

враховуючи потреби та темп кожного здобувача вищої освіти. Це дозволяє ефективніше залучати усіх учасників освітнього процесу, роблячи його більш цікавим та зрозумілим.

Крім того, телеграм боти забезпечують постійний доступ до освітніх ресурсів. Вони можуть надавати необхідну інформацію, завдання та матеріали для вивчення в будь-який час доби, що підвищує гнучкість освітнього процесу. Такий безперервний доступ сприяє більш ефективному використанню часу та підвищує продуктивність освіти.

Завдяки використанню ботів можливе створення інтерактивних освітніх сценаріїв. Це означає, що учасники освітнього процесу можуть взаємодіяти з ботами, вирішувати завдання, відповідати на питання та отримувати негайний зворотний зв'язок. Це сприяє поглибленому засвоєнню матеріалу та розвитку критичного мислення.

Не останню роль у цьому відіграє також можливість миттєвої зворотного зв'язку та підтримки від викладачів чи наставників за допомогою ботів. Вони надають пояснення, допомагають у вирішенні труднощів та спонукають учасників освітнього процесу до активної участі.

Отже, телеграм боти відіграють важливу роль у підвищенні якості цифрової трансформації освітнього середовища. Вони забезпечують індивідуалізований підхід до освіти, доступ до освітніх ресурсів, інтерактивність та підтримку, сприяючи ефективному засвоєнню знань та розвитку компетентностей учасників освітнього процесу. Загалом, використання телеграм ботів у освітньому процесі відкриває широкі перспективи для забезпечення якісної цифрової трансформації освітнього середовища. Їх індивідуалізованість, можливість неперервної освіти та створення платформ для співпраці допомагають створити більш ефективну, зручну та стимулюючу освітню обстановку, що сприяє зростанню рівня засвоєння знань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чорний В. Нові соціальні медіа та соціальні мережі в освітньому процесі. Військова освіта. 2019. Т. 37, № 1. С. 286–295. URL: <https://doi.org/10.33099/2617-1783/2018-1/286-295> (дата звернення: 31.08.2023).
2. Ярмолюк О. Я., Фісун Ю. В., Шаповалова А. А. Соціальні мережі як сучасний інструмент просування. Підприємництво та інновації. 2020. № 11-2. С. 62–65. URL: <https://doi.org/10.37320/2415-3583/11.28> (дата звернення: 31.08.2023).
3. Бречко В. В. Розробка системи гейміфікації навчального процесу на основі Телеграм бота : thesis. 2021. URL: <http://ir.stu.cn.ua/123456789/24992> (дата звернення: 31.08.2023).

ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРЕСУЮЧОГО ІСРАРХІЧНОГО СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ БЕЗ ВТРАТ

Шпортько О. В.

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних систем та обчислювальних методів
Приватного вищого навчального закладу
«Міжнародний економіко-гуманітарний університет
імені академіка Степана Дем'янчука»

Як відомо, зображення суттєво полегшують і прискорюють сприйняття інформації людиною. Саме тому у сучасному світі вони є невід'ємною складовою мультимедійної інформації, яка найчастіше створюється, накопичується і зберігається на цифрових носіях та передається каналами зв'язку [1]. Компресія відповідних файлів зображень дає змогу пропорційно підвищити швидкість обміну інформацією по мережі та зменшити обсяги використання дискового простору. Всі графічні формати та методи, що в них використовуються, за принципом стиснення даних зображень поділяють на два основні класи: з втратами та без втрат [2]. І якщо для переважної більшості алгоритмів компресії зображень з втратами можна забезпечити потрібний коефіцієнт стиснення (відношення розмірів стиснутого до нестиснутого файлів зображення, надалі – КС) за рахунок погіршення якості, то рівень стиснення зображень без втрат залежить, власне, лише від перепадів кольорів їх пікселів та самого алгоритму стиснення, не регулюється програмно і становить в середньому тільки 30-70 % [2]. На сьогодні дизайнери та розробники Web-сайтів найчастіше зберігають фотореалістичні зображення у форматі JPEG, а дискретно-тонові і ті, де втрати неприпустимі, – у форматі PNG. Більшість зображень зберігаються в колірній моделі RGB з розрядністю дискретизації 8 бітів, яка є, фактично, стандартною для ОС сімейства Windows [2]. Тобто колір кожного пікселя задається трьома байтами, які послідовно містять яскравості його червоної, зеленої та синьої компоненти.

