

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ У ЗАСТОСОВАННЯХ ТЕЛЕВІЗІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

**Анотація.** Наведено результати оцінки спотворень мультимедійних зображень в відеозастосуваннях зі стисненням, базованим на застосуванні вейвлет-перетворень в базисах Хаара, Добеші, а також типу койфлетів, сімплетів, перетворення Майєра та біртогональних перетворень. Наведено рівні коефіцієнтів стиснення, визначені для заданих значень відношення сигнал/шум. Зроблено висновки відносно вибору базисів для практичної реалізації алгоритмів стиснення.

**Ключові слова.** Вейвлет-перетворення, стиснення зображень, алгоритми стиснення, класифікація, відношення сигнал/шум

N.A. PATLAENKO

O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,

nick\_msa@ukr.net

## ANALYSIS OF WAVELET TRANSFORM BASED IMAGE COMPRESSION METHODS IN TELEVISION PRODUCTION APPLICATIONS

**Abstract.** The results of evaluation of multimedia image distortion in video applications with compression based on the use of wavelet transforms in Haar and Daubechies bases and types of coiflets, simplets, Mayer conversion and biorthogonal transformations. Compression ratios levels for given values of S/N ratio are presented. Conclusions regarding the choice of bases for the practical implementation of compression algorithms are made.

**Keywords.** Wavelet transform, image compression, compression algorithms, classification, signal/noise ratio

### Вступ

Застосування алгоритмів стиснення на основі вейвлет-перетворення може надавати можливість кращого співвідношення показників якості відновленого зображення та коефіцієнта стиснення, ніж при використанні класичних алгоритмів, базованих на застосуванні дискретно косинусного перетворення.

Вейвлет-перетворення можна успішно застосовувати для представлення об'єктів сцен в тому числі, складених із самоподібних геометричних фігур.

### ВЕЙВЛЕТ ПЕРЕТВОРЕННЯ

При дискретному вейвлет перетворенні виконується згортка вхідної послідовності з імпульсним відгуком ВЧ і НЧ фільтрів розкладання, з подальшою децимацією з кроком 2, отримуючи перетворені сигнали після фільтрації. Високочастотні та низькочастотні коефіцієнти апроксимації. На виході ми отримаємо проріджені високочастотні ділянки спектру вхідного сигналу та низькочастотні ділянки спектру. Відновлення сигналів проводиться шляхом підвищення частоти (інтерполяції), і згортки з ВЧ і НЧ фільтрами синтезу. На рис. 1. наведена структурна схема одновимірного вейвлет перетворення.

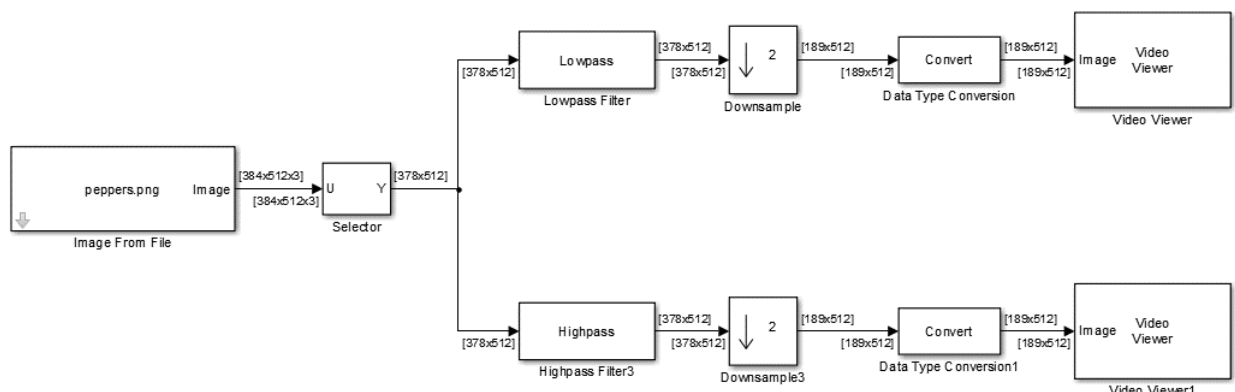


Рис.1. Одновимірне вейвлет перетворення

При дворівневому вейвлет перетворенні низькочастотна складова піддається фільтрації стільки разів, скільки треба для точнішого представлення вхідного зображеннями, і число цих повторень визначає рівень декомпозиції вейвлет-перетворення.

