

УДК 621.397; 004.4'27; 004.627

© Я. В. Зоренко, к.т.н., доцент, Н. В. Дениско, магістр, НТУУ
«КПІ», Київ, Україна

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ КОДУВАННЯ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ ФОРМАТУ 4К

Проведено дослідження ефективності алгоритмів кодування відеоінформації для формату 4К. Запропоновано методику визначення раціональних параметрів кодування відеоінформації.

Ключові слова: 4К; відеоінформація; HEVC; H265; відеокодек; бітова швидкість; PSNR; алгоритм стиснення; коефіцієнт стиснення.

Постановка проблеми

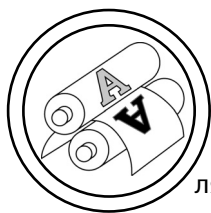
Розробка і удосконалення новітніх технологій запису, обробки та відтворення високоякісної відеоінформації, зокрема поява формату 4К (формат відео з кількістю 4000 пікселів), дозволяє значно розширити можливість мультимедійної продукції, що переважно складається з відеоінформації. Однак, застосування формату 4К характеризується, також, підвищеними вимогами щодо апаратно-програмного забезпечення. Тому актуальним питанням залишається підбір раціональної конфігурації апаратно-програмного забезпечення для систем обробки та відображення інформації [1–3].

Зважаючи на існуючу динаміку розвитку цифрових технологій більшість мультимедійних центрів для обробки відеоінформації, вимушені здійснювати

технічне переоснащення. У зв'язку із цим постає питання вибору апаратно-програмного комплексу, що демонструватиме максимальну ефективність та буде виправданим з точки зору перспективи розвитку.

Сучасні мультимедійні видання включають у себе, велику різноманітність аудіо- та відеоінформації, що вимагає потужних апаратних засобів із достатньою ємністю носіїв для зберігання інформації. Зокрема вхідна незакодована відеоінформація для свого відображення потребує великого обсягу пам'яті на носіях даних, а також високої пропускної здатності каналу передачі відеоданих. Тому новітні формати відеоінформації можуть займати до 100 гігабайт обсягу пам'яті [4–8].

Використання алгоритмів кодування відеоінформації дозво-



ляє значно зменшити обсяг даних та зменшити вимоги до каналів передачі відеоінформації. Однак, існуючі алгоритми кодування інформації мають недоліки, що проявляються у зниженні якості при значному ступені стиснення, виникненні цифрових артефактів при кодуванні-декодуванні інформації, наявності складної залежності між характеристиками відеоінформації тощо. Тому розробка методики визначення ефективності існуючих технологій кодування для нових форматів відеоінформації та оцінка параметрів стиснення відеоінформації дозволить визначити раціональні режими кодування відеоінформації є актуальним напрямком дослідження.

Аналіз попередніх досліджень

Дослідження пов'язані із технологіями кодування відеоінформації завжди привертати увагу наукової спільноти. Це підтверджується наявністю різноманітних підходів [4–8] щодо визначення ефективності роботи існуючих алгоритмів кодування відеоінформації.

Враховуючи на появу технології створення високоякісної відеоінформації форматом 4K, а також розвитку технології кодування «H.265/HEVC» (high efficiency video coding, високоефективне кодування відео), інтерес щодо дослідження ефективності даного алгоритму стиснення відеоінформації значно зріс [4]. Так,

досить багато існуючих досліджень [5, 6] стосуються порівняння нового алгоритму кодування «H.265/HEVC» із технологіями стиснення попереднього покоління, зокрема «h.264/AVC» (advanced video coding, ефективне кодування відео) та «VP9/NGOV» (next generation open video, відкритий відео формат останнього покоління) відповідно.

Основною проблематикою при дослідженні ефективності роботи алгоритмів кодування відеоінформації є варіативність, як сюжетів, так і послідовностей (відеокадрів) відеоінформації, що може впливати на нестабільну якість стиснення відеоінформації при застосуванні різних алгоритмів кодування [4–8]. У більшості досліджень така проблема вирішується поділом файлів відеоінформації на різні підгрупи із однаковими характеристиками: за тривалістю відео сюжету, складністю інформації (наявністю складних контурів, текстур, градієнтів) та динамічністю об'єктів у послідовностях відеоінформації.