Опрацювання яскравостей пікселів зображень у популярних графічних форматах, які виконують стиснення без втрат, найчастіше здійснюється послідовно по рядках зверху вниз, а у кожному рядку – поспіль зліва направо [3]. Як наслідок, вивести стиснуте зображення у цих форматах можливо лише після завершення декодування, а декомпресія знімків чи малюнків з мільйонами пікселів при такому способі обходу може тривати декілька секунд незалежно від розміру області чи роздільної здатності пристрою виводу.

Поряд з цим, для прискорення виводу великих зображень чи передачі їх по мережі для компресії з втратами вже розроблені графічні формати, які застосовують прогресуюче (поступальне) стиснення, що дає змогу поступово покращувати якість в процесі декодування (наприклад, вейвлети або прогресуючий чи ієрархічний JPEG [4; 5]). Розрізняють три основні способи прогресуючого стиснення зображень [2]: прогресуюче по співвідношенню сигнал/шум, коли спочатку передаються низькі просторові частоти, а потім – високі; прогресуюче по кольору, де спочатку передається чорно-білий аналог зображення, а потім додаються кольори та відтінки, а також прогресуюче ієрархічне стиснення з поступовою деталізацією. Перший спосіб найчастіше використовується у форматах компресії з втратами, другий спричиняє зміну кольорів пікселів, тому ми використовуємо прогресуючий ієрархічний спосіб обробки зображень.

В процесі застосування цього способу опрацювання зображення його пікселі обходять пошарово, збільшуючи щоразу роздільну здатність (прогресуюча

складова). При цьому в процесі послідовної обробки даних чергового шару використовують дані попередніх шарів (ієрархічна складова). Зображення з пікселів чергового шару фактично є зменшеною у декілька разів (найчастіше – у чотири) копією зображення з пікселів наступного шару, а останній шар співпадає з вхідним зображенням. Тому під час прогресуючого ієрархічного декодування деталі зображення проявляються поступово [2].

Будь-яке стиснення даних можливе за рахунок зменшення чи ліквідації надлишковостей [1]. В зображеннях розрізняють три основні типи надлишковостей [6]: візуальну (полягає в наявності інформації, яка не сприймаються зоровою системою людини), міжелементну або просторову (проявляється в корельованості яскравостей суміжних пікселів чи компонентів колірної моделі) та кодову (виявляється при використанні кодів однакової довжини для елементів з різними ймовірностями). Чим більше видів надлишковостей кожного типу опрацьовуються графічним форматом – тим ефективніше стиснення. В процесі стиснення без втрат інформація не втрачається, тому перший тип надлишковостей не зменшується.

Стиснення зображень без втрат для зменшення надлишковостей другого та третього типів в архіваторах та графічних форматах найчастіше відбувається максимум в чотири етапи: на першому контекстно-залежне кодування зменшує надлишковості між однаковими фрагментами чи фрагментами з однаковою структурою (зменшує міжелементну надлишковість, може використовуватися і перед четвертим етапом); на другому етапі виконується перехід до альтернативної колірної моделі [7]; на третьому – яскравості компонентів пікселів перетворюються за допомогою предикторів [8] (другий та третій етапи не стискають зображення, але збільшують нерівномірність розподілу яскравостей і тому підвищують ефективність четвертого етапу, тобто збільшують кодову надлишковість за рахунок зменшення міжелементної); на четвертому етапі контекстно-незалежне кодування формує коди елементів з довжинами, залежними від їх ймовірностей (опрацьовує кодову надлишковість). Контекстно-незалежне кодування може навіть застосовуватися замість контекстно-залежних кодів яскравостей окремих пікселів, якщо це додатково зменшує КС [9].

