

DOI: 10.18372/2310-5461.66.20325
УДК 004.622: 517.927

В. В. Бараннік, д-р техн. наук, професор
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
orcid.org/0000-0002-2848-4524
e-mail: vvbar.off@gmail.com;

А. А. Берчанов
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
orcid.org/0009-0004-4301-6384
e-mail: tberchanov@gmail.com;

МЕТОД БІФУРКАЦІЇ БІТОВИХ ПЛОЩИН В СИСТЕМАХ ОБРОБКИ ІНФРАЧЕРВОНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Вступ

Сучасний розвиток інфрачервоних (ІЧ) технологій сприяє їх активному впровадженню в галузях технічної діагностики, медицини, енергетики, безпеки та оборони. Це пов'язано з унікальними властивостями ІЧ-зображень, що фіксують теплове випромінювання об'єктів незалежно від умов освітлення. Такі зображення несуть фізично обґрунтовану інформацію про температурні поля, градієнти та аномалії, що має критичне значення для багатьох практичних задач.

На відміну від зображень у видимому діапазоні, де основну увагу приділяють зоровому сприйняттю людини [1–7], в ІЧ-зображеннях пріоритетним є збереження числової достовірності та точності переданих температурних градієнтів. Це обумовлює принципові відмінності у вимогах до методів обробки та стиснення.

Сучасні універсальні формати збереження (*JPEG*, *WebP*, *HEIC*) орієнтовані на зорові характеристики людини і не підходять для тепловізійних знімків, де навіть низькоконтрастні ділянки можуть мати діагностичне значення. Альтернативою виступають формати без втрат (*PNG*, *TIFF*), однак вони або не враховують специфіку ІЧ-зображень та мають застарілу архітектуру.

Таким чином, постає науково-прикладна задача підвищення ефективності програмної обробки та кодування інфрачервоних зображень з широким динамічним діапазоном за умов обмеженої обчислювальної потужності.

Постановка проблеми

ІЧ-зображення високої розрядності (16 біт і більше) вимагають значних обчислювальних ресурсів на етапі обробки [8–10]. Спеціалізовані апаратні рішення (*FPGA*, *ASIC*) дозволяють частково вирішити проблему, але супроводжуються збільшенням вартості, складністю масштабування та підвищенням енергоспоживання [11, 12].

У багатьох системах, зокрема мобільних та енергообмежених, апаратна підтримка повної розрядності є ускладненою або економічно недоцільною [13–15].

Водночас зменшення розрядності зображення класичними методами призводить до втрат значущої інформації, яка може бути критично важливою у завданнях автоматизованої діагностики або аналізу [16, 17].

Тому виникає потреба у розробці ефективного програмного методу зменшення розрядності без внесення спотворень у структурно-значущі елементи зображення. Такий метод повинен забезпечити подальше стиснення даних із мінімальними втратами важливої інформації для подальшого аналізу, бути простим в реалізації та не залежати від специфічного апаратного забезпечення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання стиснення та обробки зображень із широким динамічним діапазоном розглядалося у низці робіт [18, 19]. У [18] представлено підхід до стиснення зображень із використанням заміни матриць, однак він орієнтований на зображення у видимому спектрі. Автори [19] запропонували зміну динамічного діапазону через бітову репрезентацію, однак не деталізували механізм відновлення семантичної структури.

У [20–23] розглядаються адаптивні методи кодування, що частково вирішують проблему збереження корисної інформації при стисненні, проте потребують складної попередньої обробки або мають значну обчислювальну складність. У роботах [24–27] розглянуто підходи до інтелектуальної обробки тепловізійних даних, однак питання структурного поділу інформації за рівнями значущості залишилось відкритим.

Окремі дослідження, що стосуються обробки бітових площин, зокрема в контексті компресії, зустрічаються у [28–31], однак вони не врахову-

ють специфіку інфрачервоних зображень та не аналізують вплив розділення бітових площин на якість відновлення температурної інформації.