При виконанні двовимірного вейвлет перетворення необхідно виконати одновимірне вейвлет-перетворення з заданим рівнем декомпозиції спочатку для всіх рядків зображення, потім для всіх стовпців зображення. Процес виконання однієї ітерації вейвлет-перетворення зображення представлений на рис.- 2.

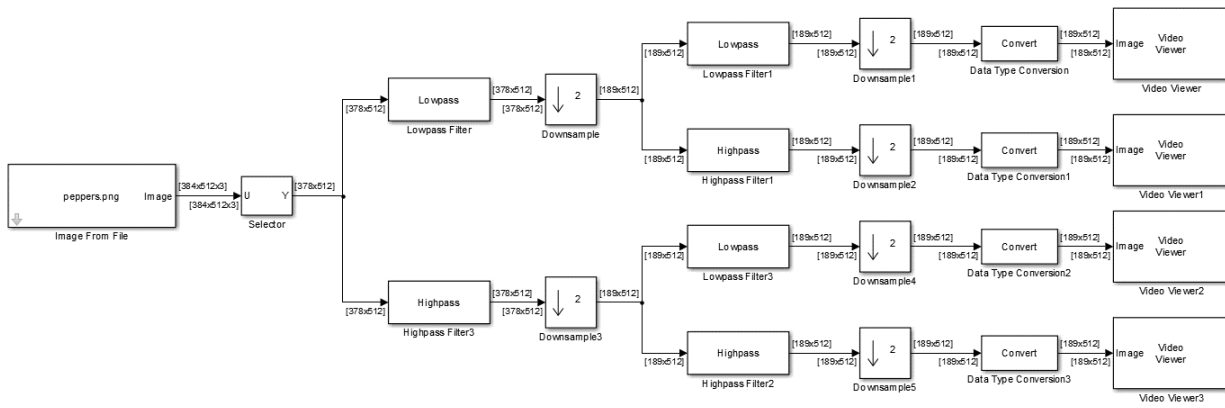


Рис. 2. Двовимірне вейвлет перетворення

Апроксимаційні коефіцієнти двовимірного вейвлет-перетворення



Рис. 3. Результуюче зображення після пар НЧ фільтрів.

Уточнюючі горизонтальні коефіцієнти двовимірного вейвлет-перетворення

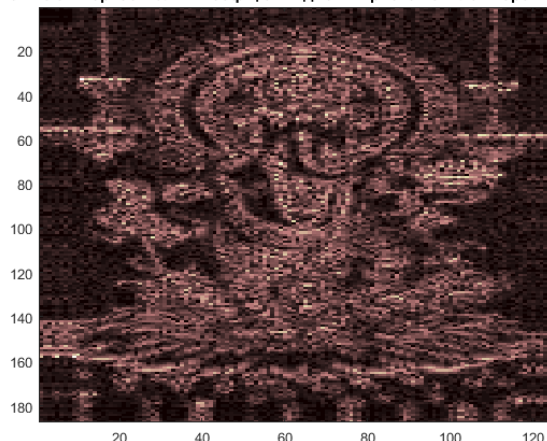


Рис.4. Результуюче зображення після пар НЧ та ВЧ фільтрів.

Уточнюючі вертикальні коефіцієнти двовимірного вейвлет-перетворення

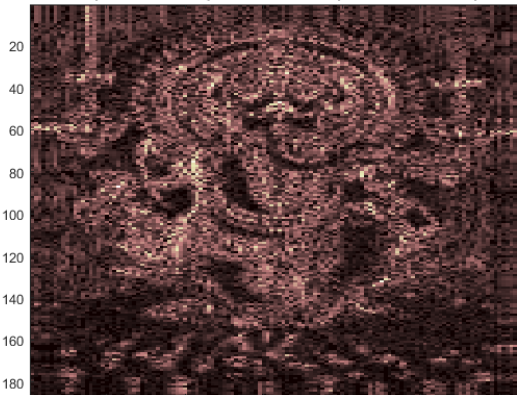


Рис. 5. Результуюче зображення після пар ВЧ та НЧ фільтрів.

