

Метод оброблення цифрового відео на базі вейвлет-перетворення в орієнтованому базисі

Ямненко Ю. С., д.т.н. проф., ORCID [0000-0002-9796-6420](https://orcid.org/0000-0002-9796-6420)

e-mail petergerya@yahoo.com

Левченко В. В., ORCID [0000-0001-7748-4670](https://orcid.org/0000-0001-7748-4670)

e-mail levtower@gmail.com

Немчінова К. С., ORCID [0000-0003-3096-6597](https://orcid.org/0000-0003-3096-6597)

e-mail katya15021820@gmail.com

Кафедра промислової електроніки kaf-pe.kpi.ua

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» kpi.ua

Київ, Україна

Реферат—У роботі досліджується метод стиснення цифрових відео-файлів за допомогою дискретного вейвлет-перетворення в орієнтованому базисі, а також порівняння його конкурентоспроможності серед декількох інших вейвлетів. Поставлені задачі вирішувалися шляхом проведення теоретичних та експериментальних досліджень. Використано алгоритми дискретного вейвлет-перетворення, зокрема Хаара, Добеші та перетворення в орієнтованому базисі. В результаті проведення дослідження отримано зображення та відео, стиснені з різними налаштуваннями втрат якості, та на основі їх параметрів побудовано порівняльні характеристики. На основі порівняльних характеристик сформовано рекомендації щодо вибору типу перетворення і проведена оцінка сумісності вейвлет-перетворення з іншими методами стиснення відео. Створено програмну модель алгоритму дискретного вейвлет-перетворення зображень та відео на основі вейвлетів Хаара, Добеші та вейвлету в орієнтованому базисі.

Бібл. 10, рис. 6, табл. 3.

Ключові слова — дискретне вейвлет-перетворення; цифрове відео; цифрове зображення; орієнтований базис; вейвлет; стиснення інформації.

І. ВСТУП

Розвиток комп'ютерних та Інтернет технологій призвів до створення людством революційного методу зберігання інформації – цифрових носіїв. Хоча цифрові дані можуть безстроково зберігатися і не створюють матеріальних відходів, у цифрового носія існує ліміт обсягу даних, який він може у собі містити. Чим вища якість даних, таких як відео, зображення чи аудіо, тим більше місця вони займають на запам'ятовуючих пристроях. У зв'язку з цим у сфері інформаційних технологій досліджується питання стиснення цифрової інформації – зменшення їх обсягу на носії за допомогою різноманітних алгоритмів кодування.

Стисненню підлягають растрові цифрові зображення, кожна найменша точка (піксель) яких може зберігати до 3 байтів інформації, що враховуватиме 2^{24} різних кольорів і їх відтінків, при чому четвертий байт може використовуватися для зберігання значення прозорості пікселя. Зображення з великою роздільною здатністю та при налаштуваннях найбільшого вибору кольорів займають багато місця на цифрових носіях. Відеоролик, що є послідовністю зображень у нестисненому вигляді буде мати дуже великий

обсяг. Нестиснені відеофайли неможливо використовувати для публікацій у мережі Інтернет, довготривалого зберігання у великих кількостях чи монтажу у відеоредакторах.

У світлі суттєвих змін у підході до створення, зберігання та оброблення візуальної інформації набули актуальності питання дослідження та розроблення найбільш універсальних методів стиснення відео. Зокрема, у [1] С. Гургіч, К. Керс та М. Гургіч розглядають теоретичне підґрунтя для використання вейвлетів з метою стиснення візуальної інформації, детально пояснюють принцип роботи та сфери застосування алгоритму, а у [2] А. Гершо та Р. Грей досліджують метод стиснення, що базується на векторній квантизації. У [3] автори К.Х. Талукдер і К. Харада описують стиснення зображень за допомогою дискретного вейвлет-перетворення (ДВП) Хаара, порівнюючи алгоритм з дуже схожим дискретним косинус-перетворенням (ДКП). В цілому основні алгоритми стиснення привернули до себе увагу дослідників, і більшість з існуючих методів вже знайшли застосування у тому чи іншому вигляді, але деякі специфічні варіації цих алгоритмів поки що чекають оприлюднення.



