УДК 655.5+004.4.27

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ФОРМАТУ АУДІОДАНИХ ДЛЯ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ВИДАНЬ

Т. Ю. Киричок, Я. В. Зоренко, Т. В. Горова, К. І. Золотухіна

Видавничо-поліграфічний інститут КПІ ім. Ігоря Сікорського, вул. Академіка Янгеля, 1/37, Київ, 03056, Україна

Здійснено систематизацію сучасних форматів аудіоінформації для мультимедійних електронних видань. Встановлено фактори впливу на процес обробки аудіоінформації на основі аналітичного огляду фахової літератури та розробленої причинно-наслідкової діаграми факторів. Проаналізовано сучасні технології збереження даних для мультимедійних електронних видань та визначено доцільність застосування для них поширених форматів аудіоданих. На основі проведеного дослідження запропоновано пріоритетні параметри для вибору раціонального формату аудіоданих, а саме якість відтворення, швидкість завантаження аудіодоріжки на пристрій користувача та розмір файлу аудіоданих. На основі застосованого методу аналізу ієрархій розроблено ієрархічне представлення задачі вибору раціонального формату файлу аудіоданих для використання у мультимедійних електронних виданнях на прикладі аудіокниг. Визначено раціональний формат аудіоданих для мультимедійних видань, що характеризується прийнятним співвідношенням якості відтворення аудіоінформації до розміру аудіофайлу.

Ключові слова: *мультимедійні видання, електронні видання, аудіофайл, аудіокниги, аудіоінформація, стиснення даних, FLAC, OGG, MP3, WAV.*

Постановка проблеми. У багатьох сферах людської діяльності виникає потреба раціонального вибору об’єкта з максимальною кількісною оцінкою його якості, що вимагає проведення аналізу складних, багатоаспектних та суперечливих об’єктів. Тому при проведенні порівняльного аналізу будь-яка галузь розглядається не вузькопредметно, а у взаємодії різних об’єктів (компонентів) системи. Поліграфічна галузь не є виключенням, оскільки при розробці будь-якого поліграфічного продукту виникає питання у виборі, наприклад, раціонального програмного та апаратного забезпечення, виокремлення певних параметрів для удосконалення технологічних процесів тощо.

Сучасні цифрові технології стрімко займають передові позиції у повсякденному житті суспільства, тому варто звернути увагу на такий специфічний вид поліграфічної продукції, як аудіокниги та мультимедійні електронні видання, які містять аудіоінформацію. На технологічність електронного мультимедійного видання, мультимедійного додатка із звуковим супроводом, аудіокниги тощо буде впливати багато факторів, серед яких є якість відтворення звуку. Формат аудіоінформації, її

обсяг впливатиме на продуктивність відтворення мультимедійного контенту, зокрема на швидкість відтворення аудіо за запитом користувача або автоматично при завантаженні видання/додатка із аудіосупроводом; відтворення звуку або відсутність програвання на пристроях користувачів; якість відтворення аудіо (гучність звучання, відсутність артефактів та шумів, темп відтворення) тощо. Використання аудіоінформації в мультимедійних виданнях може суттєво полегшити та урізноманітнити сприйняття контенту. Але разом з перевагами використання аудіоінформації виникає питання про раціональне співвідношення якості відтворення аудіоінформації та розміру аудіофайлу. Тому проведення аналізу впливу на якість аудіоінформації різних факторів, зокрема й розміру аудіофайлу, є актуальним на сьогодні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження, присвячені аналізу різноманітних мультимедійних форматів, переважно містять визначення впливу технології стиснення даних на якість відтворення аудіо- та відеоінформації [1–4], а також аналізу форматів збереження даних для мультимедійних електронних видань [5–8]. Однак недостатньо уваги присвячено комплексному вибору раціонального формату аудіоданих для мультимедійних видань.

Мета статті полягає у систематизації сучасних форматів аудіоінформації, визначенні факторів впливу на процес обробки аудіоінформації та доцільності застосування поширених форматів аудіоданих для мультимедійних видань.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оскільки для мультимедійних електронних видань передання та зберігання інформації вимагають чималих витрат ресурсів [14], є потреба у визначенні раціонального формату аудіоданих. Тому на основі аналітичного аналізу фахової літератури, використавши підходи створення діаграми Ісікава [15], було розроблено причинно-наслідкову діаграму факторів, що впливають на процес опрацювання аудіоінформації (рис. 1).

