



2020

*WISSENSCHAFT
FÜR DEN MODERNEN
MENSCHEN*

TECHNIK UND TECHNOLOGIE, INFORMATIK, SICHERHEIT



SWorld
Germany



Choporov O.N., Lvovich I.Y., Osadchuk A.V., Preobrazhenskiy A.P., Romanyuk O.N., Sukhiy K.M. and etc.

WISSENSCHAFT FÜR DEN MODERNEN MENSCHEN
TECHNIK UND TECHNOLOGIE, INFORMATIK, SICHERHEIT
SCIENCE FOR MODERN HUMAN
ENGINEERING AND TECHNOLOGY, INFORMATICS, SECURITY

Included in International scientometric databases

MONOGRAPH

NetAktivatAV
Karlsruhe 2020

UDC 001.895

BBK 94

W 77

Author team:

Alyabyev V.N. (3), Anashkina M.V. (9), Apilat A.A. (4), Arseniuk I.R. (8), Belyanovskaya E.A. (2), Biryulin V.I. (3), Chekhmestruk R.Y. (5), Chernyshev A.S. (3), Choporov O.N. (6, 11), Gorlov A.N. (3), Gutsalenko Y.G. (1), Khara M.B. (13), Koenig E.B. (10), Kudelina D.V. (3), Larin O.M. (3), Lvovich I.Y. (6, 11), Lvovich Y.E. (7, 12), Lyamzin A.B. (13), Lytovchenko R.D. (2), Maidaniuk V.P. (8), Malysenko K.A. (9), Malysenko V.A. (9), Osadchuk A.V. (10), Osadchuk I.A. (10), Mykhaylov P.I. (5), Perun I.V. (5), Preobrazhenskiy A.P. (6, 7, 11, 12), Preobrazhenskiy Y.P. (7, 12), Prokopenko E.M. (2), Romanyuk O.N. (5), Romanyuk O.V. (5), Shadi M S Hilles (8), Sukhyy K.M. (2), Sukhyy M.P. (2), Yeromin O.O. (2), Zybaylo S.N. (4)

W 77 **Wissenschaft** für den modernen menschen: technik und technologie, informatik, sicherheit. Book 1. Part 1 / [team of authors: Choporov O.N., Lvovich I.Y., Osadchuk A.V., Preobrazhenskiy A.P., Romanyuk O.N., Sukhyy K.M. and etc.]. – Karlsruhe: NetAkhatAV, 2020 – 196 p. : ill., tab.

ISBN 978-3-9821783-0-1

The monograph contains scientific studies of authors in the field technologies, informatics, security, transport. It may be useful for engineers, designers and other employees of enterprises and organizations, as well as teachers, applicants, graduate students, undergraduates and students of higher educational institutions.

UDC 001.895

BBK 94

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01

© Team of authors, 2020

ISBN 978-3-9821783-0-1



The monograph was prepared by the authors

1. *Alyabyev Vladimir Nikolaevich*, Outhwestern State University, Russia, Ph.D in technical sciences - *Chapter 3 (co-authored)*.
2. *Anashkina Marina Viktorovna*, Crimean Federal University named after Vernadsky V.I. - *Chapter 9 (co-authored)*.
3. *Apilat Andrey Andreevich*, Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine, master - *Chapter 4 (co-authored)*.
4. *Arseniuk Igor Rostislavovich*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, ass. professor - *Chapter 8 (co-authored)*.
5. *Belyanovskaya Elena Anatolyevna*, State Higher Educational Institution "Ukrainian State University of Chemical Technology", Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 2 (co-authored)*.
6. *Biryulin Vladimir Ivanovich*, Southwestern State University, Russia, Ph.D in technical sciences - *Chapter 3 (co-authored)*.
7. *Chekhmestruk Roman Y.*, 3D GENERATION, Ukraine, Ph.D in technical sciences - *Chapter 5 (co-authored)*
8. *Chernyshev Alexander Savelievich*, Russia, Ph.D in technical sciences, - *Chapter 3 (co-authored)*.
9. *Choporov Oleg Nikolaevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 6, 11 (co-authored)*.
10. *Gorlov Alexey Nikolaevich*, Southwestern State University, Russia, Ph.D in technical sciences - *Chapter 3 (co-authored)*.
11. *Gutsalenko Yuriy Grigorievich*, National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute" (NTU "KhPI"), Ukraine - *Chapter 1*.
12. *Khara Maryna*, Priazov State Technical University, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 13 (co-authored)*.
13. *Koenig Elena*, Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter, Ukraine, Ph.D in technical sciences, senior scientific employee - *Chapter 10 (co-authored)*.
14. *Kudelina Daria Vasiliievna*, Southwestern State University, Russia, Ph.D in technical sciences - *Chapter 3 (co-authored)*.
15. *Larin Oleg Mikhailovich*, Southwestern State University, Russia, Ph.D in technical sciences, - *Chapter 3 (co-authored)*.
16. *Lvovich Igor Yakovlevich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 6, 11 (co-authored)*.
17. *Lvovich Yakov Evseevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 7, 12 (co-authored)*.
18. *Lyamzin Andrey*, Priazov State Technical University, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 13 (co-authored)*.