Метою роботи є розроблення методу стиснення цифрових зображень та відеофайлів за допомогою ДВП в орієнтованому базисі (ОБ), а також його порівняння з декількома іншими вейвлетами. Для досягнення мети були поставлені та вирішені нижчевказані задачі:

- дослідження алгоритму стиснення візуальної інформації, що має у своїй основі ДВП;
- порівняння ДВП Хаара, Добеші та ДВП в ОБ у контексті стиснення цифрових зображень та відео.

II. СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ВІДЕО ЗА ДОПОМОГОЮ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ

ДВП-алгоритм заснований на пропусканні сигналу, наприклад зображення, через пару фільтрів – низькочастотний і високочастотний:

$$y_{low}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]g[2n-k], \tag{1}$$

$$y_{high}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h[2n-k],$$

де y_{low} , y_{high} – вихідні сигналу фільтру низьких частот (ФНЧ) та фільтру високих частот (ФВЧ) відповідно, g , h – відповідно їх імпульсні відгуки.

Спочатку сигнал пропускається через низькочастотний фільтр з імпульсним відгуком g , в результаті чого формується вихідний сигнал у вигляді згортової суми. Одночасно з цим сигнал розкладається за допомогою високочастотного фільтру. ФНЧ видає наближену форму вихідного сигналу, а ФВЧ - сигнал різниці або додаткової деталізації. Це розкладання можна повторити кілька разів (рівнів розкладання) для подальшого збільшення частотної роздільної здатності з подальшим проріджуванням коефіцієнтів після НЧ і ВЧ-фільтрації [4, 5, 6].

За допомогою цих фільтрів зображення розкладається на чотири складові. Серед них три - типи деталізації зображення для кожного напрямку, горизонтальні (високі-низькі частоти: ВН3, ВН2, ВН1), вертикальні (низькі-високі частоти: НВ3, НВ2, НВ1) і діагональні (високі-високі частоти: ВВ3, ВВ2, ВВ1), а останнє зображення це зменшена вдвічі копія оригіналу, пропущена через фільтр низьких частот (низькі-низькі частоти: НН) і позбавлена вищевказаних деталізацій (рис. 1). Цей алгоритм має назву алгоритм Малла.

Перший з досліджених типів ДВП – це перетворення Хаара [7,8], що задається формулою:

$$D_2 = D_2^T = \sqrt{2} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}. \tag{2}$$

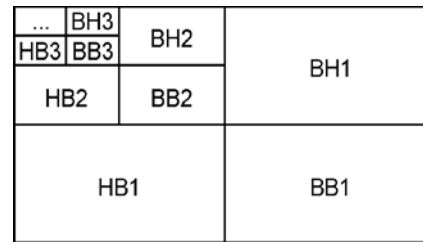


Рис. 1 Багаторазове ДВП-розкладання зображення

На основі цих рівнянь будуються матриці коефіцієнтів перетворення, вхідна для кодування і обернена (що ортогональна вхідній) для декодування. [9]

Особливістю ДВП в ОБ є можливість формування перетворень з заданою кількістю фільтрів (у загальному випадку m , де m – просте позитивне число). Для прикладу розглянуто ДВП з 3 фільтрами, які описуються матрицею перетворення:

$$O_3 = \sqrt{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{-1}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{-1}{\sqrt{3}} & 0 \end{bmatrix}. \tag{3}$$

На відміну від ДВП Хаара, при якому зображення за одну ітерацію розкладається на зменшену копію оригіналу, що займає 1/4 площі, 3-кратний ОБ вейвлет дає в результаті зменшену копію, яка займає лише 1/9 зображення, тоді як решту 8/9 відведено під 8 типів коефіцієнтів деталізації (рис.2) [10].