Таким чином, метою дослідження є розробка методу попередньої обробки ІЧ-зображень, що базується на аналізі бітових площин, з метою подальшого ефективного стиснення кадрів без втрати критичної інформації.

Розробка методу біфуркації бітових площин

Для зменшення розрядності вхідного зображення, пропонується виконати біфуркацію бітових площин. В ході цього методу виконується екстракція старших бітових значень $Amsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s)$ та молодших $Alsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s)$.

Для виконання екстракції старших біт, пропонується представити кожне 16-бітне значення вхідного зображення $A_{r,t}^{(k,l)}(q,s)$ у вигляді бітової послідовності. До даної бітової послідовності необхідно застосувати операцію побітового зсуву вправо на 8 значень. Таким чином молодші бітові значення відсікаються та зберігаються лише старші. Це зображено у наступній формулі:

Результатом екстракції старших біт є значення $Amsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s)$.

$$Amsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s) = MSB\left(A_{r,t}^{(k,l)}(q,s)\right) = A_{r,t}^{(k,l)}(q,s) \gg 8,$$

де $Amsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s)$ – результат екстракції старших біт; MSB – процедура екстракції старших біт; $\gg$ – операція побітового зсуву вправо.

Застосовуючи MSB до усіх значень з сегменту $A^{(k,l)}$ отримаємо сегмент старших бітових значень $Amsb^{(k,l)}$:

$$Amsb^{(k,l)} = MSB\left(A^{(k,l)}\right) = \left\{ MSB\left(A_{r,t}^{(k,l)}(q,s)\right), A_{r,t}^{(k,l)}(q,s) \in A^{(k,l)} \right\}.$$

Для виконання екстракції молодших біт необхідно відкинути старші бітові значення та зберегти лише молодші. Для цього пропонується застосувати кон'юнкцію молодшої бітової маски LSB_M зі значенням $A_{r,t}^{(k,l)}(q,s)$:

$$LSB_M = 0000000011111111; ;$$

$$Alsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s) = LSB\left(A_{r,t}^{(k,l)}(q,s)\right) = A_{r,t}^{(k,l)}(q,s) \& LSB_M,$$

де $Alsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s)$ – результат екстракції молодших біт; LSB – процедура екстракції молодших біт; LSB_M – молодша бітова маска; $\&$ – операція кон'юнкції.

Застосовуючи LSB до усіх значень з сегменту $A^{(k,l)}$ отримаємо сегмент молодших бітових значень $Alsb^{(k,l)}$:

$$Alsb^{(k,l)} = LSB\left(A^{(k,l)}\right) = \left\{ LSB\left(A_{r,t}^{(k,l)}(q,s)\right), A_{r,t}^{(k,l)}(q,s) \in A^{(k,l)} \right\}.$$

Приклад застосування бітової біфуркації для значення $A_{r,t}^{(k,l)}(q,s) = 33123$ та екстракції значень $Amsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s) = 129$ та $Alsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s) = 99$ можна побачити на рисунку 1.

$$\begin{aligned} A_{r,t}^{(k,l)}(q,s) &= 33123_{10} = 10000001\ 01100011_2 \\ Amsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s) &= 129_{10} = 10000001_2 \\ Alsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s) &= 99_{10} = 01100011_2 \end{aligned}$$

Рис. 1. Приклад екстракції значень $Amsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s)$ та $Alsb_{r,t}^{(k,l)}(q,s)$

Якщо застосувати бітову біфуркацію до кожного сегменту $A^{(k,l)}$ з вхідного зображення A , то можна утворити зображення площини старших бітових значень $Amsb$ та площини молодших бітових значень $Alsb$. Виразимо це наступними формулами:

$$Alsb = LSB\left(A^{(k,l)}\right), A^{(k,l)} \in A;$$

$$Amsb = MSB\left(A^{(k,l)}\right), A^{(k,l)} \in A.$$

Проаналізувавши візуальне представлення $Amsb$ та $Alsb$, можна побачити, що початкове зображення A та площина старших бітових значень $Amsb$ досить схожі. Це пояснюється тим, що відповідно до принципів бітового представлення інформації, старші біти зберігають основну форму та структуру зображення. Відкинувши молодші біти, зображення втрачає дрібні деталі, переважно непомітні для людського ока.