19. *Lytovchenko Roman Dmytriyevich*, State Higher Educational Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, Ukraine, graduate student, - *Chapter 2 (co-authored)*.
20. *Maidaniuk Volodymyr Pavlovyh*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 8*.
21. *Malyshenko Konstantin Anatolievich*, Crimean Federal University named after Vernadsky V.I., Russia, PhD in Economics, ass. professor - *Chapter 9 (co-authored)*.
22. *Malyshenko Vadim Anatolievich*, Crimean Federal University named after Vernadsky V.I., Russia, PhD in Economics, ass. professor - *Chapter 9 (co-authored)*.
23. *Mykhaylov Pavlo I.*, 3D GENERATION, Ukraine - *Chapter 5 (co-authored)*.
24. *Osadchuk Alexander Vladimirovich*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 10 (co-authored)*.
25. *Osadchuk Iaroslav Alexandrovich*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 10 (co-authored)*.
26. *Perun I. Viktorovich*, 3D GENERATION, Ukraine - *Chapter 5 (co-authored)*.
27. *Preobrazhenskiy Andrey Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Dr.Hab. in Technical Sciences, ass. professor – *Chapter 6, 7, 11, 12 (co-authored)*
28. *Preobrazhenskiy Yuriy Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 7, 12 (co-authored)*.
29. *Prokopenko Elena Mikhailovna*, National Metallurgical Academy of Ukraine, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 2 (co-authored)*
30. *Romanyuk Olexandr N.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 5 (co-authored)*.
31. *Romanyuk Oksana V.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 5 (co-authored)*
32. *Shadi M S Hilles*, Istanbul Okan University, Turkey, Computer Science, ass. professor - *Chapter 8 (co-authored)*.
33. *Sukhyy Kostyantyn Mikhaylovich*, State Higher Educational Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, Ukraine, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 2 (co-authored)*.
34. *Sukhyy Mikhaylo Porfyryevich*, State Higher Educational Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, Ukraine, Ph.D in technical sciences, Professor - *Chapter 2 (co-authored)*.
35. *Yeromin Oleksandr Olegovych*, National Metallurgical Academy of Ukraine, Ukraine, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 2 (co-authored)*.
36. *Zybaylo Sergey Nikolaevich*, Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine, Ph.D in technical sciences, senior scientific employee - *Chapter 4 (co-authored)*.



Content

CHAPTER 1. POSSIBILITIES AND FEATURES OF DIAMOND-SPARK GRINDING OF HIGH FUNCTIONALITY MATERIALS

Introduction	9
1.1. Geometric model of stable diamond grinding.....	9
1.2. Modeling and practice of removing of diamond wheel bindings	12
1.3. The economics of binding selection and grinding control mode.....	15
1.4. Grinding with ultra-dispersed diamonds in metal coating of grains.....	19
1.5. Formation of steel surfaces of increased hardness.....	22
1.6. Systematic approach to rational diamond grinding	26
Conclusions	31