Оскільки в разі повторного застосування ДВП до зображення розміри сегменту низьких-низьких частот НН за одну ітерацію зменшується на величину, кратну кількості фільтрів, то ОБ вейвлет з кількістю фільтрів $N > 2$ повністю розкладає зображення на коефіцієнти деталізації за меншу кількість ітерацій, але при цьому самі ітерації містять більше операцій. Час, що витрачається на кодування і декодування, може бути меншим, що забезпечить обчислювальний вигравш ДВП в ОБ порівняно з ДВП Хаара.

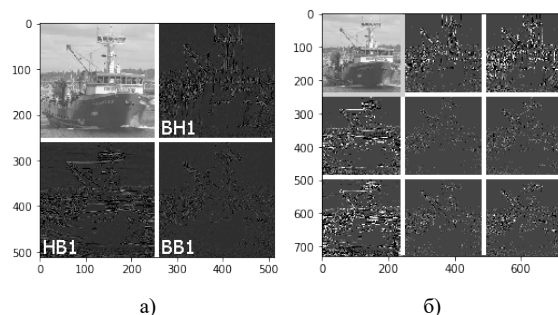


Рис. 2. Зображення після однієї ітерації розкладання: а) ДВП Хаара; б) ДВП в ОБ



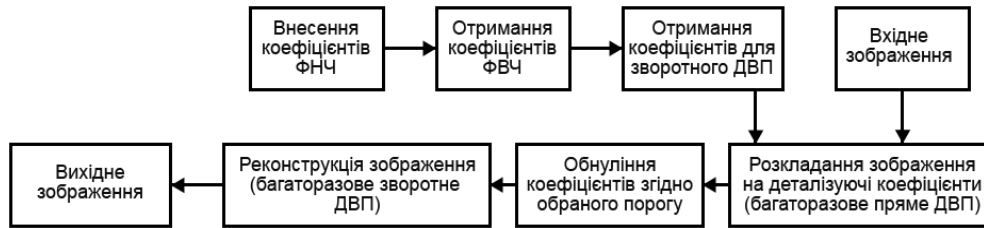


Рис. 3 Алгоритм роботи програми стиснення

III. МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМУ СТИСНЕННЯ

Для розроблення програми стиснення зображень та відео за допомогою ДВП використовувалася Jupyter Notebook - інтерактивна оболонка мови програмування Python.

Код програми, яка використовувалася для стиснення зображень та відео, був побудований за алгоритмом, представленим на рис. 3. Для простоти використання програма була створена таким чином, щоб отримувати коефіцієнти ФВЧ та матрицю зворотного перетворення з коефіцієнтів ФНЧ, які заносяться користувачем вручну. Контроль ступеня стиснення зображень виконувався за допомогою зміни параметра порогу відкидання коефіцієнтів перетворення.

Оцінка того чи іншого ДВП, у контексті якості зображення після стиснення, виконується за допомогою середньоквадратичного відхилення (СКВ), яке визначається за формулою:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (4)$$

При стисненні за допомогою вейвлетів Хаара та Добеші використовувалося зображення розміром 512x512 пікселів, а для вейвлету в ОБ – розміром 729x729. Це зумовлено тією обставиною, що ДВП Ха-

ара працює з двовимірними масивами даних, розмірність яких кратна двом, ДВП Добеші четвертого порядку – чотирьом, восьмого порядку – восьми і так далі. Обраний тип ДВП в ОБ, що використовує три фільтри, працює з двовимірними масивами даних, розміри яких кратні трьом, через що і було обране значення $729=3^6$. Кількість пікселів у двох типах зображень дорівнює відповідно 262144 та 531441. Коефіцієнт перерахунку, який необхідний для порівняння ефективності стиснення ДВП в ОБ з іншими типами ДВП, дорівнює 2,0273.