Проаналізувавши фактори впливу на якість аудіоінформації, можна зробити висновок, що, окрім технології та технологічних параметрів, на якість звукового файлу та процес обробки аудіоінформації в цілому впливають такі фактори, як характеристики апаратного забезпечення, функціональні можливості програмного забезпечення, рівень і класифікація персоналу тощо.

Не менш важливим є кінцевий результат, тобто якісне відтворення аудіо на пристроях користувачів. Для цього параметри звукових файлів повинні відповідати вимогам технологічного завдання, зміст якого повністю залежить від призначення майбутнього видання чи продукту. В процесі створення та опрацювання аудіоінформації варто враховувати наявні обмеження, обумовлені типом платформи та операційної системи, зокрема: обсяг аудіоінформації, необхідний об’єм оперативної пам’яті для відтворення аудіоскладової, критичне навантаження на центральне процесорне управління, наявність чи відсутність апаратних можливостей для програвання звуку (декодер, MIDI-синтезатор). Наявність відповідного програмного забезпечення, кодеків, належний стан апаратно-технічного забезпечення та обізнаність користувача також впливатимуть на якість відтворення аудіоінформації.

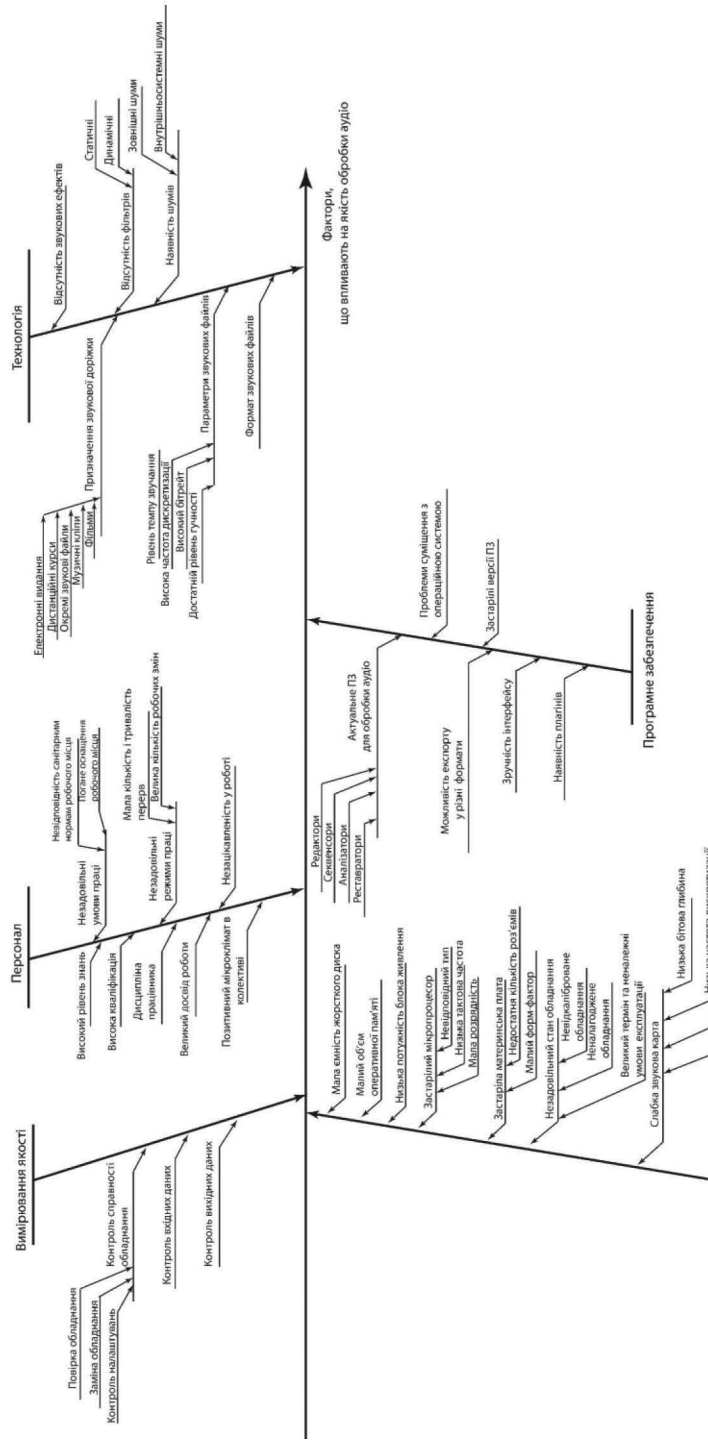

Рис. 1. Причинно-наслідкова діаграма факторів впливу на якість процесу обробки аудіоінформації

Якщо ж говорити безпосередньо про раціональне співвідношення якість – відтворення аудіоінформації до розміру аудіофайлу, то основним параметром при розробці аудіокниги чи мультимедійного видання є вибір формату звукових файлів. Раціональний вибір аудіоформатів при створенні мультимедійних видань та аудіокнижок