Візуалізація зображень бітових площин $Amsb$ та $Alsb$ зображена на рис. 2.

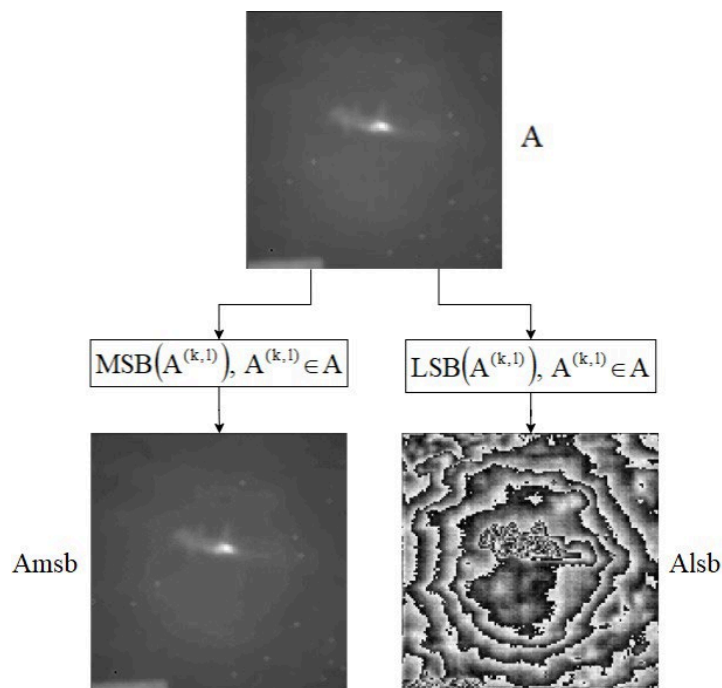


Рис. 2. Візуалізація отримання зображень бітових площин $Amsb$ та $Alsb$

З іншої сторони, візуальне представлення площини молодших бітових значень $Alsb$ може виглядати як шум. Адже воно представляє дрібні варіації пікселів, які можуть не утворювати цілих семантичних структур.

Розуміння особливостей бітових репрезентацій $Amsb$ та $Alsb$ важливе для подальшої обробки. Адже спираючись на це, різні методи обробки та кодування можуть бути застосовані до відповідного типу бітової площини.

Експериментальна оцінка методу біфуркації бітових площин

Застосуємо однаковий метод кодування до початкового 16-бітного зображення A та розрахуємо коефіцієнт стиснення:

$$CC_A = CC(Enc(A)),$$

де Enc – метод кодування; CC – розрахунок коефіцієнту стиснення; CC_A – значення отриманого коефіцієнту стиснення.

Застосуємо такий же метод кодування до отриманих у наслідок бітової біфуркації площин $Amsb$ та $Alsb$. Розрахуємо коефіцієнт стиснення для закодованих даних:

$$CC_BBP = CC(Enc(Amsb) + Enc(Alsb)).$$

Виконаємо розрахунки CC_A та CC_BBP для набору інфрачервоних зображень. Результати представлені на графіку рис. 3.