З метою дослідження та порівняння розглянутих сімейств вейвлетів під час стиснення були отримані такі параметри: кількість відкинутих коефіцієнтів у %, середньоквадратичне відхилення у %, максимальне відхилення у %, час кодування та декодування у мс. У якості основного параметру оцінювання якості зображення після стиснення було обрано оцінку середньоквадратичного відхилення. У табл. 1 наведено значення цих параметрів та прийнято позначення: D4 – ДВП Добеші четвертого порядку, D8 – ДВП Добеші восьмого порядку.

З отриманих результатів видно, що при використанні ДВП в ОБ відкидається більший відсоток коефіцієнтів, а отже, зображення стискається краще. ДВП в ОБ має найкраще співвідношення «ступінь стиснення/якість» серед усіх досліджених вейвлетів.

Таблиця 1 Залежність параметрів стиснення зображення від порогу відкидання коефіцієнтів для різних типів ДВП

Поріг		0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Хаар	Коеф. відк. %	17.68	43.96	59.10	83.93	91.50	96.52	98.12	98.84	99.19
	СКВ. %	0.01	0.15	0.33	1.36	2.42	4	5.06	5.84	6.42
	Макс. відх. %	0.09	0.93	1.81	8.66	16.66	32.51	44.23	55.18	61.14
	Час код. мс	650	681	650	694	642	662	652	663	683
	Час декод. мс	668	635	632	623	597	590	600	588	594
D4	Коеф. відк. %	16.67	46.51	59.95	84.38	91.96	96.77	98.22	98.88	99.24
	СКВ. %	0.02	0.16	0.31	1.33	2.39	3.92	4.90	5.64	6.23
	Макс. відх. %	0.15	0.90	1.63	8.30	15.84	29.60	43.68	52.82	61.42
	Час код. мс	1140	1160	1140	1150	1150	1150	1150	1160	1140
	Час декод. мс	1160	1100	1080	1030	1020	1015	1010	1010	1000
D8	Коеф. відк. %	16.56	46.39	59.40	84.34	92.07	96.72	98.22	98.88	99.21
	СКВ. %	0.02	0.16	0.31	1.35	2.42	3.88	4.90	5.64	6.21
	Макс. відх. %	0.18	0.91	1.60	9.06	19.07	35.23	45.09	58.20	60.45
	Час код. мс	2220	2120	2130	2150	2130	2280	2130	2160	2170
	Час декод. мс	2120	2000	1960	1850	1820	1820	1800	1790	1790
ОБ	Коеф. відк. %	19.93	51.80	66.13	89.02	94.45	97.80	98.83	99.27	99.51
	СКВ. %	0.01	0.22	0.44	1.71	2.76	4.24	5.18	5.88	6.41
	Макс. відх. %	0.09	1.61	3.05	13.63	25.44	41.7	56.84	64.06	71.82
	Час код. мс	680	661	680	680	680	680	680	681	680
	Час декод. мс	730	680	661	631	621	622	619	615	616

ТАБЛИЦЯ 2 Порівняння сумісності ДВП в ОБ з іншими алгоритмами

Тип ДВП	Стиснення у PNG	Стиснення у JPEG
Хаар	95,21 %	94,03 %
D4	62,13 %	90,95 %
D8	59,14 %	89,95 %
ОБ	96,32 %	89,83 %

Отримані зображення були збережені у форматі PNG для перевірки їх сумісності з методами стиснення, присутніми у форматі PNG (Portable Network Graphics) – растровий формат зберігання графічної інформації, який використовує стиснення без втрат за алгоритмом Deflate. Цей алгоритм у свою чергу заснований на використанні комбінації алгоритмів LZ77 (що є варіацією методу кодування довжин серій) та кодування Хаффмана. Також зображення були збережені у форматі JPEG (Joint Photographic Experts Group) з тією самою метою. Результати наведені у табл. 2.