CHAPTER 2. IMPROVING THE PERFORMANCE OF OPEN-TYPE ADSORPTIVE CONVERTERS OF HEAT ENERGY FOR HEATING INFLOW AIR

Introduction	34
2.1. Experimental	35
2.1.1. Adsorptive heat storage device	35
2.1.2. Adsorptive regenerator of heat energy	38
2.2. Results and discussion.....	41
2.2.1. Performance of open-type adsorptive heat storage device.....	41
2.2.2. Performance of adsorptive regenerator of low-grade heat and moisture.....	48
Conclusions	51

CHAPTER 3. APPLICATION OF VARIABLE FREQUENCY DRIVE IN WATER SUPPLY SYSTEMS

Introduction	52
3.1. Problems of energy saving in water supply systems	52
3.2. Ways to improve energy efficiency in water systems	54
3.3. Frequency-controlled electric drive in water supply systems.....	57
3.4. The structure of the frequency converter used in a variable frequency drive findings	59
Conclusions	64

CHAPTER 4. THE DEVELOPMENT OF THE 3D PRINTING CONCEPT OF FORM BLOCKS

Introduction	66
4.1. Overview of 3D printer concepts	66
4.2. Development of the concept of a 3D printer for industrial printing of forms for the manufacture of building materials	68
4.3. Production of forms and matrices on a 3D printer and their utilization	70
Conclusions	71



CHAPTER 5. THE USE OF THREE-DIMENSIONAL MODELING FOR HUMAN SPINE DIAGNOSTICS AND TREATMENT

Introduction	73
5.1. Analysis of the task status	73
5.2. Computer diagnostics of the spine condition	77
Conclusions	84

CHAPTER 6. KEY FEATURES OF ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS

Introduction	86
6.1. Basic concepts of electronic document management system and its components	87
6.2. The structure and functional features of electronic document management systems	89
6.3. Analysis of modern document classifications	91
Conclusions	92

CHAPTER 7. THE PROBLEMS OF SYSTEMATIZATION IN THE ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT

Introduction	93
7.1. Systematization of the documentation content	93
7.2. Classification of methods and algorithms of workflow systems	96
Conclusions	98

CHAPTER 8. INCREASING THE SPEED OF FRACTAL IMAGE COMPRESSION USING TWO-DIMENSIONAL APPROXIMATION TRANSFORMATIONS

Introduction	100
8.1. Mathematical model of coding-decoding of images by fractal method ..	101
8.2. There are ways to increase the speed of the fractal image compression algorithm	103
8.3. Increasing the speed of fractal image compression due to two-dimensional approximation	104
8.4. Practical results	105
Conclusions	106

CHAPTER 9. METHODOLOGICAL JUSTIFICATION OF THE SYSTEM OF FINES FOR CAUSING DAMAGE TO THE RECREATIONAL POTENTIAL OF THE RESORT CITY

Introduction	108
9.1. Basic concepts	108
9.2. Statement of the problematic situation in the assessment of recreational potential losses	109
9.3. Description of the system of penalties for damage to the recreational potential of the city of B. Yalta	117



9.4. The sequence of damage calculation based on the value of the resus component of the recreational facility and the established fact of losses.	129
Conclusions	133

CHAPTER 10. APPLICATION OF MULTIFACTOR MODELS FOR FORECASTING OF PSA (PHTHALIC ANHYDRID) EMISSIONS IN AIRPLANES

Introduction	135
10.1. Common problems of modeling.....	135
10.2. Types of multiple classification	137
10.3. Multifactor mathematical models	137
10.4. Stages of construction for multifactor regression model	138
10.5. Linear multifactor model.....	141
10.6. Nonlinear multifactor model	143
10.7. Method of deterministic stochastic factorial analysis.....	144
Conclusions	150

CHAPTER 11. PROBLEMS OF INFORMATION SECURITY IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

Introduction	151
11.1. Problems of information security of distributed information systems ..	151
11.2. Analysis of information security threats, channels and methods of implementation of the security threats in distributed information systems	153
11.3. A comprehensive approach to information security of distributed information systems	157
Conclusions	159

CHAPTER 12. PROBLEMS OF INFORMATION SECURITY IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

Introduction	160
12.1. Characteristics of distributed systems of a university with distance educational technologies	160
12.2. Problems of information security of corporate networks of a distributed university.....	163
12.3. Modeling of objects of protection, threats to information security and IS breach channels in a university branch.....	165
Conclusions	168



**CHAPTER 13. THE INFLUENCE OF TRAFFIC FLOWS ON THE
LEVEL ENVIRONMENTAL SAFETY OF LIFE UNIT OF
SOCIETY**

Introduction 169

13.1. Theoretical mechanism for evaluating the effectiveness of city solutions, to ensure the environmental safety of society in the ecological framework of the environment of the road network of industrial zones 169

13.2. Mathematical model of ecologically safe space of activity of a unit of society in the conditions of ecological framework of the environment of a street and road network of industrial zones 171

Conclusions 175

References 177



CHAPTER 8.