Також, завдяки наявності великої кількості показників якості кодування (суб'єктивних та об'єктивних) відеоінформації виникає проблема у створенні універсальної спрощеної методики оцінки алгоритмів кодування для визначення раціональних режимів кодування відеоінформації.

Тому для проведення досліджень щодо ефективності процесу стиснення відеоінформації для формату 4K було

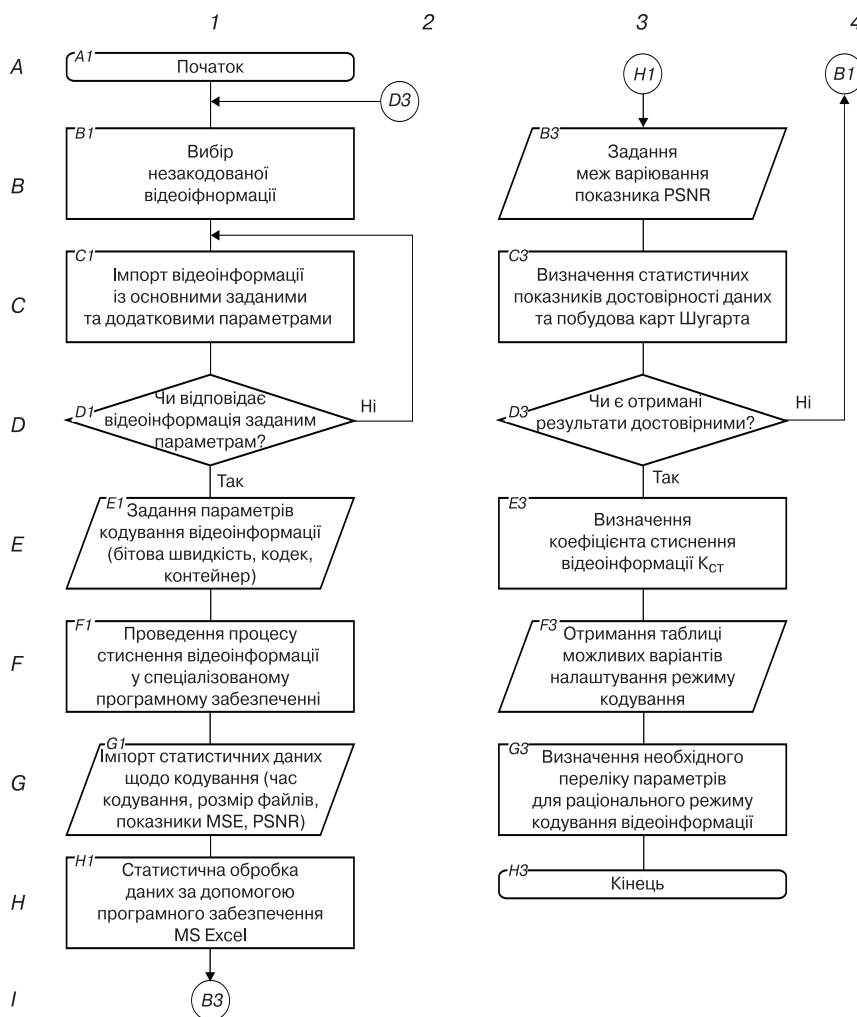
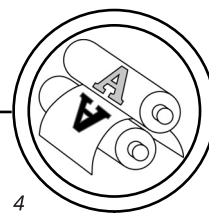


Рис. 1. Алгоритм запропонованої методики вибору раціональних параметрів процесу кодування відеоінформації

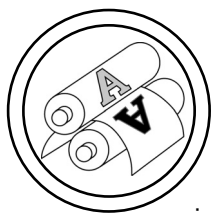
запропоновано методику вибору раціональних параметрів кодування даних (рис. 1).