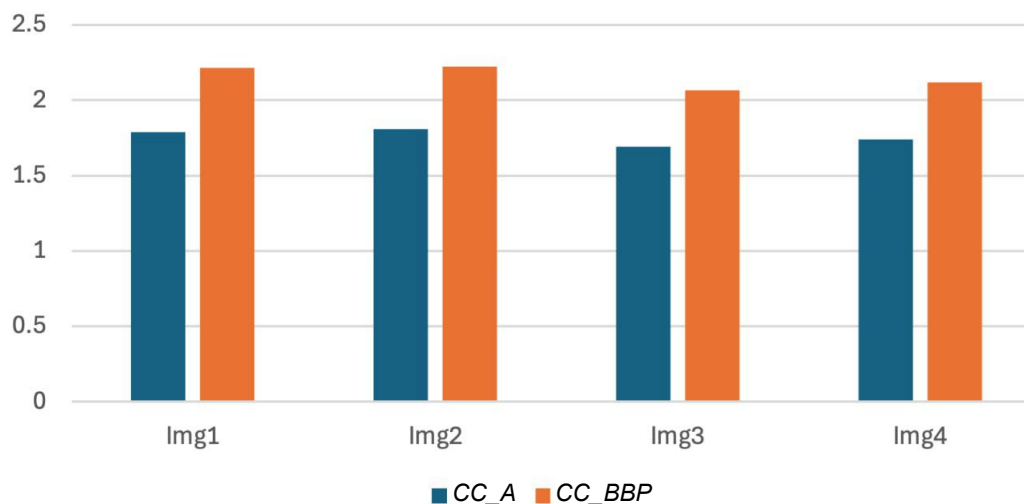


Рис. 3. Коефіцієнти стиснення CC_A та CC_BBP

У середньому стиснення інфрачервоних зображень із застосуванням біфуркації бітових площин має показник стиснення CC_BBP на 22 % більший, ніж такий самий метод стиснення без біфуркації. Однак варто зазначити, що при застосуванні біфуркації бітових площин, у декодованому зображенні збільшилось середнє квадратичне відхилення на 241, у порівнянні стандартним методом кодування. Для зображень що мають широкий динамічний діапазон, наприклад 16 біт, таке відхилення є несуттєвим та не вносить спотворень помітних для людського ока.

Висновки

1. У статті була обґрунтована актуальність та необхідність у вирішенні науково-прикладної задачі, а саме підвищення ефективності обробки та кодування інфрачервоних зображень.

2. Обґрунтована потреба подальшого вдосконалення методів кодування інфрачервоних зображень. Це дозволяє підвищити рівень стиснення тепловізійних даних та забезпечити умови для їх доступності.

3. Розроблено метод біфуркації бітових площин для обробки інфрачервоних зображень:

1) розроблений метод включає екстракцію старших бітових площин A_{msb} та екстракцію молодших бітових площин A_{lsb} . Специфіка та семантична наповненість утворених бітових площин була проілюстрована;

2) була проведена експериментальна оцінка, що показала підвищення коефіцієнту стиснення у середньому на 22 % із методом біфуркації бітових площин, при несуттєвому збільшенні середнє квадратичного відхилення.