Уточнюючі діагональні коефіцієнти двовимірного вейвлет-перетворення

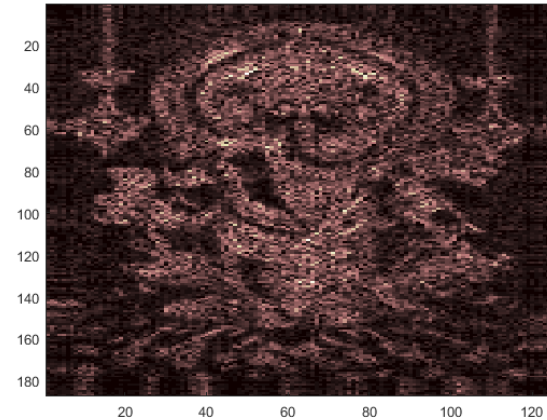


Рис. 6. Результуюче зображення після пар ВЧ фільтрів.

У роботі були обрані КІХ фільтри 50-го порядку, так як цей тип фільтрів стійкий має лінійну ФЧХ та високу швидкість фільтрації. Кожен фільтр налаштовується таким чином, щоб загальний спектр вхідного зображення був розподілений на субполоси, які далі підвергають децимації по строках та стовпцях отримуючи на виході зображення у чотири рази менше ніж вихідне на кожному кроці, при відновленні кожне з цих зображень підлягає зворотній фільтрації та інтерполяції в результаті відновлюється вихідний спектр зображення.

### Вимоги до обрання класу вейвлетів

У дослідженні використовувався вейвлет наступних типів Хаара, Добеші, койфлети, сімплети, перетворення Майера та біртогональні перетворення з наступних причин: дані вейвлети володіють симетрією і лінійною фазою, дані вейвлети широко використовується в стандартизованих системах стиснення візуальної інформації, також в [2] були досліджені деякі властивості, які відрізняють ці вейвлети від інших при апроксимації зображень невеликим значенням вейвлет-коефіцієнтів.