Послідовність вибору раціональних параметрів кодування згідно розробленої методики можна розбити на дев'ять етапів:

— вибір досліджуваного відео-файлу;

— створення матриці експериментів для визначення основних параметрів кодування: швидкість передачі потоку даних по каналу (бітова швидкість), алгоритм стиснення (кодек) та формат збереження (контейнер);

— вибір програмного забезпечення для кодування відеоінформації;



— процес стиснення відеоінформації за обраними параметрами матриці експериментів;

— розрахунок показника якості за метрикою критерію співвідношення сигналу до шуму PSNR (розрахунок здійснюється за допомогою програмного забезпечення MatLab) [7, 8];

— статистична перевірка результатів вимірювань (за контрольними картами Шухарта) [9, 10];

— визначення коефіцієнту стиснення, як відношення обсягу відеоінформації до та після кодування [7];

— створення матриці експериментальних значень за отриманими результатами вимірювань;

— розрахунок комплексного показника якості з використанням критерію Байера-Лапласа [11] та визначення раціональних параметрів процесу кодування відеоінформації.

Мета роботи

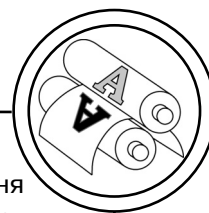
Дослідження процесу стиснення даних відеоінформації формату 4K із визначенням ефективності сучасних алгоритмів кодування та аналізом статистичних даних із встановленням раціональних параметрів для забезпечення кращої ефективності та продуктивності процесу кодування відеоінформації.

Результати проведених досліджень

В ході проведеного дослідження було застосовано мультимедійну систему на базі комп'ютерної станції Intel Core i5-4590 (3,3/3,7 GHz; RAM 8 Gb; Radeon R9 280, 3Gb; 21.5" Dell S2240L) із програмним забезпеченням для кодування відеоінформації DVDFab, що підтримує сучасні алгоритми стиснення. Також в роботі для процесу стиснення були відібрані оригінальні три відеофайли із форматом 4K (3840×2160 пікселів): із тривалістю 2 с та відеокодеком «арсн», тривалістю 15 с та відеокодеком «арсн», тривалістю 240 с та відеокодеком «AVC». Тип контейнера відео-файлів із форматом 4K відповідно «*.mov», до яких були застосовані технології кодування та стиснення на основі програмних алгоритмів «h.264», «h.265» та «wmv9» із різноманітними режимами налаштування, а саме типом контейнера («*.wmv», «*.mkv», «*.mp4» і «*.avi») та кількісної характеристики каналу передачі інформації (біт/с).

В ході дослідження за різними конфігураціями застосованої технології кодування було визначено три якісні параметри кодування: показник пікового відношення сигнал-шум (K_{PSNR}), коефіцієнт ступеню стиснення відеоінформації (K_{CT}) та тривалість процесу кодування (T).

Статистична обробка результатів дослідження для підтвердження достовірності експери-



ментальних даних здійснювалася за допомогою програмного забезпечення MS Excel 2013 та Mathworks MatLab 2012.

Аналіз статистичних даних дослідження проводився за допомогою X-карт Шухарта із визначенням середнього значення розмаху варіації

показника пікового відношення сигнал-шум (K_{PSNR}) на досліджуваних відео фрагментах, що були отримані із застосуванням однакової вибірки при порівнянні відеоінформації. Так, показник K_{PSNR} змінювався для різних відеофрагментів в діапазоні 39–48 Дб, а розрахована

