"**

**18-24 вересня 2017 року  
м. Покровськ, м. Київ**

**УДК 004.3+004.9+004.2+51.7+519.6+519.7**

Публікується згідно з рішенням Вченої ради ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (протокол № 1 від 07.09.2017).

Збірник містить наукові статті співробітників ДонНТУ та інших навчальних і наукових закладів України, які взяли участь у роботі Сьомої міжнародної науково-технічної конференції "Моделювання і комп'ютерна графіка", що проводилась 18-24 вересня 2017 року у ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» у м. Покровську. Публікації висвітлюють результати наукових досліджень і розробок в таких напрямках, як інформатика, чисельні методи, паралельні обчислення, програмування, розробка засобів обчислювальної техніки, дослідження комп'ютерних мереж, машинна графіка і обробка зображень, математичне моделювання в різних галузях. Матеріали збірника призначені для наукових співробітників, викладачів, інженерно-технічних працівників, аспірантів та студентів.

**Видавець** – Донецький національний технічний університет (ДонНТУ)

Конференція проводилась за підтримки:

- гранту Erasmus+ CBHE action 561728-EPP-1-2015-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP «GameHub: University-enterprises cooperation in game industry in Ukraine»,
- гранту Tempus 2013-4587-001-001- 544010-TEMPUS-DE-TEMPUS-JPHES TATU – «Trainings in Automation Technologies for Ukraine»,
- компанії QuartSoft,
- компанії PHOENIX CONTACT.

**Адреса редакції:** 85300, м. Покровськ, пл. Шибанкова, 2, ДонНТУ.

Тел.: (06239) 2-09-38. E-mail: [natalia.kostiukova@donntu.edu.ua](mailto:natalia.kostiukova@donntu.edu.ua)

|                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Романюк О. Н., Мельник О.В., Стукач О.В.</b>                                      | <b>215</b> |
| МОДЕЛЮВАННЯ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО РАСТРА НА<br>КВАДРАТНОМУ РАСТРІ                          |            |
| <b>Тихонова О.А., Скрипник Т.В.</b>                                                  | <b>219</b> |
| СТВОРЕННЯ ІГРОВОГО ДОДАТКУ ЗАСОБАМИ ГРАФІЧНОГО<br>СЕРЕДОВИЩА UNITY 3D                |            |
| <b>Філатов І.А., Цололо С.О.</b>                                                     | <b>228</b> |
| ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ДЕКОНВОЛЮЦІЇ ВІНЕРА ПРИ<br>РЕАЛІЗАЦІЇ НА МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМАХ     |            |
| <b>Яровий А.А., Пасічник Д.Г., Василічишин Р.А.</b>                                  | <b>234</b> |
| ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ЦИФРОВОЇ КОРЕКЦІЇ ТА<br>ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ |            |
| <b>Шумейко А.К., Башков Є.О.</b>                                                     | <b>239</b> |
| ПРОГРАМНЕ ПІДКЛЮЧЕННЯ СЕНСОРУ KINECT ДО<br>КОНСТРУКТОРУ GAME MAKER                   |            |
| <b>Ермолов А.А., Костюкова Н.С.</b>                                                  | <b>244</b> |
| АНАЛІЗ МЕТОДОВ ПОИСКА НЕЧЕТКИХ ДУБЛИКАТОВ В БАЗЕ<br>ДАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ               |            |