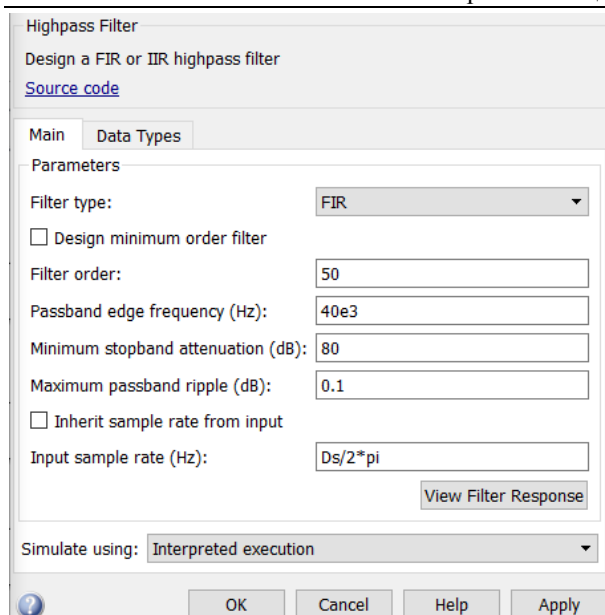


Рис.7. Настроювання фільтрів ВЧ

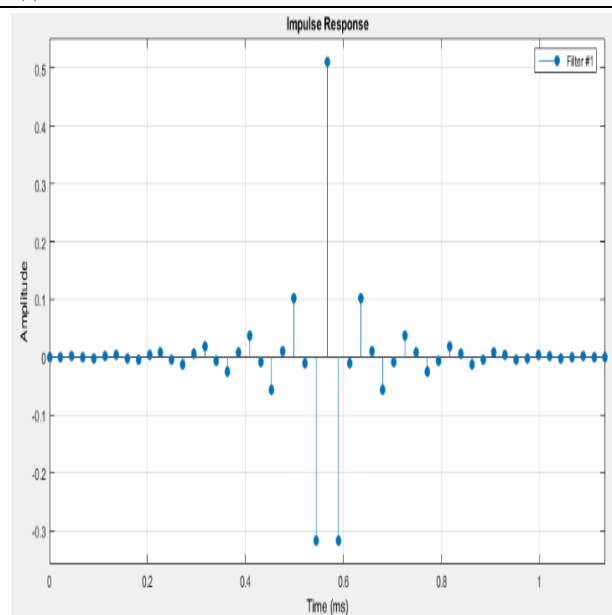


Рис. 8. Імпульсний відгук фільтру ВЧ

Розглянуті вейвлети становлять лише незначну частину тих багатьох вейвлетів, які були запропоновані. Вимоги, що пред'являються до вейвлетів, дуже різноманітні. Сюди відносяться: обчислювальна простота, хороші якості наближення, обчислювальна стійкість, гладкість, компактність носія у базисних вейвлетів (або їх швидке убивання на нескінченності - при відсутності такої компактності), симетричність базисних вейвлетів, ортогональність вейвлетного розкладання.

#### Оцінка зображення за відношенням сигнал/шум

Відношення сигнал / шум не дає повної картини, проте цілком підходить для якісного аналізу зображення високої чіткості, і у зв'язку з простотою реалізації був обраний саме цей метод (3).

$$PSNR = -10 \cdot \log \left( \frac{\sum_{x=1}^{1920} \sum_{y=1}^{1080} |P'(x,y) - P(x,y)|}{\sum_{x=1}^{1920} \sum_{y=1}^{1080} |P(x,y)|} \right) \quad (3)$$

де  $P(x,y)$  – значення колірної компоненти пікселя вихідного зображення, а  $P'(x,y)$  – компонента, яка отримана після декомпресії стисненого зображення. На рис 1 наведено залежності відношення сигнал шум (PSNR) від коефіцієнтів стиснення для досліджених вейвлетів.

Для апробації працездатності алгоритмів перетворень був використаний стандартний повнокольоровий малюнок Windows в форматі BMP. Моделювання проводилося в пакеті Matlab 2014b.

Перетворення здійснювалося за однаковою схемою паралельно для всіх колірних компонент. Перетворені зображення також зберігалися в форматі BMP. Деякі результати моделювання представлені на рис. 11-15. Зображення, отримані в результаті зворотного перетворення, не наводяться, тому що повністю збігаються з вихідним.

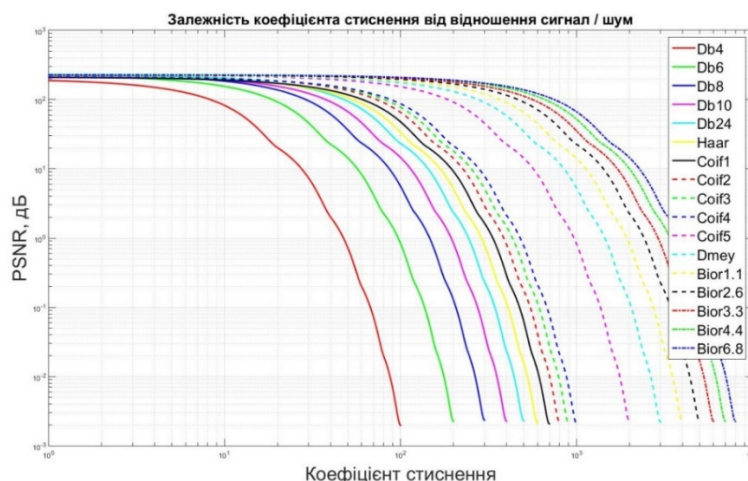


Рис. 9. Залежності відношення сигнал / шум від коефіцієнта стиснення

Для наочності розділимо графік на групи і проаналізуємо їх окремо. До першої групи віднесемо вейвлети Добеши та Хаара, до другої койфлети до третьої Мейера та біртогональні, рис. 7-10.