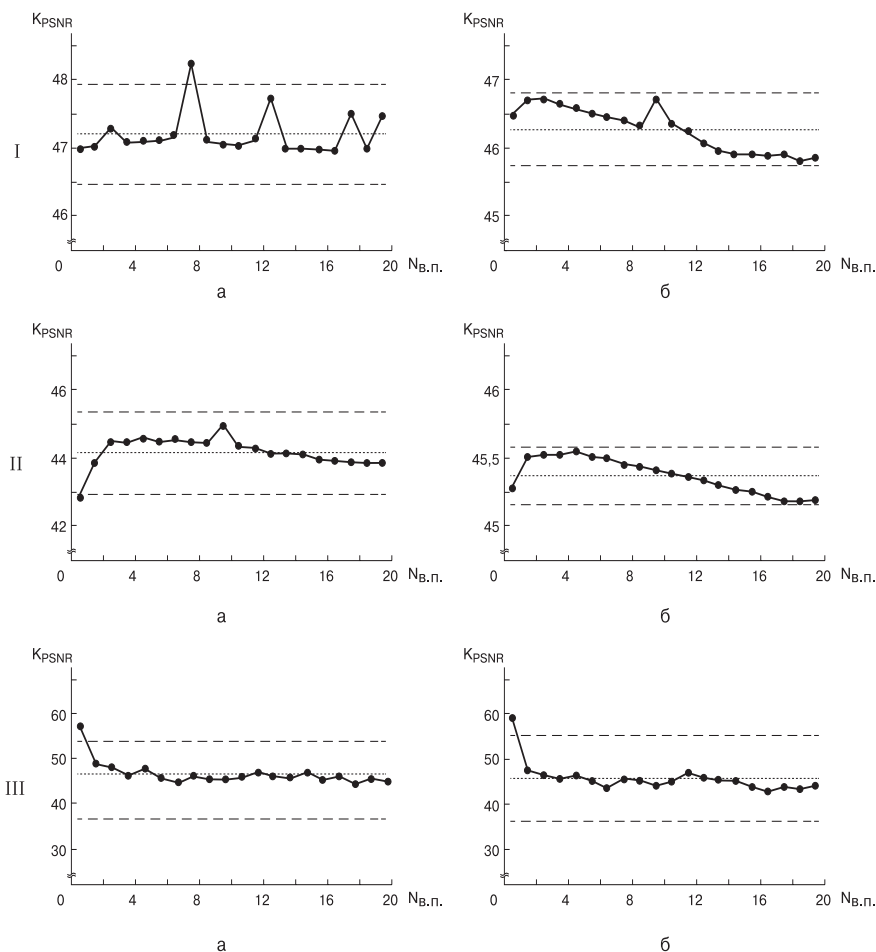
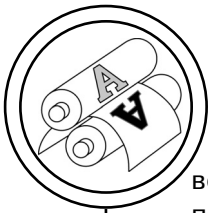


Рис. 2. Контрольні карти Шухарта з розподілом показника якості « K_{PSNR} » для кодуваної відеоінформації із форматом 4K: I — тривалістю 2 с; II — тривалістю 15 с; III — тривалістю 240 с. За різними параметрами кодування: а — алгоритм стиснення «h.265», б — алгоритм стиснення «h.264»



величина розмаху варіації показника K_{PSNR} вказувала на достатню стабільність та якість кодуваної відеоінформації (рис. 2).

Аналіз різних параметрів кодування відеоінформації дозволив встановити характер залежності значень показника якості кодування (K_{PSNR}) від бітрейту (K_{bit}) при різних налаштуваннях кодеків та контейнерів (рис. 3). Так, згідно даних дослідження встановлено, що застосування однакового контейнера «*.mp4» при різних кодексах (рис. 3, б, г) майже не впливає на якість кодування, присутнє лише незначне покращення якості при зростанні бітрейту, що харак-

терне для всіх відео-файлів із форматом 4K. Однак застосування контейнеру «*.mkv» для відео-файлів із форматом 4K, що характеризуються незначною тривалістю, призводить до загального зниження якості кодування при зростанні бітрейту, причому для всіх порівнюваних кодексів (рис. 3, а, в).