#### **Секція 4.**

#### **Моделювання систем та об'єктів промислової автоматизації**

|                                                                                                    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Воропаєва В.Я.</b>                                                                              | <b>249</b> |
| ВИКОРИСТАННЯ ТАТУ SMART LAB У ПІДГОТОВЦІ ТА<br>ПЕРЕПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З ПРОМИСЛОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ |            |
| <b>Дікова Ю.Л.</b>                                                                                 | <b>252</b> |
| СИСТЕМА ПРОГНОЗА СТАНУ ГІРНИЧОГО ОБЛАДНАННЯ НА<br>БАЗІ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПІДХОДУ                     |            |
| <b>Єшан Р.В., Поцєпаєв В.В., Воропаєва В.Я.</b>                                                    | <b>258</b> |
| МОДЕЛЮВАННЯ ВОДОВІДЛИВНОЇ УСТАНОВКИ ЗАСОБАМИ<br>МОБІЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ТАТУ                         |            |
| <b>Поцєпаєв В.В.</b>                                                                               | <b>263</b> |
| МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВИКОНАВЧИХ<br>ОРГАНАХ ВИДОБУВНОГО КОМБАЙНА                       |            |
| <b>Тихонова О.А., Скрипник Т.В.</b>                                                                | <b>267</b> |
| СУЧАСНІ ЗАСОБИ НАВІГАЦІЇ У ВИРІШЕННІ КОМЕРЦІЙНИХ<br>ЗАВДАНЬ, ПРОГРАМА "ROUTE"                      |            |
| <b>Бєзбожний В.С., Цололо С.О.</b>                                                                 | <b>274</b> |
| АВТОНОМНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИМИ<br>ЗАМКАМИ НА ОСНОВІ NFC                                  |            |
| <b>Новіков В.Г., Цололо С.О.</b>                                                                   | <b>280</b> |
| ПЛАТФОРМА РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ ARDUINO<br>MEGA 2560                                         |            |

УДК 004.932.4

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ДЕКОНВОЛЮЦІЇ ВІНЕРА ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ НА МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМАХ

І.А. Філатов, С.О. Цололо

Донецький національний технічний університет, Україна

*В роботі розглядаються особливості реалізації алгоритму деконволюції Вінера та створення фільтру Вінера для відновлення інформації з розмитих або розфокусованих зображень. Виконано реалізацію і порівняльний аналіз декількох способів прискорення роботи алгоритму при його використанні на мобільних платформах.*

*Ключові слова: реконструкція зображень, деконволюція та фільтрація Вінера, дискретне перетворення Фур'є, швидке перетворення Фур'є*

### 1. ВСТУП

Проблема відновлення зображення з'явилася в століття становлення цифрової фотографії. Змаз або розфокусування були відомі і раніше, але з появою цифрового представлення фотографії вже є не тільки проекцією відбитого світла через лінзу фотоапарата на плівку. Тепер фотографія – це дискретні відліки, які при наявності процесора можна обробити і перетворити. Фільтр Вінера з'явився задовго до появи цифрової фотографії, в 1942 р. в класичній праці «Екстраполяція, інтерполяція і згладжування часових рядів». За допомогою теорії оцінок він точно обчислив характеристики фільтра, який забезпечив найкраще виділення необхідного сигналу на тлі перешкод [1].

У наш час вже є розробленими методи відновлення зображень, на основі яких побудовано величезну кількість додатків, що так чи інакше оброблюють зображення. Але більшість цих додатків розроблені під конкретні системи (або сімейства систем), що не дозволяє повноцінно використовувати можливості цих програм на різних платформах.

Отже, метою роботи є дослідження *особливостей реалізації алгоритму деконволюції Вінера при реалізації у додатку* для платформи Android, аналізі швидкості і якості роботи алгоритму

Основні задачі, що вирішуються у роботі:

1. Аналіз алгоритму з метою виділення особливостей алгоритму, що можуть бути використані для збільшення швидкодії алгоритму.

2. Аналіз особливостей та припущень платформи Android, що можуть бути використані при реалізації алгоритму
3. Реалізація алгоритму деконволюції Вінера з урахуванням виявлених особливостей.
4. Дослідження швидкості при різних розмірах зображення та підходах до реалізації.

## 2. АЛГОРИТМ ДЕКОНВОЛЮЦІЇ ВІНЕРА

В основі методу деконволюції Вінера є розрахунок фільтра, за своїми властивостями схожим з інверсним фільтром, але менш схильним до впливу шуму на зображенні, і мінімізації його появи при розрахунках. Для роботи потрібно власне саме зображення (вже схильне до розмиття або розфокусування) і характеристики функції розтікання точок – знань про те, до яких змін схильний сигнал [2].

Зображенням будемо вважати картинку з 3 кольоровими шарами – червоним, синім і зеленим. Усі три шара схильні до розмиття або розфокусування однаково, тому фільтр для всіх них потрібен лише один. Після обробки цих – потоків інформації (зображення і функції розтікання точок – на виході отримаємо результуюче зображення такого ж розміру, як і вихідне, але з порівняно кращою якістю зображення. Схема алгоритму деконволюції Вінера наведена на рис. 1.