Будемо розглядати ступінь стиснення за рівнем відношення сигнал / шум 45 дБ.

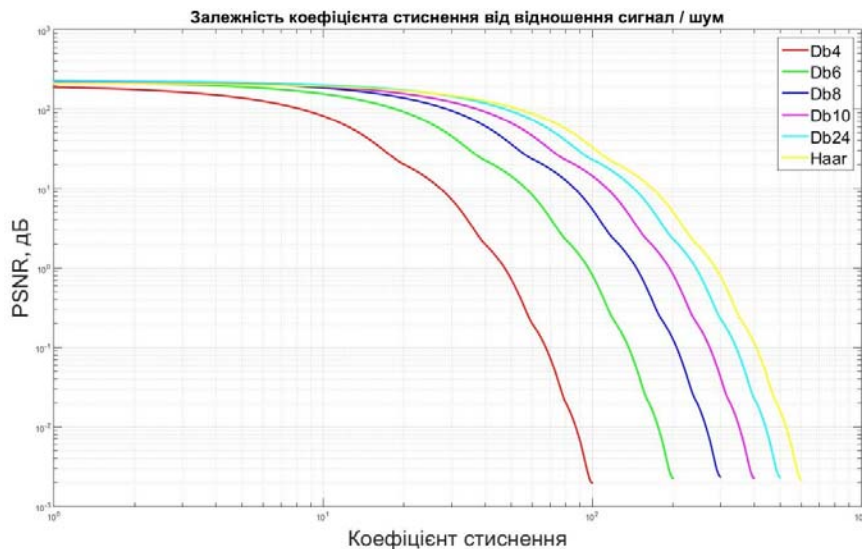


Рис. 10. Залежності PSNR від коефіцієнта стиснення для вейвлетів Добеши і Хаара

З рис.8 ми бачимо, що залежно від методу вейвлет перетворення на рівні відношення сигнал/шум 45 дБ, коефіцієнт стиснення різний. Кількісне відношення коефіцієнта стиснення від відношення сигнал / шум наведено у табл. 1.

Зростання коефіцієнта стиснення при збільшенні порядку фільтра Добеши пояснюється тим, що при збільшенні порядку збільшується число коефіцієнтів масштабуючої функції, що дозволяє збільшити ступінь стиснення зображення, отримуючи задовільну оцінку цього зображення. Але при збільшенні масштабуючої функції збільшується довжина КІХ фільтра, що приводить до ускладнення реалізації цього методу.

Таблиця 1.

Значення коефіцієнту стиснення в залежності від виду компресії

Вид стиснення	Коефіцієнт стиснення
<i>Db4</i>	15
<i>Db6</i>	30
<i>Db8</i>	48
<i>Db10</i>	63
<i>Db24</i>	82
<i>Haar</i>	19

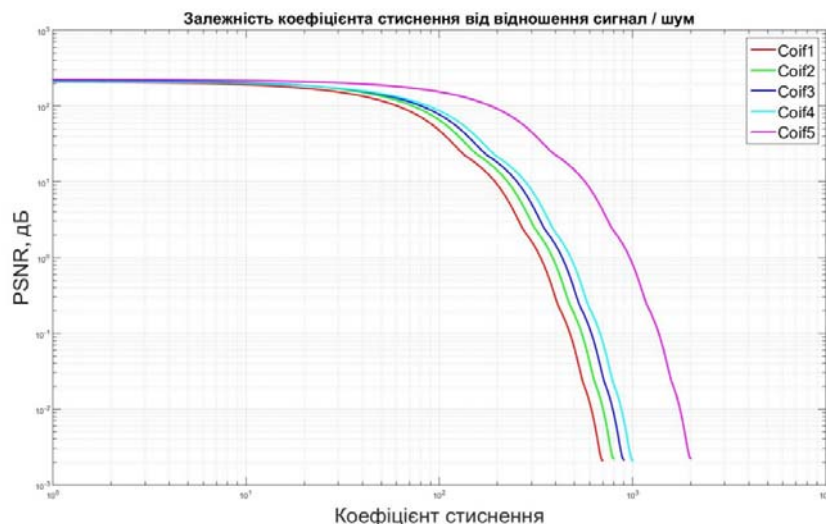


Рис. 11. Залежності PSNR від коефіцієнта стиснення для койфлетів

З рис.9 спостерігається зріст коефіцієнту стиснення в залежності від порядку койфлетів, на оптимальному рівні відношення сигнал / шум 45 дБ. Кількісні значення коефіцієнта стиснення наведено у табл. 2.