Слід відзначити, що в цілому якість кодування при зростанні бітрейту теж підвищується (рис. 3). Єдина відмінність полягає у тому, що відеофайл із тривалістю у 2 секунди (рис. 3, крива 1) має відхилення за якістю через застосування контейнера «*.mkv» (рис. 3, а, в), який призначений в першу

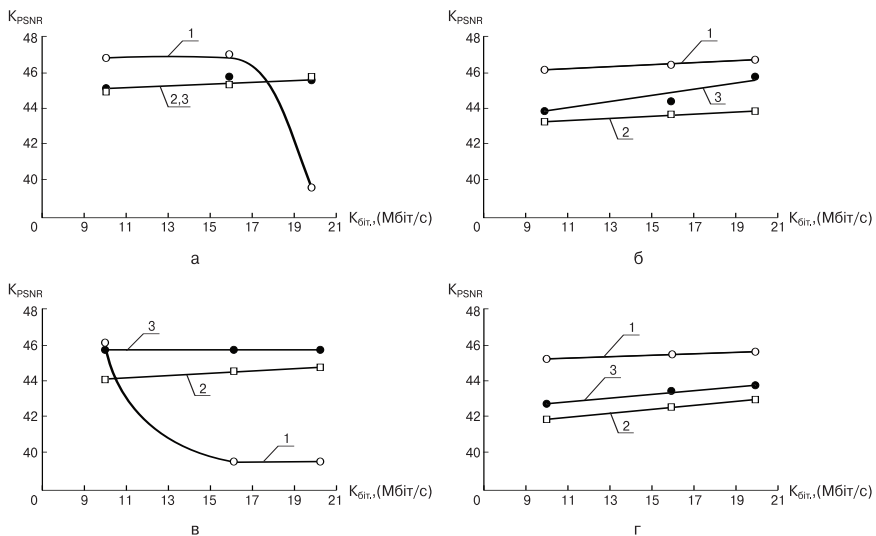
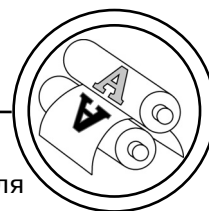


Рис. 3. Залежність значення показника якості кодування (K_{PSNR}) від бітрейту (K_{bit}) за різними параметрами кодування: а — алгоритмом кодування «h.265» і типом контейнера «*.mkv»; б — алгоритмом кодування «h.265» і типом контейнера «*.mp4»; в — алгоритмом кодування «h.264» і типом контейнера «*.mkv»; г — алгоритмом кодування «h.264» і типом контейнера «*.mp4». Тривалість відеоінформації із форматом 4K: 1 — 2 с; 2 — тривалістю 15 с; 3 — тривалістю 240 с



чергу для довготривалих відео і тому неякісно здійснює кодування відеоінформації тривалістю в дві секунди.

Також, на основі аналізу якісних параметрів кодування за розрахунком критеріїв Байєса-Лапласа (Z_{BL}) було визначено раціональні параметри кодування відеоінформації з роздільною здатністю 4K. Таким чином були розраховані комплексні показники якості для кожної з технологій кодування відеоінформації та встановлено характерні особливості обробки оригінальних відео-файлів з роздільною здатністю 4K при різних технологіях кодування. Так було встановлено, що технологія кодування та стиснення на основі програмного алгоритму «h.265» порівняно із іншими алгоритмами кодування забезпечує вищий показник KPSNR, а отже і більш якісні характеристики кодованої відеоінформації. Зокрема програмний алгоритм «h.265» має порівняно кращий коефіцієнт стиснення, аніж алгоритму «h.264» та забезпечує вдвічі менший розмір відеофайлу при кращій якості. Однак тривалість процесу кодування відеоінформації за алгоритмом «h.265» є набагато більшою і залежить від обсягу відеофайлу.

Тому застосування програмного алгоритму «h.265» на даний момент є дуже трудомістким та потребує потужного апаратного забезпечення і не

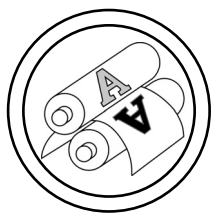
завжди є виправданим для кодування та стиснення відеоінформації з роздільною здатністю 4K.