дуже важливий, тому доцільно провести детальний аналіз найбільш поширених форматів та обрати найраціональніший. Грамотний вибір формату аудіофайлу сприятиме підвищенню технологічності мультимедійного електронного видання із аудіосупроводом, аудіокнижки, мультимедійного додатка тощо. Забезпечуватиметься економія пам'яті, необхідної для збереження та відтворення продукту на пристрої користувача, скорочення часу на відтворення, оптимізація логічних операцій у процесі використання продукту.

Звукові формати, що використовуються для збереження аудіо компоненти, умовно поділяються на дві групи: потокове аудіо (для негайного відтворення) та музичні формати (не містять кінцевого звуку, а вміщують інформацію про те, як його отримати). Саме різноманітні аудіоформати використовуються при створенні електронних мультимедійних видань, аудіокнижок, оскільки завжди є обмеження щодо обсягів файлів, об'ємів пам'яті, можливостей відтворення форматів тощо.

Формати звукових файлів традиційно поділяють на декілька груп – це формати без стиснення [1], формати зі стисненням без втрати інформації, формати з контрольованою втратою інформації [2–4]. Розподіл найпоширеніших форматів звукових файлів за такою класифікацією наведено на рис. 2. Для якісного відтворення звуку слід обирати формати без стиснення або формати зі стисненням без втрати інформації, оскільки вони не погіршують якість відтворення аудіоінформації.

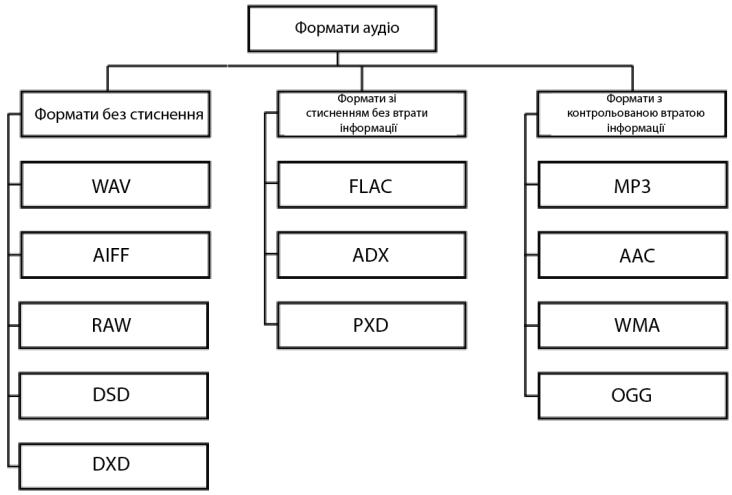

Рис. 2. Класифікація форматів аудіоінформації

Якщо ж розглядати безпосередньо формати аудіоінформації для розміщення їх у електронних мультимедійних виданнях, то потрібно звертати увагу на вимоги до