4. Для подальшого покращення розробленого методу біфуркації бітових площин пропонується використовувати методи контекстно-орієнтованої обробки й адаптивного стиснення для врахування семантичної складової.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Barannik V. V., Shulgin S. S., Babenko Y. M., Onyshchenko R. S., Revva K. V., Belikova T. V. & Ignatyev O. O. Technology of sliding coding of uneven diagonal sequences in two-dimensional spectral space of transformants, 2023. *Visnyk NTUU "KPI" Seriya: Radiotekhnika. Radioaparato-buduvannia*, (94), 13–23. <https://doi.org/10.20535/RADAP.2023.94.13-23>.
- [2] Anantha Babu S., Eswaran P. & Senthil Kumar C. Performing image compression and decompression using matrix substitution technique. 2020. In *Advances in Computational and Bio-Engineering*. Springer, pp 25–36. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46939-9_3.
- [3] Putra A. B. W., Supriadi S., Wibawa A. P., Pranolo A. & Gaffar A. F. O. Modification of a gray-level dynamic range based on a number of binary bit representation for image compression. 2020. *Science in Information Technology Letters*, 1(1), 9–16. <https://doi.org/10.31763/sitech.v1i1.17>.
- [4] Hassaini M. O., Morsli M. & Yaichi S. Image compression using principal component analysis. In *2020 International Conference on Mathematics and Information Technology (ICMIT) 2020*, February. PP. 226–231. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMIT47780.2020.9047014>.
- [5] Barannik V. V., Sidchenko S. O., Barannik D. V., Chornomaz I. K., Hurzhiy P. M. & Hrihoriiian M. B. Saving elements methods for service components of images cryptocompression codograms. *Visnyk NTUU "KPI" Seriya: Radiotekhnika. Radioaparato-buduvannia*, 2023. (92), PP. 28–40. <https://doi.org/10.20535/RADAP.2023.92.28-40>.
- [6] Odarchenko R., Gnatyuk S., Gnatyuk V. & Abakumova A. (). Security key indicators assessment for modern cellular networks. In *Proceedings of the IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC)*, 2018, pp. 1–7. IEEE. <https://doi.org/10.1109/SAIC.2018.8516889>.
- [7] Shah T. J. & Banday M. T. (). A review of contemporary image compression techniques and standards. In *Examining fractal image processing and analysis*, 2020, pp. 121–157. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-0066-8.ch006>.
- [8] Kozlovskiy V. V., Savchenko A. S., Tolstikova O. V. & Klobukova L. P. The criteria of choice of spectral-efficient signals in wireless informational networks. *Science-Based Technology*, 56(4), 2022, pp. 268–273. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.56.17125>.
- [9] Krasnorutsky A., Barannik V., Shulgin S., Kolesnyk V., Kharchenko N. & Revva K. Integration of video image decryption coding into a remote video information service. In *Proceedings of the 2023 IEEE 5th International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT)*, 2023, November. PP. 1–6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/AICT61584.2023.10452679>.
- [10] Garg G. & Kumar R. Analysis of image types, compression techniques and performance assessment metrics: A review. *Journal of Information and Optimization Sciences*, 2022, 43(3), 429–436. <https://doi.org/10.1080/02522667.2022.2037282>.
- [11] Barannik V., Babenko Y., Kulitsa O., Barannik D., Khimenko V. & Musienko A. Significant microsegment transformants encoding method to increase the availability of video information resource. In *2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information*