З наведених на рис. 4 та рис. 5 порівняльних характеристик можна побачити, що ДВП в ОБ дає найкраще співвідношення стиснення/якість, але трохи програє у швидкості вейвлету Хаара. Алгоритм JPEG використовує алгоритм ДКП, який застосовується до блоків розмірами 8x8 пікселів. Алгоритми ДВП Хаара і Добеші за рахунок масштабованості розбивають зображення на блоки 4x4, 8x8, 16x16 і так далі, але особливістю ДВП в ОБ є використання такої кількості фільтрів, що кратність перетворення дорівнює простому числу. За рахунок цього при стисненні зображення за допомогою ДВП в ОБ з кратністю перетворення 3 воно розбивається на блоки 9x9. При одночасному застосуванні до зображення алгоритмів ДВП в ОБ і ДКП через невідповідність розмірностей блоків втрачається ефективність стиснення у порівнянні з ДВП Хаара і Добеші, блоки яких сумісні за розмірністю з блоками JPEG. Формат PNG не потребує розбиття зображення на блоки, завдяки чому при його поєднанні з ДВП в ОБ не відбувається втрати якості стиснення.

З метою оцінки ефективності застосування ДВП для використання стиснення цифрового відео, відеоряд було представлено у вигляді послідовності зображень, кожне з яких було стиснене при використанні одного з типів ДВП. Після стиснення окремих зображень з них було сформовано відповідні відеоряди у форматі mp4.

Алгоритм міжнародного формату стиснення MPEG (Moving Pictures Experts Group) є найбільш поширеним серед усіх форматів стиснення, що використовуються у сьогоденні.

Це робить його найкращим кандидатом для досліджень та випробувань. Незважаючи на те, що стандарт MPEG базується на дискретному косинус-перетворенні (ДКП), це перетворення можна замінити на ДВП і випробувати рівень сумісності досліджуваних вейвлетів з присутніми у MPEG додатковими алгоритмами стиснення [11]. Порівняльна характеристика

стиснених відеофайлів при порозі відкидання, що дорівнює 0,5, наведена у табл. 3.

При застосуванні ДВП чотирьох типів разом з MPEG для стиснення відео, ДВП Хаара показало себе найкращим чином, даючи стиснення краще ніж ОБ на 41,2%. Це зумовлено тим, що всі міжнародні формати стиснення, у тому числі і досліджуваний MPEG, були розроблені з розрахунком на розмірність зображень, що кратна степеням 2. Оскільки ДВП в ОБ оперує з розмірністю зображення, що кратне 3, для повного розкриття його можливостей необхідно модифікувати формат MPEG, щоб він працював у сукупності з ДВП в ОБ з заданою кількістю фільтрів. Втрати якості відео після стиснення за допомогою ДВП в ОБ з порогом відкидання коефіцієнтів 0,5 показано на рис.6 [12].

На відміну від результатів, отриманих після збереження стиснених зображень у форматі JPG, ДВП Добеші показали себе найменш придатними для використання у сукупності з алгоритмами стиснення формату MPEG. Різниця між ДВП Хаара і ДВП в ОБ складає більше 40%, що зумовлено наявністю у відео, стисненого ДВП Хаара, і блочної структури, і кратності перетворення 2.

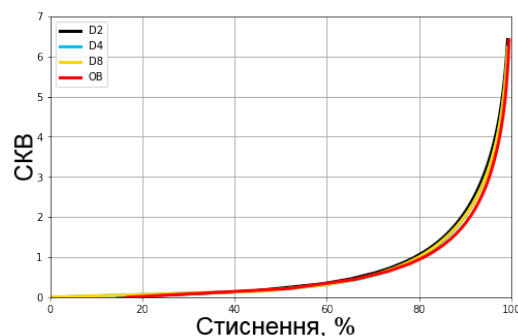


Рис. 4 Залежність СКВ (%) від ступеня стиснення (%)