Велика кількість нульових моментів призводить до кращого стиснення, тому що вейвлет-коефіцієнти функції для малих масштабів будуть переважно нульовими там, де функція гладка. Койфлети більш симетричні ніж вейвлет Добеши. Розкид по гладкості у койфлетів більше, ніж у вейвлетів Добеши.



Але недоліком є те, що койфлети довше, ніж вейвлети Добеші. Якщо для останніх довжина області завдання одно  $2M-1$ , то для койфлетов вона стає рівною  $3M-1$ , у 3 рази більше ніж у вейвлетів Хаара.

Таблиця 2.

**Значення коефіцієнту стиснення в залежності від виду компресії**

Вид стиснення	Коефіцієнт стиснення
<i>Coif1</i>	102
<i>Coif2</i>	111
<i>Coif3</i>	113
<i>Coif4</i>	115
<i>Coif5</i>	310

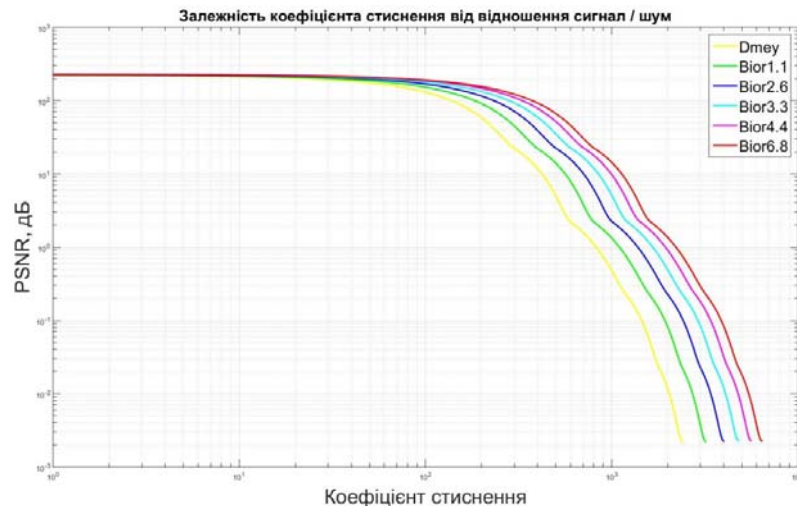


Рис. 12. Залежності відношення сигнал / шум від коефіцієнта стиснення для Мейєра, біртогональних вейвлетів

Кількісне значення коефіцієнта стиснення наведено у табл. 3.

Біртогональні вейвлети використовуються, щоб забезпечити повну симетрію, гладкість, кількість нульових моментів частотної характеристики КІХ фільтру і точну реконструкцію вхідного сигналу. При цьому використовуються два дуальних вейвлет-базису, пов'язані з двома різними багатомасштабними сходами. На відміну від вейвлетів Добеші, в яких регулярність тісно пов'язана з числом нульових моментів, біртогональні вейвлети мають більшу свободу вибору.

**Результати експерименту**

Метод візуальної оцінки якості, заснований на видимості помилки між оригіналом і спотвореним зображенням, використовуючи ледь помітну різницю при вейвлет-перетворенні (JND). Помилка, що перебуває нижче видимого порогу в кожній смузі частот ігнорується, у той час як деякі помилки, які перебувають у змістовній області, замасковані. За допомогою вимірювань видимих відмінностей двох входів і візуального маскування, була отримана формула оцінки зображень. Експерименти, проведені над випробувальними послідовностями групи VQEG, показали, що запропонований метод може досягти дуже гарної кореляції з суб'єктивними оцінками якості.