Висновки

1. Розроблена методика дозволяє доволі точно здійснювати вибір раціональних параметрів кодування відеоінформації із послідовним застосуванням та аналізом етапів підготовки, кодування та контролем основних показників якості (сигнал-шум, коефіцієнт ступеню стиснення відеоінформації та тривалість процесу кодування) відеоінформації для обраного апаратно-програмного комплексу із визначенням раціонального варіанту кодування.

2. На основі проведеного дослідження було встановлено, що відеоінформація форматом 4K із незначною кількістю відеофрагментів (тривалістю відео) демонструє відхилення за якістю через застосування контейнера «*.mkv», який призначений в першу чергу для довготривалих відеофайлів і неякісно здійснює кодування нетривалої за часом відеоінформації.

3. Встановлено, що кращі результати за якістю кодування забезпечуються алгоритмом «h.265», однак продуктивність процесу кодування при цьому значно знижується, що вказує на потребу у застосуванні значно потужнішого апаратного забезпечення при кодуванні відеоінформації форматом 4K.

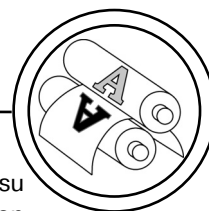


Список використаної літератури

1. Зоренко Я. Дослідження технологій кодування відеоінформації з роздільною здатністю 4K [Електронний ресурс] / Я. Зоренко, Н. Дениско // Квалілогія книги : зб. тез. доп. — 2015. — С. 30–36. — Режим доступу : <http://195.211.87.6/uploads/kvalilog2.pdf#page=12>.
2. Зоренко Я. В. Параметри відеосистеми КВС для процесу калібрування [Електронний ресурс] / Я. В. Зоренко, Д. О. Сак // Технологія і техніка друкарства. — 2014. — № 1. — С. 21–29. — Режим доступу : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/31417>.
3. Савченко К. І. Сучасний стан технологій друкування в Україні [Електронний ресурс] / К. І. Савченко, О. В. Зоренко, Т. В. Розум, О. М. Величко // Технологія і техніка друкарства. — 2011. — № 2. — С. 21–27. — Режим доступу : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/52761>.
4. Pastuszek, G., Trochimiuk, M. Algorithm and architecture design of the motion estimation for the H. 265/HEVC 4K-UHD encoder. *Journal of Real-Time Image Processing*. — 2015. — P. 1–13. ISSN 1861-8200; doi: 10.1007/s11554-015-0516-4.
5. Grois, D., et al. Performance comparison of h. 265/mpeg-hevc, vp9, and h. 264/mpeg-avc encoders. In: *Picture Coding Symposium (PCS)*, IEEE, 2013. p. 394–397.
6. Reřábek, M., Ebrahimi, T. Comparison of compression efficiency between HEVC/H. 265 and VP9 based on subjective assessments. In: *SPIE Optical Engineering+Applications*. International Society for Optics and Photonics, 2014. p. 92170U-92170U-13.
7. Uhrina, M., Voznak, M., Vaculik, M. & Malicek, M. Procedure for Mapping Objective Video Quality Metrics to the Subjective MOS Scale for Full HD Resolution of H. 265 Compression Standard. In: *Intelligent Data Analysis and Applications*. Springer International Publishing, 2015. p. 155–164.
8. Gonzalez R. *Digital Image Processing Using MATLAB*, 2nd edition / R. Gonzalez, R. Woods, S. Eddins — Gatesmark Publishing, USA, 2009, 827 p.
9. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / [С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич і др.]. — Киев: Морион, 2000. — 320 с.
10. ДСТУ ISO 8258-2001. Статистичний контроль контрольні карти Шухарта. (2001). — [Чинний від 2001.01.01]. — К. : 2001. — (Національні стандарти України).
11. Кушлик-Дивульська О. І. Основи теорії прийняття рішень [Fundamentals of the theory of decision-making] / О. І. Кушлик-Дивульська, Б. Р. Кушлик. — К. : НТУУ «КПІ», 2014. — 94 с. — Режим доступу : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/6917>.