INCREASING THE SPEED OF FRACTAL IMAGE COMPRESSION USING TWO-DIMENSIONAL APPROXIMATION TRANSFORMATIONS

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-049

Вступ

Зображення, які представлені в цифровій формі, необхідно зберігати на носіях та передавати каналами зв'язку. Для економії пам'яті та більш ефективного використання ресурсів системи створюють спеціальні алгоритми кодування [1-4]. Зображення – це особливий вид даних, який має надлишковість у двох вимірах, що дає додаткові можливості для ущільнення [4]. Одним із перспективних методів ущільнення зображень є фрактальний метод [4]. Фрактальне кодування – це математичний процес для кодування растрів, які містять реальне зображення, в сукупність математичних даних, що описують фрактальні властивості зображення. Цей вид кодування заснований на тому, що усі природні та більшість штучних об'єктів містять надмірну інформацію у вигляді однакових блоків зображення, що повторюються. Вони отримали назву фракталів. Фрактал – це структура, яка складається з подібних форм і малюнків, що зустрічаються в різних розмірах.

Актуальність

Алгоритм фрактального ущільнення відомий тим, що в деяких випадках дозволяє отримати дуже високі коефіцієнти ущільнення (найкращі приклади – до 1000 разів при прийнятній візуальній якості) для реальних фотографій природних об'єктів, що неможливо для інших алгоритмів ущільнення зображень з втратами [1 – 2].

Основним недоліком фрактального методу є низька швидкість кодування, яка пов'язана з тим, що для отримання високої якості зображення для кожного рангового блоку необхідно виконати перебір усіх доменних блоків, і для кожного доменного блоку необхідно виконати не менше восьми афінних перетворень [3 – 5]. Одна з можливих ефективних та швидких схем кодування зображень фрактальним методом, запропонована Арно Жакеном (Arnaud Jacquin) [2]. Але якщо порахувати кількість операцій множення для знаходження коефіцієнтів афінних перетворень одного рангового блоку в зображенні у градаціях сірого розміром 512×512 ($4^{4,5} = 512$, $k=4,5$) пікселів при розмірі рангового блоку 4×4 ($n=4$), доменного 8×8 і кроці вибору доменних блоків 2, то навіть для алгоритму запропонованому Жакеном загальна кількість операцій множення буде досить великою і складе [1]:

$$M = 8(4n^{k+1}(n^{k-1} - 3) + 9n^2) = 8(4 \cdot 4^{5,5} \cdot (4^{3,5} - 3) + 9 \cdot 4^2) = 8193152.$$

Отже, задача підвищення швидкості ущільнення зображень фрактальним методом є досить актуальною. При покращенні показників швидкодії алгоритм фрактального ущільнення може стати одним з найефективніших алгоритмів ущільнення зображень [1].



8.1. Математична модель кодування-декодування зображень фрактальним методом

З фізичної точки зору фрактальне кодування ґрунтується на твердженні, що зображення містить афінну надлишковість. Математична модель, яка використовується при фрактальному стисненні зображень, називається системами ітеруючих функцій (Iterated Function Systems – IFS). Системи ітеруючих функцій містять набір стискальних перетворень w_i , які можливо задати так [4]:

$$W(S) = w_i(S), \quad (1)$$

де S – зображення.

Відповідно до теореми Банаха, існує певний клас відображень, які називаються стискальними і для них справедливо таке твердження: якщо до якогось зображення f_0 ми почнемо багаторазово застосовувати відображення W таким чином, що:

$$f_1 = W(f_0), f_i = W(f_{i-1}), \quad (2)$$

то при «і», що прямує до нескінченності, ми отримаємо таке саме зображення незалежно від того, яке зображення ми взяли за f_0 :

$$f = \lim_{i \rightarrow \infty} f_i \quad (3)$$

Зображення f називається нерухомою точкою перетворення W або атрактором.