Середньоквадратична помилка (MSE) або пікове відношення сигнал/шум (PSNR) зазвичай використовується в області обробки сигналів як об'єктивна якісна метрика зображення. Одна з переваг – обчислювальна простота. Проте, відомо, що (MSE) або (PSNR) погано корелюють з якістю сприйняття в більшості додатків, тому що це засновано на вимірі точності відтворення. Іншими словами, це не враховує властивостей зорової системи людини (HVS). Деякі спотворення, які знаходяться нижче порога або є замаскованим фоном, все ще вважаються як помилки в MSE або PSNR. Ідея JND полягає в тому, що кожен сигнал кодується з граничним рівнем видимості помилки, нижче якого знаходяться невидимі помилки відновлення.

Для прикладу, стиснемо 5 різних зображень рис 13-17 (відрізняються наявністю дрібних деталей) методами вейвлет-перетворення: Хаара, Добеші, койфлети, симплети, перетворення Майєра,

Таблиця 3.

**Значення коефіцієнту стиснення в залежності від базису вейвлет-перетворення.**

Вид стиснення	Коефіцієнт стиснення
<i>Dmey</i>	241
<i>Bior 1.1</i>	310
<i>Bior 2.6</i>	396
<i>Bior 3.3</i>	485
<i>Bior 4.4</i>	548
<i>Bior 6.8</i>	640

біортогональні.



Рис. 13. Зображення «Fireworks»



Рис. 14. Зображення «Deer»



Рис. 15. Зображення «Big tree»



Рис. 16. Зображення «Bridge»



Рис. 17. Зображення «Big building»

Для наочності зобразимо графік залежності оцінки спотворення зображення від коефіцієнта стиснення для кожного зображення рис.18.

Та визначимо коефіцієнт стиснення для кожного зображення на рівні оптимальних спотворень 80%. За 100% взято відношення сигнал / шум 45 дБ. Значення коефіцієнта стиснення наданні у табл. 4.

Таблиця 4

**Значення коефіцієнта стиснення для тестових зображень**

Назва тестового зображення	Коефіцієнт стиснення
<i>Fireworks</i>	11
<i>Deer</i>	30
<i>Big tree</i>	60
<i>Bridge</i>	130
<i>Big building</i>	211