- Theory (ATIT)*, 2020, November. PP. 52–56). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ATIT50783.2020.9349256>.
- [12] Uthayakumar J., Elhoseny M., & Shankar K. Highly reliable and low-complexity image compression scheme using neighborhood correlation sequence algorithm in WSN. *IEEE Transactions on Reliability*, 69(4), 2020, pp. 1398–1423. <https://doi.org/10.1109/TR.2020.2972567>.
- [13] Krasnorutsky A., Onyshchenko R., Barannik, D. & Barannik V. (). The methods of intellectual processing of video frames in coding systems in progress aeromonitor to increase efficiency and semantic integrity. In *2022 IEEE 4th International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, 2022, December, pp. 53–56. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ATIT58178.2022.10024208>.
- [14] Rodríguez-Carvajal R., Meyer T. & Rüdel H. Comparing Freeman Chain Code 4 adjacency algorithm and LZMA compression. In *Journal of Physics: Conference*, 2021, February Series Vol. 1783, Article 012045). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012045>.
- [15] Barannik V. V., Havrylov D. S., Hurzhii P. M., Kolesnyk V. O. & Tsimura Y. V. Adaptive integer arithmetic coding with RLE-transform. *Systems and Technologies of Communication, Informatization and Cybersecurity*, 3, 2023, pp. 5–13. <https://doi.org/10.58254/viti.3.2023.01.05>.
- [16] Odarchenko R. S., Ivanova M. S., Ryabenko M. S. & Al-Mudhafar Akil Abdulhussein, M. (). Method of analyzing dependencies between QoE and QoS parameters based on machine learning algorithms. *Science-Based Technology*, 56(4), 2023, pp. 305–316. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.56.17130>.
- [17] Barannik V. & Shiryayev A. Quadrature compression of images in polyadic space. In *Proceedings of the International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science*, 2012, p. 422. INSPEC Accession Number: 12713484.
- [18] Qasim A. J., Din R. & Ahmed Alyousuf F. Q. Review on techniques and file formats of image compression. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(2), 2020, pp. 602–610. <https://doi.org/10.11591/eei.v9i2.2085>.
- [19] Lang H., Beischl A., Leis V., Boncz P., Neumann T. & Kemper A. (). Tree-encoded bitmaps. In *Proceedings of the 2020 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 2020, pp. 937–967. ACM. <https://doi.org/10.1145/3318464.3380588>.
- [20] Barannik V., Khimenko V. & Barannik N. Development of an adaptive arithmetic coding method to the sequence of bits. In S. Zawislak & J. Rysiński (Eds.), *Engineer of the XXI Century: Mechanisms and Machine Science*, 2020. Vol. 70, pp. 203–204). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13321-4_18.
- [21] Tsimura Y., Kostromytskyi A., Suhanov O. & Dumych S. Method of encoding video data in spectral-parametric space. In *Information and Communication Technologies, Electronic Engineering*, 2024. Vol. 4, No. 1, pp. 61–69). ICTEE. <https://doi.org/10.23939/ict2024.01.061>.
- [22] Barannik V., Khimenko V. & Barannik N. Method of indirect information hiding in the process of video compression. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2021, (4), 119–131. <https://doi.org/10.32620/reks.2021.4>.
- [23] Barannik V., Krasnorutsky A., Kolesnik V., Barannik V., Pchelnikov S. & Zeleny P. Compression method in terms of ensuring the fidelity of video images in infocommunication networks. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2022, (4), 10–24. <https://doi.org/10.32620/reks.2022.5/09>.
- [24] Barannik V., Sidchenko S., Barannik D., Babenko M., Manakov V., Kulitsa O., Kuzmin, O. A method of scrambling for the system of cryptocompression of codograms service components. In M. Klymash, A. Luntovskyy, M. Beshley, I. Melnyk, & A. Schill (Eds.), *Emerging networking in the digital transformation age* (Lecture Notes in Electrical Engineering, 2023. Vol. 965, pp. 444–459). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24963-1_26.
- [25] Barannik V. V., Krasnorutsky A. O., Kolesnyk V. O., Sushko A. L., Eliseev E. S. & Fedorovskiy O. V. Video segments stamping method saving their reliability in the spectral-cluster space. *Visnyk NTUU “KPI” Seriya: Radiotekhnika. Radio-aparatobuduvannia*, 2023, 92, 41–53. <https://doi.org/10.20535/RADAP.2023.92.41-53>.
- [26] Tsimura Y., Yeliseiev Ye., Barannik V. V., Babenko M. V. & Tarasenko D. Method of clustering a sequence of transformants by structural features of their spectral-parametric description. *Наукоємні технології*, 2024, 62(2), 185–192. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.62.18712>.
- [27] Barannik V., Barannik V., Babenko Y., Kolesnyk V., Zeleny P., Pasynchuk K., Ushan V., Yermachenkov A. & Savchuk M. Method of coding video images based on meta-determination of segments. In *Digital ecosystems: Interconnecting advanced networks with AI applications* (Lecture Notes in Electrical Engineering, 2024. Vol. 1198, pp. 566–589). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61221-3_27.
- [28] Barannik V. V., Krasnorutsky A. O., Kolesnyk V. O., Pchelnikov S. I., Babenko Yu. M. & Sheigas, O. M.

- A method of coding video segments in spectral-cluster space with detection of structural features. *Visnyk NTUU "KPI" Seriya: Radiotekhnika. Radioaparaturbuduvannia*, 2022, (90), 21–30. <https://doi.org/10.20535/RADAP.2022.90.21-30>.
- [29] Barannik V. & Karpenko S. (). Method of the 3-D image processing. In *Proceedings of the International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET)*, 2008, February, pp. 378–380. Lviv-Slavsko, Ukraine.
- [30] Barannik V., Berchanov A., Barannik V. & Babenko M. Method of mini segments encoding in difference space using Haar wavelet. In *Proceedings of the 2023 IEEE 5th International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT)*, 2023, November, pp. 1–4. IEEE. <https://doi.org/10.1109/AICT61584.2023.10452674>.
- [31] Barannik V. V., Elisseyev Y. S., Tsimura Y. V., Babenko M. V. & Ushan V. M. Method of compression of clustered transformants based on block coding with locally-monotonic length determination. *Science-Based Technology*, 2024, 63(3), 274–281. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.63.18971>.