Однакові фрагменти чи фрагменти з однаковою структурою в основному трапляються в дискретно-тонових зображеннях, тому контекстно-залежне кодування, як правило, мало ефективно для фотореалістичних знімків. Отже, єдиним універсальним етапом стиснення зображень без втрат є контекстно-незалежне кодування [10], а інші етапи необов'язкові.

Зупинити декодування зображень, опрацьованих прогресуючим ієрархічним способом обходу, можливо вже після декомпресії шару з кількістю пікселів, не меншою від області виводу по кожній з осей, не очікуючи відтворення всього зображення. Тому розробка методів та графічного формату компресії зображень без втрат з використанням принципів прогресуючого ієрархічного опрацьовання є на сьогодні актуальним завданням. Для вирішення цього завдання ми займаємося вдосконаленням розробленого нами безкоштовного формату прогресуючого ієрархічного стиснення зображень без втрат HBF-LS [11] та підтримкою використання цього формату у програмному забезпеченні.

ЛІТЕРАТУРА

1. D. Selomon, A Guide to Data Compression Methods, Springer, New York, 2002, 295 p.
2. J. Miano, Compressed Image File Format: JPEG, PNG, GIF, XBM, BMP, Addison Wesley, New York, 1999, 264 p.
3. Шпортко О. В. Підвищення ефективності стиснення кольорових зображень у форматі PNG. Дис. ... канд. техн. наук. Рівненський державний гуманітарний університет. Рівне, 2010. 195 с.
4. G. Wallace, The JPEG still picture compression standard, Communication of ACM, 34 (1991) 30-44.
5. Шпортко О. В., Бомба А. Я., Янчук П. С., Шпортко В. О. Застосування різницевих колірних моделей з цілими і напівцілими коефіцієнтами для стиснення зображень в модифікованому графічному форматі JPEG. Вісник Національного університету "Львівська політехніка" (Серія: Інформаційні системи та мережі). 2019. № 5. С. 14-25.
6. R. Gonzalez, R. Woods, Digital Image Processing, 4th ed., Pearson, London, 2017, 1192 p.
7. Shportko A. V., Bomba A. Ya., Postolatii V. A. Programming the Formation of Difference Color Models for Lossless Image Compression. Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS 2023) : Proceedings of the 7th International Conference. (Kharkiv, 20-21 Apr 2023). Vol. 3. P. 53-68. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-3403/paper5.pdf>.
8. Shportko A., Postolatii V. Development of Predictors to Increase the Efficiency of Progressive Hierarchic Context-Independent Compression of Images Without Losses. Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS 2021) : Proceedings of the 5th International Conference on (Kharkiv, 22-23 apr. 2021). ceur-ws.org. Vol. 2870. P. 1026-1038. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2870/paper77.pdf>.
9. Shportko A. V., Bomba A. Ya., Postolatii V. A. Rejection of the Inefficient Replacements while Forming the Schedule of the Modified Algorithm LZ77 in the Process of Progressive Hierarchical Compression of Images without Losses. Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS 2022) : Proceedings of the 6th International Conference (Gliwice, Poland, 12-13 May 2022). ceur-ws.org. Vol. 3171. P. 1594-1605. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-3171/paper113.pdf>.
10. Шпортко О. В. Використання предикторів в процесі прогресуючого ієрархічного контекстно-незалежного стиснення зображень без втрат. Вісник Національного університету "Львівська політехніка" (Серія: Комп'ютерні науки та інформаційні технології). 2013. № 771. С. 354-364.
11. А. с. 58216 України. Специфікація графічного формату HBF-LS. Версія 1.0 / О. В. Шпортко. № 58665; заявл. 24.11.2014; опубл. 22.01.2015.

ЦИФРОВІ ТОВАРИ ДЛЯ ONLINE ПРОДАЖУ

Юскович-Жуковська В. І.

кандидат технічних наук, доцент,
декан факультету кібернетики

Приватного вищого навчального закладу
«Міжнародний економіко-гуманітарний
університет імені академіка Степана Дем'янука»

Богут О. М.

старший викладач кафедри інформаційних систем та ОМ