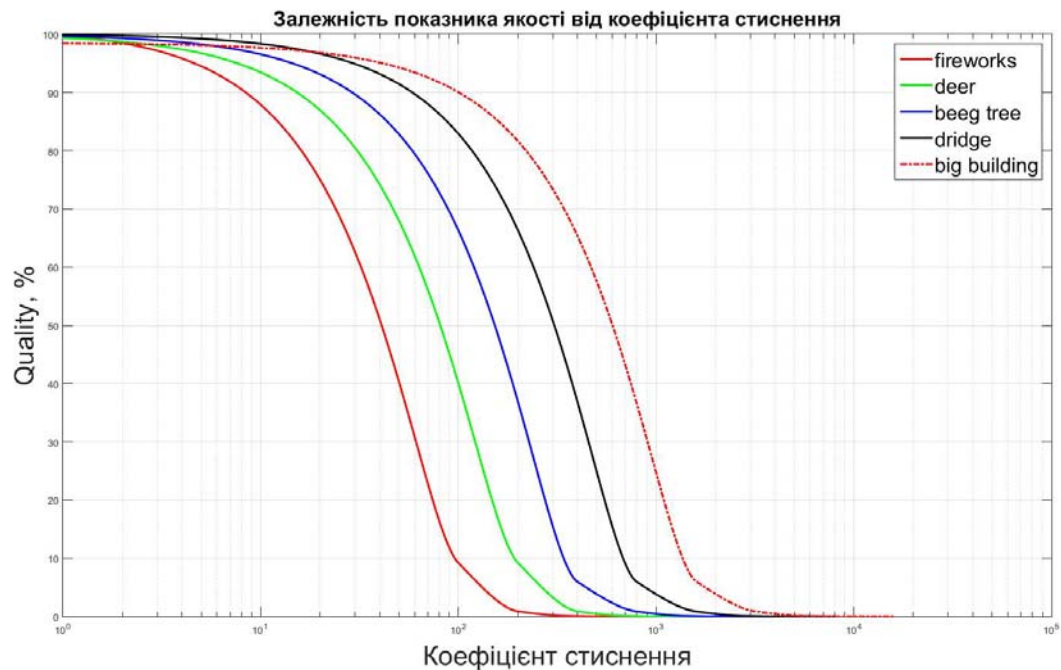


Рис. 18. Графік залежності показника якості від коефіцієнту стиснення

З рис. 7-10. бачимо що найефективнішим алгоритмом є біортогональний, завдяки тому, що він має компактний та симетричний носій, перетворення мають нульові моменти, можливо легко застосувати у КІХ фільтрах, та максимальний коефіцієнт стиснення з розглянутих вище.

#### Висновки

У статті розглянуті питання, щодо вибору типу вейвлет перетворення стиснення зображень, розглянуто вибір оптимального вейвлет алгоритму для обробки зображень. Була дана порівняльна характеристика сучасних перетворень (Добеші, Хаар, койфлети, Майєра, біортогональні) щодо можливості оптимального використання для кодування зображень для досягнення найкращого відношення сигнал/шум при одному й тому же коефіцієнті стиснення.

#### Література

1. Патлаєнко Н.А. Оценка погрешностей координат 3D ТВ объектов. / В.И.Солодка, Е.В.Ошаровская, Н.А.Патлаєнко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014г.–№ 13. –с. 37 –40.
2. Патлаєнко М.О. Аналіз методів стиснення цифрових відео послідовностей у телевізійних системах / В.И. Солодка, Н.А. Патлаєнко, М.І. Арделян // Цифрові технології. –2012.–№12. –С. 117 –122
3. Ошаровская Е.В. Методы построения сеток в трёхмерных областях / Е.В. Ошаровская, Н.А. Патлаєнко, В.И. Солодка/ “Східноєвропейський журнал передових технологій”. – 2011. – No 5/4(53)
4. E. P. Simoncelli and E. H. Adelson, “Noise removal via Bayesian wavelet coding,” in Proc. 3rd Int. Conf. Image Processing, Lausanne, Switzerland, Sep.1996, vol. I, pp. 379–382.
5. J. Villasenor, B. Belzer and J. Liao, "Wavelet filter evaluation for efficient image compression," IEEE Trans. Image Processing, vol. 4, pp. 1053-1060, 1995.

#### References

1. Patlaenko N.A. Otsenka pogreshnostey koordinat 3D TV ob'ektov. / V.I.Solodka, E.V.Osharovskaya, N.A.Patlaenko // Vimiroyuvalna ta obchislyuvalna tehnika v tehnologichnih protsesah. –2014g.–№ 13. –с. 37 –40.
2. Patlaenko M.O. Analiz metodiv stisnenniya tsifrovih vldo poslidoovnostey u televizlynih sis-temah / V.I. Solodka, N.A. Patlaenko, M.I. Ardelyan // TsifrovI tehnologiyi. –2012.–№12. –S. 117 –122
3. Osharovskaya E.V. Metodyi postroeniya setok v trYohmnyih oblastyah / E.V. Osharovskaya, N.A. Patlaenko, V.I. Solodkaya/ “ShIdnoEvropeyskiy zhurnal передових tehnologiy”. – 2011. – No 5/4(53)
4. E. P. Simoncelli and E. H. Adelson, “Noise removal via Bayesian wavelet coding,” in Proc. 3rd Int. Conf. Image Processing, Lausanne, Switzerland, Sep.1996, vol. I, pp. 379–382.
5. J. Villasenor, B. Belzer and J. Liao, "Wavelet filter evaluation for efficient image compression," IEEE Trans. Image Processing, vol. 4, pp. 1053-1060, 1995.

Рецензія/Peer review : 24.5.2016 р.

Надрукована/Printed :27.6.2016 р.

Стаття рецензована редакційною колегією