References

1. Zorenko, Y. & Denysko, N. (2015). Doslidzhennia tekhnolohii koduvannia videoinformatsii z rozdilnoiu zdatnistiu 4K [Research of video coding technologies with a resolution of 4K]. — *Journal of Kvalilohiia knyhy — Kvalilohy of book*, 8, 30–36. Retrieved from <http://195.211.87.6/uploads/kvalilog2.pdf#page=12> [in Ukrainian].



2. Zorenko, Y. & Sak, D. (2014). Parametry videosystemy KVS dlia protsesu kalibruvannia [The parameters of the DTP's video system for the calibration process]. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva – Technology and Technique of Typography*, 1, 21–29. Retrieved from <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/31417> [in Ukrainian].

3. Savchenko, K. I. & Zorenko, O. V. & Rozum, T. V. & Velychko, O. M. (2011). Suchasnyi stan tekhnolohii drukuvannia v Ukraini [The current state of printing technology in Ukraine]. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva – Technology and Technique of Typography*, 2, 21–27. Retrieved from <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/52761> [in Ukrainian].

4. Pastuszak, G. & Trochimiuk, M. (2015). Algorithm and architecture design of the motion estimation for the H. 265/HEVC 4K-UHD encoder. *Journal of Real-Time Image Processing*, 1–13 [in English].

5. Grois, D. & Marpe, D. & Mulayoff, A. & Itzhaky, B. & Hadar, O. (2013, December). Performance comparison of h. 265/mpeg-hevc, vp9, and h. 264/mpeg-avc encoders. In *Picture Coding Symposium (PCS), 2013* (pp. 394–397). IEEE [in English].

6. Reřábek, M. & Ebrahimi, T. (2014, September). Comparison of compression efficiency between HEVC/H. 265 and VP9 based on subjective assessments. In *SPIE Optical Engineering+ Applications* (pp. 92170U-92170U). International Society for Optics and Photonics [in English].

7. Uhrina, M. & Voznak, M. & Vaculik, M. & Malicek, M. (2015). Procedure for Mapping Objective Video Quality Metrics to the Subjective MOS Scale for Full HD Resolution of H. 265 Compression Standard. In *Intelligent Data Analysis and Applications* (pp. 155–164). Springer International Publishing [in English].

8. Gonzalez, R. & Woods, R. & Eddins, S. (2009). 2nd edition, *Digital Image Processing Using MATLAB*. Gatesmark Publishing [in English].

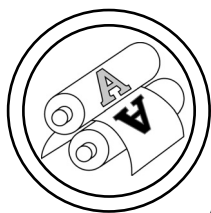
9. Lapach, S. N. & Chubenko, A. V. & Babić, P. N. (2000). *Statisticheskie metody v mediko-biologicheskikh issledovaniakh s ispol'zovaniem Excel [Statistical methods in biomedical studies using Excel]*. Kyiv: Morion [in Ukrainian].

10. National standards of Ukraine. (2001). DSTU ISO 8258-2001: *Statystychnyy kontrol' kontrol'ni karty Shukharta [A statistical control. Shewhart charts]*. Kyiv [in Ukrainian].

11. Kushlyk-Dyvulska, O. I. & Kushlyk, B. R. (2014). *Osnovy teorii pryynyattya rishen' [Fundamentals of the theory of decision-making]*. Kyiv: NTUU KPI. Retrieved from <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/6917>.

Проведено исследование эффективности алгоритмов кодирования видеоинформации для формата 4К. Предложена методика определения рациональных параметров кодирования видеоинформации.

Ключевые слова: 4К; видеоинформация; HEVC; H265; видеокодек; битовая скорость; PSNR; алгоритм сжатия; коэффициент сжатия.



The efficiency of 4K-video coding algorithms was researched. A method of definition of rational parameters of video encoding was proposed.

Keywords: 4K; video; HEVC; H265; video codec; bitrate; PSNR; compression algorithm; compression ratio.

Рецензент — К. О. Чепурна, к.т.н.,
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 23.06.16