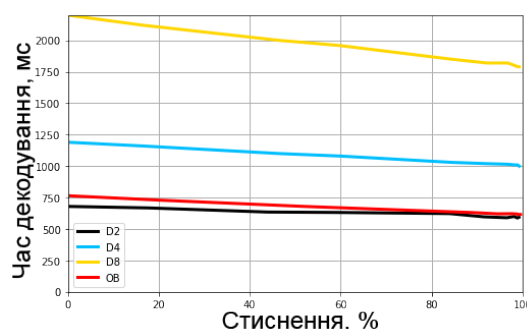


Рис. 5 Залежність часу декодування (мс) від стиснення (%)

ТАБЛИЦЯ 3 Порівняння ступенів стиснення відеофайлів при використанні ДВП різних типів

Тип ДВП	Хаар	D4	D8	ОБ
Розмір файлу до стиснення, Кб	113			228
Розмір файлу після стиснення, Кб	31,3	89,7	110	157
Стиснення	72,3%	20,6%	2,7%	31,1%





Рис. 6. Перший кадр відео: а) оригіналу; б) стисненого за допомогою ДВП в орієнтованому базисі

ДВП в ОБ характеризується блочною структурою спотворень, тоді коли ДВП Добеші мають кратність, що дорівнює 2. Отже, можна зробити висновок, що у даному випадку простота материнської функції вейвлету і блочні спотворення мають більшу значимість у стисненні MPEG, ніж кратність перетворення, що дорівнює 2.

Варто зауважити, що табл. 3 відображає не стільки фактичний ступінь стиснення, скільки рівень ефективності використання певного типу ДВП разом з алгоритмом стиснення MPEG.

ВИСНОВКИ

Застосування різних типів дискретного вейвлет перетворення показало, що ДВП Хаара і ДВП в орієнтованому базисі за рахунок особливостей своїх фільтрів дають в результаті стиснення блочні спотворення, які зустрічаються також і при використанні дискретного косинус-перетворення. Однак ДВП не містить етапу квантування і є масштабованим, що дає йому перевагу над ДКП. Зображення, стиснені із застосуванням ДВП Добеші, людське око сприймає краще, але в той самий час алгоритм є більш громіздким, ніж при використанні ДВП Хаара і ДВП в орієнтованому базисі.

Використання середньоквадратичного відхилення, як критерію оцінювання ступеня спотворень зображення після стиснення, дозволило прийти до висновку, що ДВП в ОБ має найкраще співвідношення «ступінь стиснення/якість» серед досліджених типів ДВП. ДВП в ОБ має на 1,5% краще співвідношення якість/стиснення, ніж перетворення Хаара, але програє йому на 5,6% у швидкості. Щодо сумісності з іншими методами стиснення, ДВП Хаара на 5,21% більш сумісне з PNG, ніж ДВП в ОБ, на 4,2% - з JPEG та на 41,2% краще використовується з MPEG. У більшості випадків ДВП в ОБ з кратністю 3 є кращим вибором, ніж ДВП Добеші, за винятком JPEG, де вейвлети Добеші знаходяться між ДВП Хаара і ДВП в ОБ за критерієм сумісності.

Всі ці переваги роблять дискретне вейвлет перетворення актуальним для подальшого дослідження