В якості перетворень w_i використовуються афінні відображення:

$$w_i \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a_i & b_i & 0 \\ c_i & d_i & 0 \\ 0 & 0 & S_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ O_i \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де a_i, b_i, c_i, d_i – афінні коефіцієнти деформації, стиснення, обертання; dx, dy – коефіцієнти переміщення; x, y – координати точки, що перетворюється; z – її інтенсивність. Параметр S_i керує контрастністю, а O_i – яскравістю зображення. Знаючи коефіцієнти цих перетворень, ми можемо відновити початкове зображення.

Алгоритм фрактального кодування зображень можна описати так. Процес ущільнення починається з того, що зображення спочатку розділяється на блоки, що не перекриваються (рангові області), а потім на домені блоки, які можуть взаємно перекриватися, як це показано на рис. 1 [2].

Домені повинні мати характерні фрагменти, які надалі використовуються для побудови декодованого зображення. Після цього починається кодування зображення шляхом підбору для кожної рангової області найбільш відповідного домена, за допомогою якого розподіл яскравості в ранговій області може бути апроксимований розподілом яскравості у домені. Для того, щоб отримати найкращу апроксимацію, домені піддаються афінним перетворенням, у результаті яких відбувається не лише їх геометрична деформація, а й зміни контрасту та яскравості. Якщо розподілом яскравості в перетвореному домені не вдається досягти задовільної апроксимації розподілу яскравості у ранговій області, рангова область ділиться на чотири частини і процес повторюється.



Прирівнявши до нуля часткові похідні від виразу по S і O :

$$\frac{\partial F}{\partial S} = 0, \frac{\partial F}{\partial O} = 0, \quad (6)$$

знайдемо значення S і O , при яких досягається мінімум виразу:

$$O = \frac{1}{n^2} \left(\sum_{i,j}^n r_{ij} - S \sum_{i,j}^n d_{ij} \right), \quad (7)$$

$$S = \frac{n^2 \sum_{i,j}^n r_{ij} d_{ij} - \sum_{i,j}^n r_{ij} \sum_{i,j}^n d_{ij}}{n^2 \sum_{i,j}^n d_{ij}^2 - \left(\sum_{i,j}^n d_{ij} \right)^2}. \quad (8)$$

Доменні блоки звичайно вибирають з кроком $n/2$ при $n=4$. У вихідний файл записуються такі параметри:

- Координати доменної області з найменшим значенням F ;
- Значення для O і S , отримані згідно формул (7, 8);
- Номер афінного перетворення.

Декодування ущільненого зображення носить ітераційний характер і складається з таких етапів:

1. Створюються два зображення однакового розміру A і B . Розмір цих зображень не обов'язково дорівнює розміру початкового зображення, початковий малюнок областей A і B будь-який.

2. Зображення B розбивається на рангові області так, як на першій стадії процесу стиснення. Для кожної рангової області зображення B виконується афінне перетворення відповідної доменної області зображення A і результат поміщається у B .

3. Виконуються операції ідентичні попередньому пункту, тільки зображення A і B міняються місцями.

4. Багатократно повторюються другий і третій кроки доти, поки зображення A і B не стануть нерозрізненими.

Основним недоліком фрактального методу є низька швидкість кодування, яка пов'язана з тим, що для отримання високої якості зображення для кожного рангового блока слід виконати перебір усіх доменних блоків, і для кожного доменного блока слід виконати не менше восьми афінних перетворень [5].