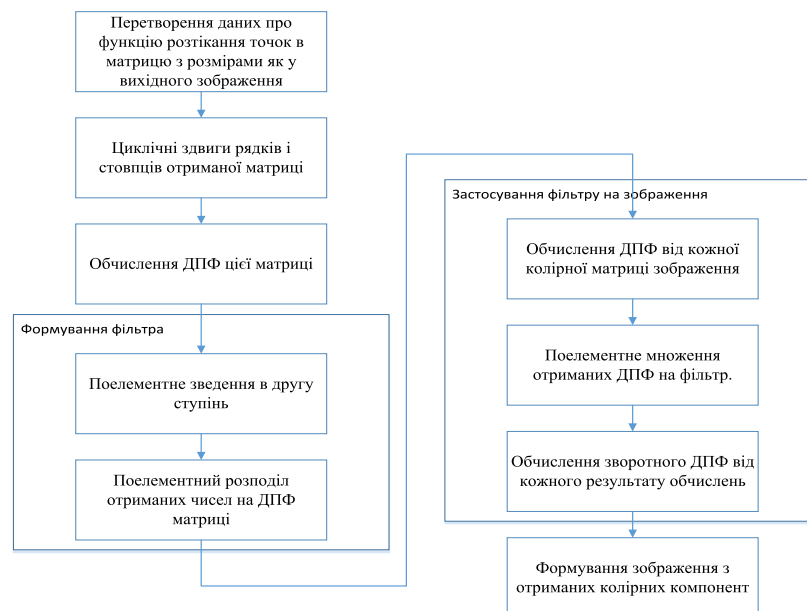


Рисунок 1 – Схема алгоритму деконволюції Вінера

При цьому слід виділити такі особливості:

1. Алгоритм покликаний працювати з матрицею значень, збільшення матриці функції розтікання точок до розмірів зображення буде описано нижче.
2. Циклічні зсуви потрібні для правильного позиціонування отриманої в попередньому кроці матриці і для подальшого перетворення цієї матриці в фільтр. Зсуви виконуються таким чином, щоб центр вихідної матриці функції розтікання точок лежав строго в лівому верхньому кутку.
3. Алгоритм працює з оптичною передавальною функцією, яку потрібно отримати з функції розтікання точок (рис. 2) [3].

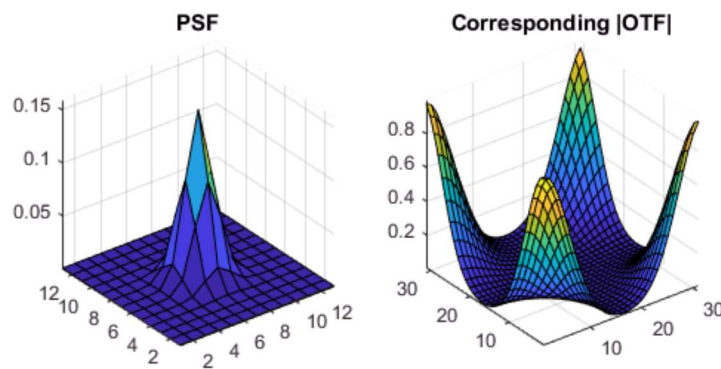


Рисунок 2 – Перетворення функції розтікання точок в оптичну передавальну функцію.

Слід зазначити, що на даному етапі виникають складності обчислення двовимірного дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) від матриці. В загальному випадку рівняння ДПФ має вигляд (1):

$$X_p(\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2) = X(\mathbf{z}_1, \mathbf{z}_2) \Big|_{\substack{\mathbf{z}_1 = e^{j\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)\mathbf{k}_1} \\ \mathbf{z}_2 = e^{j\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)\mathbf{k}_2}}} = \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} x(n_1, n_2) e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)n_1 k_1} e^{-j\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)n_2 k_2} \quad (1)$$

Після реалізації були проведені дослідження продуктивності методу, що виявило проблему вкрай малої швидкості виконання перетворення (рис.3). Така швидкість є закономірною для виробленого кількості обчислень, але для реалізації на мобільній платформі потрібно знайти більш швидкий спосіб розрахунку.

Одним з варіантів оптимізації алгоритму з точки зору часових показників є використання швидкого перетворення Фур'є. Ідея полягає в тому, що виконується прорідження сигналу по частоті, що дозволяє розділити вихідний сигнал на 2 рівних сигнали, кількість відліків кожного з яких є в 2 рази менше вихідного.