ефективності застосування вейвлетів для стиснення візуальної інформації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] S. Grgic, K. Kers, and M. Grgic, "Image compression using wavelets," in *ISIE '99. Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics (Cat. No.99TH8465)*, 1999, vol. 1, pp. 99–104.
DOI: [10.1109/ISIE.1999.801765](https://doi.org/10.1109/ISIE.1999.801765)
- [2] A. Gersho and R. Gray, *Vector Quantization and Signal Compression*. Springer US, 1992,
DOI: [10.1007/978-1-4615-3626-0](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3626-0)
- [3] K. H. Talukder and K. Harada, "Haar Wavelet Based Approach for Image Compression and Quality Assessment of Compressed Image," *IAENG Int. J. Appl. Math.*, vol. 36, no. 1, 2010,
URL: <https://arxiv.org/abs/1010.4084>
- [4] I. M. Dremine, O. V. Ivanov, and V. A. Nechitailo, "Wavelets and their uses," *Physics-Uspekhi*, vol. 44, no. 5, pp. 447–478, 2001,
DOI: [10.3367/UFNr.0171.200105a.0465](https://doi.org/10.3367/UFNr.0171.200105a.0465)
- [5] E. C. Ifeachor and B. W. Jervis, "Digital Signal Processing: A Practical Approach," *Addison-Wesley publishing company*, 2002.
DOI: [10.1049/ic:19950210](https://doi.org/10.1049/ic:19950210)
- [6] G. Shtark, "Primeneniye veyvletov dlya tsifrovoy obrabotki signalov [The use of wavelets for digital signal processing]," *Tekhnosfera*, 2007.
- [7] A.I. Benilov, S.D. Pogoreliy, "Veyvlet-analiz i yego primeneniye dlya szhatiya mul'timediynoy informatsii [Wavelet analysis and its application for multimedia data compression]," *Kiev National University named after T.G. Shevchenko*, 2002.
- [8] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image Coding Using Wavelet Transform," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 1, no. 2, pp. 194–205, 1992,
DOI: [10.1109/83.136597](https://doi.org/10.1109/83.136597)
- [9] O. Artyukhov, V. Gerasimov, "Szhatiye izobrazheniy s ispol'zovaniyem veyvlet-preobrazovaniy [Image compression using wavelet transforms]," *BC/NW*, no. 2, 2013.
- [10] J.S. Petergerya, V.Y. Zhuykov, T.O. Tereshchenko, "Intel'ektual'ni systemy zabezpechennya enerhozberezhennya zhytlovykh budynkiv [Intelligent energy saving systems for residential buildings]," *Media-PRESS*, 2008,
URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19024>



- [11] D. Vatolin, A. Ratushnyak, M. Smirnov and V. Yukin, "Metody szhatiya danykh. Ustroystvo arkhivatorov, szhatiye izobrazheniy i video [Methods of data compression. Structure of archivers, video and image compression]," *DIALOG-MIFI*, 2002.
- [12] A. Yasin, A. Pavlov, A. Khramov, "Tsyfrova veyvlet-fil'tratsiya zashumlenykh danykh: vplyv porohovoho rivnya ta vyboru veyv-

vleta [Digital wavelet filtering of noisy data: influence of threshold level and wavelet selection]," *Radiotekhnika ta elektronika*, vol. 61, no. 2, pp. 149-155, 2016,

DOI: [10.7868/S0033849416010149](https://doi.org/10.7868/S0033849416010149)

Надійшла до редакції 26 травня 2018 р.

УДК 004.627

Метод обработки цифрового видео на базе вейвлет-преобразования в ориентированном базисе

Ямненко Ю. С., д.т.н. проф., ORCID [0000-0002-9796-6420](https://orcid.org/0000-0002-9796-6420)

e-mail petergerya@yahoo.com

Левченко В. В., ORCID [0000-0001-7748-4670](https://orcid.org/0000-0001-7748-4670)

e-mail levtower@gmail.com

Немчинова Е. С., ORCID [0000-0003-3096-6597](https://orcid.org/0000-0003-3096-6597)

e-mail katya15021820@gmail.com

Кафедра промислової електроніки kaf-pe.kpi.ua

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сикорського» kpi.ua

Київ, Україна

Реферат—В работе исследуется метод сжатия цифровых видеофайлов с помощью дискретного вейвлет преобразования в ориентированном базисе, а также сравнение его конкурентоспособности среди нескольких других вейвлетов. Поставленные задачи решались путем проведения теоретических и экспериментальных исследований. Используются методы дискретного вейвлет-преобразования, в частности, Хаара, Добеши и преобразования в ориентированном базисе. В результате проведения исследования получены изображения и видео, сжатые с различными настройками потерь качества, и на основе их параметров построено сравнительные характеристики. На основе сравнительных характеристик сформированы рекомендации по выбору типа преобразования и проведена оценка совместимости вейвлет-преобразования с другими методами сжатия видео. Построено программная модель алгоритма дискретного вейвлет-преобразования изображений и видео на основе вейвлетов Хаара, Добеши и вейвлета в ориентированном базисе.