8.2. Відомі способи підвищення швидкості фрактального алгоритму ущільнення зображень

Для підвищення швидкодії та ефективності фрактального кодування зображень використовують ряд методів оптимізації. Найпростіший і найповільніший спосіб фрактального кодування полягає у перевірці кожного доменного блоку і виконанні обчислень згідно виразів (5), (7), (8). Такий спосіб називається повним пошуком або повним перебором. При кодуванні зображень природного походження можна підвищити швидкодію кодування, прийнявши $S = 1$, оскільки, враховуючи статистику зображень, завжди знайдеться доменний блок, який апроксимує заданий ранговий блок з необхідною



точністю. Тоді з виразів (5), (7) одержимо:

$$F = \sum_{i,j} (d_{ij} + O_{ij} - r_{ij})^2, \quad (9)$$

$$O = \frac{1}{n^2} \cdot \left(\sum_{i,j} r_{ij} - \sum_{i,j} d_{ij} \right). \quad (10)$$

Контрастність декодованого зображення може бути відновлена іншими методами. Таке спрощення дозволяє знизити кількість арифметичних операцій на 60% і, відповідно, підвищити швидкість ущільнення.

Найвідоміші методи підвищення швидкодії кодування зображень фрактальним методом такі [2]:

1. Пошук доменних блоків, для яких F не перевищує заданого значення.
2. Локальний та сублокальний пошук.
3. Ізометричне передбачення.

4. Класифікація доменних і рангових блоків, ранговий порівнюється з доменними блоками того ж самого класу.

Необхідно відзначити класифікацію, запропоновану Арно Жакеном [5]. Вона ґрунтується на топології блоків і передбачає:

- блоки без контурів;
- блоки, інваріантні до орієнтації (текстурні блоки);
- контурні блоки (виконується повний перебір).

8.3. Підвищення швидкості фрактального ущільнення зображень за рахунок двовимірної апроксимації

Для підвищення швидкості ущільнення зображень за схемою Арно Жакена пропонується виконувати попередній відбір доменних блоків на основі коефіцієнтів апроксимації [6-7].

У випадку лінійної апроксимації значення пікселя для двовимірного зображення визначається так:

$$f(x,y) = ax + by + c. \quad (11)$$

У загальному випадку значення $f(x,y)$ відрізняються від значення пікселя z_{xy} . Мінімальне значення відстані досягається при мінімальному значенні суми квадратів відстаней, тобто:

$$S = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M (ax + by + c - z_{xy})^2 = \text{Min}, \quad (12)$$

де M, N – розміри зображення,

z_{xy} – значення пікселя в точці зображення з координатами x, y .

Функція S має мінімальний екстремум у точці, де частинні похідні від коефіцієнтів дорівнюють нулю:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial b} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial c} = 0. \quad (13)$$

Таким чином, отримаємо систему з трьох рівнянь для трьох невідомих. Для рангових блоків з розміром $n = 4$ система рівнянь така:



$$\begin{cases} 120a + 100b + 40c = \sum_{y=1}^4 \sum_{x=1}^4 z_{xy} \cdot x \\ 100a + 120b + 40c = \sum_{y=1}^4 \sum_{x=1}^4 z_{xy} \cdot y \\ 40a + 40b + 16c = \sum_{y=1}^4 \sum_{x=1}^4 z_{xy} \end{cases} \quad (14)$$

Розв'язавши систему рівнянь (14) можна для кожного рангового і доменного блоків визначити коефіцієнти апроксимації a , b , c .

Отже, процес кодування буде мати такі додаткові кроки:

1. Кожен доменний і ранговий блок подаємо у вигляді коефіцієнтів апроксимації. Для $n = 4$ коефіцієнти апроксимації з (14) обчислюються так:

$$b = \frac{-3 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} + 1,2 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} \cdot y}{24}, \quad (15)$$

$$c = \frac{3 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} - \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} \cdot x - 20b}{8}, \quad (16)$$

$$a = \frac{3 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} - \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} \cdot y - 8c}{20}. \quad (17)$$

2. Для кожного рангового блоку виконується попередній відбір доменних блоків за трьома коефіцієнтами апроксимації, наприклад, за квадратичним відхиленням:

$$\begin{aligned} S_{rd1} &= (a_r - a_d)^2 + (b_r - b_d)^2 + (c_r - c_d)^2, \\ S_{rd2} &= (a_r - b_d)^2 + (b_r - a_d)^2 + (c_r - c_d)^2, \end{aligned} \quad (18)$$

де a_r , b_r , c_r – коефіцієнти апроксимації для рангового блоку; a_d , b_d , c_d – коефіцієнти апроксимації для доменного блоку.