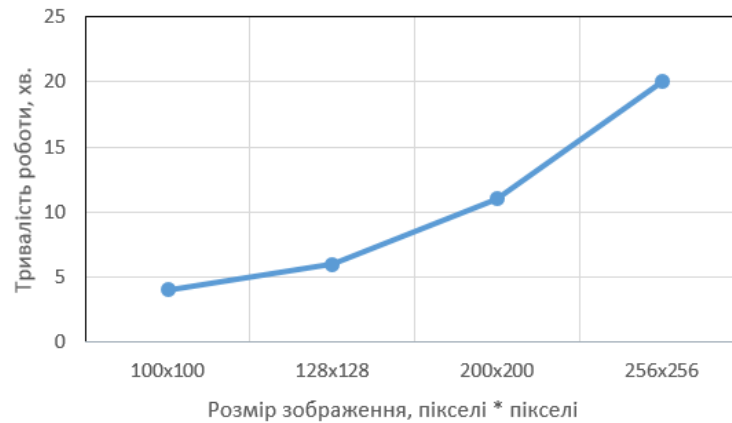


Рисунок 3 – Витрати часу на обчислення двовимірного ДПФ

Таким чином при максимальному проріджуванні буде досягнутий сигнал, що складається з двох відліків, і тоді перетворення можна записати у вигляді

$$\begin{aligned} y_k &= y_k^0 + w_n^k y_k^1, k = 0 \dots \frac{n}{2} - 1, \\ y_{k+n/2} &= y_k^0 - w_n^k y_k^1, k = 0 \dots \frac{n}{2} - 1. \end{aligned} \quad (2)$$

При тестуванні швидкості роботи результат відрізняється на кілька порядків. Швидкість розрахунку зростає, але при цьому можливе проявлення похибки. Розмір похибки – не більше 0,25% в порівнянні з ДПФ дозволяє проігнорувати її з урахуванням отримання значного росту швидкодії.

Для подальшого прискорення може бути використана оптимізація ШПФ за допомогою методу Кулі-Тьюки (рис. 4) [6]. Варто відзначити, що вищевказані методи працюють тільки з матрицями, розміри яких кратні ступеням числа 2 (4x4, 8x8, 16x16 тощо), отже зображення також потрібно доповнити відліками до таких розмірів.

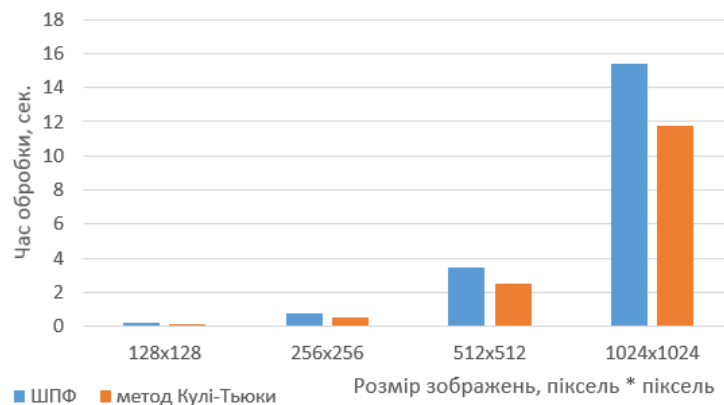


Рисунок 4 – Порівняння швидкості роботи методів ШПФ

### 3. РОЗРАХУНОК ФІЛЬТРУ ВІНЕРА

Для розрахунку фільтра необхідно виконати поелементне зведення матриці до другої степені, а потім розділити на перетворену матрицю. Будемо вважати, що зображення складається з раціональних позитивних чисел, при цьому в кожних 3 байтах картинки містяться послідовно значення червоної, зеленої і синьої компоненти, при цьому значення не можуть виходити за розміри байту (від 0 до 255).

Наступним кроком є зворотне перетворення Фур'є. Маючи готовий метод двовимірного ШПФ можна отримати зворотне за допомогою невеликих змін, є кілька способів обчислити зворотне ШПФ за допомогою ШПФ (рис. 5) [7].