Библ. 10, рис. 6, табл. 3.

Ключевые слова — дискретное вейвлет-преобразование, цифровое видео, цифровое изображение, ориентированный базис, вейвлет, сжатие информации.



Method of Digital Video Processing Based on Wavelet-Transform in Oriented Basis

Yu. S. Yamnenko, ORCID [0000-0002-9796-6420](https://orcid.org/0000-0002-9796-6420)

e-mail petergerya@yahoo.com

V. V. Levchenko, ORCID [0000-0001-7748-4670](https://orcid.org/0000-0001-7748-4670)

e-mail levtower@gmail.com

K. S. Niemchinova, ORCID [0000-0003-3096-6597](https://orcid.org/0000-0003-3096-6597)

e-mail katya15021820@gmail.com

Department of Industrial Electronics kaf-pe.kpi.ua

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» kpi.ua

Kyiv, Ukraine

Abstract—This work researches a method of compressing digital video files using discrete wavelet transformation in an oriented basis, as well as comparison of its competitiveness amongst several other wavelets. The tasks were solved by conducting theoretical and experimental studies. Methods of discrete wavelet transforms, in particular, Haar, Daubechies and transformations in an oriented basis are used. As a result of the research, images and videos compressed with various quality loss settings were obtained and, based on their parameters, comparative characteristics were constructed. Recommendations on the choice of the type of transformation were formed based on the comparative characteristics and the compatibility of the wavelet transform with other methods of video compression is evaluated. A software model of an algorithm for discrete wavelet transform of images and video is constructed on the basis of Haar, Daubechies and wavelets in an oriented basis.

Research showed that wavelet transform in an oriented basis possesses best quality/compression ratio amongst all reviewed wavelets when it comes to the raw compression of visual data, which makes discrete wavelet-transform in oriented basis show great potential for further testing. However, it was also shown that this particular wavelet is ill-suited to use in conjunction with modern image/video compression methods due to the mismatch in their multiplicity. Also, with the combined use of discrete wavelet-transform in oriented basis and PNG format, the best compression results were obtained between the four wavelets.

Discrete wavelet-transform in oriented basis has 1.5% better quality / compression ratio than Haar transform, but loses 5.6% at speed. As for compatibility with other compression methods, Haar is 5.21% more compatible with PNG than discrete wavelet-transform in oriented basis, 4.2% better with JPEG and 41.2% is better when used in conjunction with MPEG. In most cases, the discrete wavelet-transform in oriented basis with multiplicity of 3 is the better choice than Haar transform except JPEG, where Daubechies wavelets are between Haar and discrete wavelet-transform in oriented basis in regards to the compatibility criterion.

Studies also found that a discrete wavelet-transform in oriented basis with 3 filters was poorly compatible with JPEG and MPEG compression formats because they were developed specifically on the basis of discrete cosine transform and function more effectively with Haar transform, which both possess conversion multiplicity equal to 2.

The research results are of interest for the development and optimization of digital video compression algorithms based on the discrete wavelet transform in oriented basis. Further research may include but is not limited to attuning and modifying existing compression standards, namely JPEG and MPEG, to fit discrete wavelet transform in oriented basis and fully utilize it's potential.

Ref. 10, fig. 6, tabl. 3.

Keywords — discrete wavelet transform, digital video, digital image, oriented basis, wavelet, information compression.