З відібраними блоками виконуються перетворення, характерні для фрактального ущільнення методом Жакена. Оскільки вибраних блоків значно менше загальної кількості доменних блоків, то слід очікувати значного виграшу в швидкодії.

8.4. Практичні результати

Моделювання, яке виконано мовою програмування Python, показало, що запропонований метод підвищення швидкості фрактального ущільнення зображень дозволяє досягти прискорення у 5 – 10 разів, порівняно з методом за схемою Арно Жакена (повний перебір), без серйозних втрат візуальної якості зображення (рис. 2).

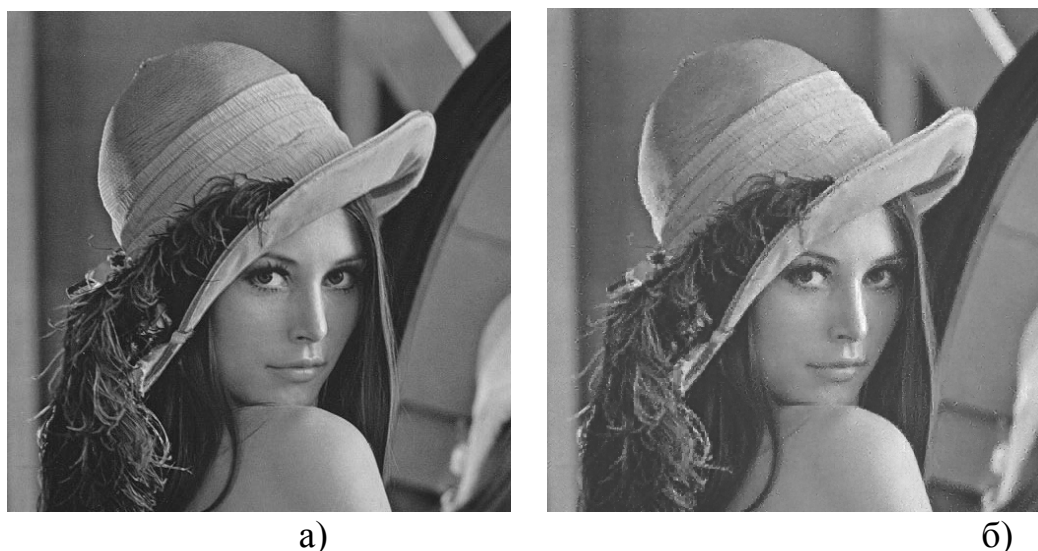


Рис. 2. Результати моделювання швидкісного фрактального ущільнення:
а – оригінальне зображення; б – зображення, відновлене після кодування запропонованим методом.

Наприклад, на одному й тому ж комп'ютері, для кодування зображення розміром 512x512 методом запропонованим Арно Жакеном потрібно близько 52 хвилин, а для кодування зображення за методом запропонованим вище – всього 5 хвилин, тобто швидкість кодування зросла у 10 разів.

Для порівняння запропонованого методу і методу Арно Жакена в таблиці 1 наведені результати для зображень різного розміру.

Таблиця 1

Порівняння часу кодування зображень різних розмірів

Розмір зображення	Повний перебір, сек (tg)	Запропонований метод, сек (ts)	Коефіцієнт прискорення (tg/ts)
128x128	9,7	1,4	6,9
256x256	195,5	23,7	8,25
512x512	3125	302	10,34
1024x1024	19333,12	1587,5	12,2

Чим більші розміри зображення тим кращі результати забезпечує запропонований метод, оскільки попередній відбір зменшує для кожного рангового блоку простір пошуку доменних блоків.

Висновок

Основним недоліком фрактального методу є низька швидкість кодування, яка пов'язана з тим, що для отримання високої якості зображення для кожного рангового блока необхідно виконати перебір всіх доменних блоків, і для кожного доменного блока необхідно виконати не менше восьми афінних перетворень.

Запропоновано метод підвищення швидкості фрактального ущільнення



шляхом подання рангових та доменних блоків у вигляді коефіцієнтів апроксимації. Це дозволяє виконати швидкий попередній відбір доменних блоків, що в результаті підвищує швидкість фрактального ущільнення в середньому у 10 разів.