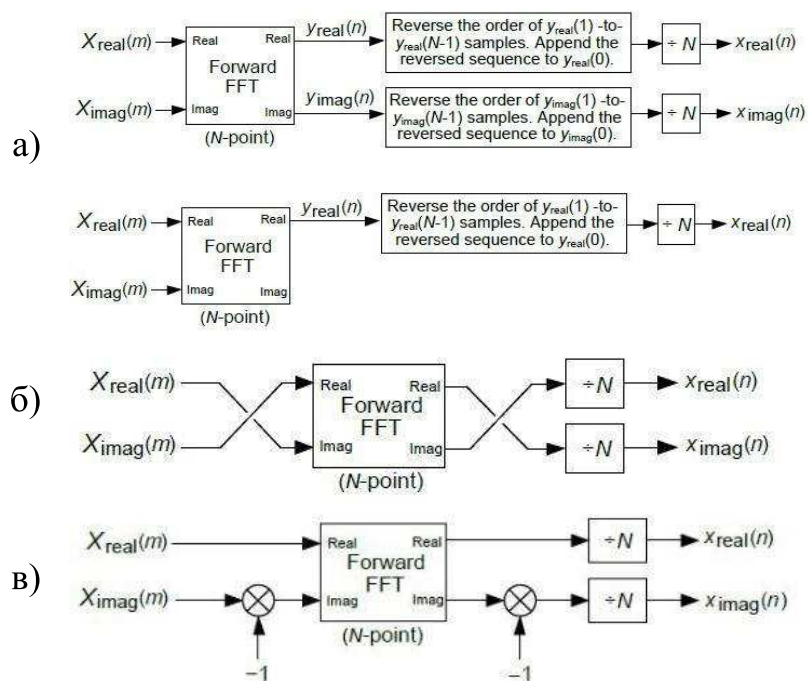


Рисунок 5 – Підходи до виконання зворотного ШПФ

Особливістю способу а) є те, що перед подачею на блок ШПФ або після перетворення відліки від 1 до  $N-1$  зеркально змінюють позиції. У способі б) перед подачею на блок ШПФ та після перетворення сигнали обмінюються місцями.

Способи а) і б) більше підходять, коли в платформі реалізації присутній блок розрахунку ШПФ – тоді використовуючи здвиги в матрицях сигналу, що подається на вхід або виходить з блоку ШПФ, можна отримати правильний результат. Але саме для програмних способів реалізації є цікавим метод в), тому що він обумовлює найбільш просту реалізацію з використанням комплексно-сполучених



чисел. При цьому необхідно лише змінити знак  $-j$  на  $+j$  і розділити кожен елемент масиву на добуток розмірів масиву.

#### 4. ВИСНОВКИ

В роботі було проведено аналіз алгоритму деконволюції Вінера, виявлені основні етапи та операції з попередньої обробки зображення та створенню фільтрів Вінера. Були проаналізовані способи реалізації деконволюції Вінера та створення фільтрів Вінера з точки зору їх ефективності для мобільних платформ. Для кожного із способів виконано реалізацію алгоритму, після чого проведений порівняльний аналіз швидкодії програми при різних початкових даних.

У подальшому для пришвидшення роботи планується використати засоби мови Java для розпаралелювання обчислень фільтруючих матриць та відфільтрованих зображень за допомогою пакету `java.util.concurrent` або інших допоміжних пакетів.

#### ЛІТЕРАТУРА

- [1] Энциклопедия по машиностроению XXL. Фильтр Винера [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mash-xxl.info/info/215629/>
- [2] Point-spread function, spatial resolution and optical sectioning [електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.nature.com/nmeth/journal/v14/n4/box/nmeth.4230\\_BX1.html?foxtrotcallback=true](http://www.nature.com/nmeth/journal/v14/n4/box/nmeth.4230_BX1.html?foxtrotcallback=true)
- [3] Convert point-spread function to optical transfer function [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/psf2otf.html>
- [4] Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М: Мир, 1978. – 834 с.
- [5] Быстрое преобразование Фурье за  $O(N \log N)$ . Применение к умножению двух полиномов или длинных чисел [електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://e-maxx.ru/algo/fft\\_multiply](http://e-maxx.ru/algo/fft_multiply)
- [6] Липатов В.И. Реализация алгоритмов двумерного БПФ и сравнение их быстродействия в MathCad –Сибирский федеральный университет, 2005.
- [7] Four Ways to Compute an Inverse FFT Using the Forward FFT Algorithm. Rick Lyons [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dsprelated.com/showarticle/800.php>

Отримано 27.06.2017