Бараннік В. В., Берчанов А. А.

МЕТОД БІФУРКАЦІЇ БІТОВИХ ПЛОЩИН В СИСТЕМАХ ОБРОБКИ ІНФРАЧЕРВОНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

У статті представлено підхід до обробки інфрачервоних зображень із широким динамічним діапазоном — метод біфуркації бітових площин, що забезпечує ефективне стиснення даних без втрати критичної температурної інформації. Актуальність дослідження обумовлена зростаючою роллю інфрачервоних технологій у сфері технічної діагностики, медицини, безпеки та енергетики, де традиційні методи стиснення часто виявляються непридатними через втрату діагностично значущих деталей. Звідси сформована **науково-прикладна задача**: підвищення ефективності обробки та кодування інфрачервоних зображень. Сучасні методи обробки інфрачервоних знімків спираються на застарілі кодекси, що не враховують специфіку інфрачервоних зображень, або є закритими пропрієтарними технологіями, що недоступні для широкого застосування. Тому **мета статті** полягає у розробці методу біфуркації бітових площин інфрачервоних зображень для підвищення ефективності їх обробки та кодування. Запропонований метод ґрунтується на екстракції старших і молодших біт із 16-бітного зображення, що дозволяє зменшити розрядність до 8 біт, зберігаючи основну семантичну структуру у старших бітах та дрібні деталі — у молодших. Проведено математичне обґрунтування алгоритму, описано його реалізацію та представлено результати експериментального дослідження. Зокрема, показано, що застосування біфуркації дозволяє підвищити коефіцієнт стиснення в середньому на 22% порівняно з прямим стисненням повнорозрядного зображення, при цьому збільшення середньоквадратичного відхилення залишається в межах, які не призводять до візуально помітних спотворень. Метод не вимагає спеціалізованого апаратного забезпечення, має низьку обчислювальну складність і є придатним для використання в мобільних або енергообмежених системах. Результати дослідження закладають підґрунтя для розвитку методів контекстно-орієнтованої обробки й адаптивного стиснення тепловізійних зображень.

Ключові слова: інфрачервоні зображення, обробка інфрачервоних зображень, стиснення інфрачервоних зображень, зображення із широким динамічним діапазон, бітовий простір, бітові площини, біфуркація бітових площин.

Barannik V., Berchanov A.

METHOD OF BIFURCATION OF BIT PLATES IN INFRARED IMAGE PROCESSING SYSTEMS

The article presents an approach to processing infrared images with a wide dynamic range - the bit plane bifurcation method, which provides effective data compression without losing critical temperature information. The relevance of the study is due to the growing role of infrared technologies in the field of technical diagnostics, medicine, security and energy, where traditional compression methods often prove unsuitable due to the loss of diagnostically significant details. Hence, a scientific and applied task has been formed: increasing the efficiency of processing and encoding infrared images. Modern methods of processing infrared images rely on outdated codecs that do not take into account the specifics of infrared images or are closed proprietary technologies that are not available for widespread use. Therefore, the aim of the article is to develop a method of bifurcating bit planes of infrared images to increase the efficiency of their processing and encoding. The proposed method is based on the extraction of high and low bits from a 16-bit image, which allows reducing the bit depth to 8 bits, preserving the main semantic structure in high bits and small details in low bits. The algorithm is mathematically substantiated, its implementation is described, and the results of an experimental study are presented. In particular, it is shown that the use of bifurcation allows increasing the compression ratio by an average of 22% compared to direct compression of a full-bit image, while the increase in the standard deviation remains within limits that do not lead to visually noticeable distortions. The method does not require specialized hardware, has low computational complexity, and is suitable for use in mobile or energy-constrained systems. The results of the study lay the foundation for the development of methods for context-oriented processing and adaptive compression of thermal images.

Keywords: infrared images, infrared image processing, infrared image compression, wide dynamic range images, bit space, bit planes, bit plane bifurcation.

Стаття надійшла до редакції 23.04.2025 р.
Прийнято до друку 11.06.2025 р.