форматів електронних видань. Тут неминуче використання стиснутого аудіо. Як правило, зі звукового сигналу видаляється інформація, малопомітна для слуху. У результаті, незважаючи на зміну форми і спектра сигналу, його слухове сприйняття практично не змінюється, а ступінь стиснення виправдовує незначне зменшення якості. Прийоми видалення частини інформації базуються на особливості людського слуху: при наявності в спектрі звуку виражених піків (гармонік, що переважають) слабші частотні складові в безпосередній близькості від них слухом практично не сприймаються (маскуються). При кодуванні весь звуковий потік розбивається на дрібні частини, кожна з яких перетворюється в спектральне подання і ділиться на ряд частотних смуг. Усередині смуг відбувається визначення і видалення звуків, що маскуються, після чого кожен кадр піддається адаптивному кодуванню прямо в спектральній формі. Ці операції дозволяють значно (в декілька разів) зменшити обсяг даних при збереженні якості, прийнятної для більшості слухачів.

Оскільки найпоширенішими технологіями, або ж форматами збереження даних для електронних видань, є кросплатформенні формати PDF, ePUB, SWF та HTML, то необхідно розглянути, які формати аудіоінформації підтримуються саме в них. Технологія ePUB підтримує аудіофайли MP3 [10]. Для експорту видання в інтерактивний формат даних PDF [9] або SWF [11] найкраще використовувати аудіофайл MP3. Для технології HTML можна використовувати аудіофайли формату WAV, MP3, OGG, але необхідно звернути увагу, в якому браузері буде відкрито видання. Наприклад, браузер Google Chrome підтримує всі перераховані формати, натомість браузер Internet Explorer підтримує тільки MP3 та AAC, браузери Opera та Firefox підтримують аудіофайли форматів WAV та OGG, а браузер Safari, відповідно, аудіофайли форматів WAV, MP3 та AAC [12].

Аудіокниги створюються також із застосуванням широкого кола аудіофайлів, зокрема це формати MP3, WAV, OGG, FLAC, AAC та m4b [15]. Проаналізувавши вивчену літературу щодо використання аудіоформатів у електронних мультимедійних виданнях [9–13], можемо зробити висновок, що найчастіше використовуються такі формати, як MP3, WAV, OGG VORBIS та FLAC.

Формат MP3 наразі є найпопулярнішим форматом аудіоданих, оскільки його можна використовувати на всіх операційних системах. Це формат з контрольованою втратою інформації, яка використовується для видалення великої кількості зайвих даних, які більшість з користувачів не почує при прослуховуванні [2–4, 12].

Формат WAV належить до форматів без стиснення, через це йому притаманне дуже якісне відтворення аудіоінформації. Недоліком цього формату є розмір аудіофайлів – порівняно з MP3, OGG VORBIS та FLAC він є дуже великим [1, 12].

OGG VORBIS – це також формат з контрольованою втратою інформації. Його відмінністю є те, що він має відкритий вихідний код файлів. Цей формат, як і MP3, підтримується всіма операційними системами і є прямим конкурентом MP3 [2–4, 15].

FLAC – це формат зі стисненням без втрати інформації. Він також має відкритий код, але, на відміну від MP3, він стискає файл без видалення будь-якої інформації, тому якість відтворення файлів у такому форматі значно краща, ніж у MP3 та OGG VORBIS [2–4, 15].

Вважаємо, що для подальшого дослідження слід обрати саме вищеперераховані формати. Для оптимального вибору об'єкта необхідно провести кількісну оцінку його якості, що враховує певні критерії. Завдання оцінки якості належить до багатокритеріальних завдань оптимізації. Відомо багато підходів до вирішення таких завдань [16]:

– застосування теорії корисності для багатокритеріального вибору альтернатив з дискретної безлічі в умовах ризику і невизначеності;
– зведення багатокритеріальної задачі до задачі скалярної оптимізації за допомогою деякої згортки векторного критерію;
– розробка людино-машинних процедур рішення багатокритеріальних задач оптимізації в інтерактивному режимі;
– метод аналізу ієрархій (МАІ), розроблений Томасом Л. Сааті [16], основною перевагою якого є висока універсальність.

Отже, доцільно застосувати МАІ Томаса Л. Сааті для розв'язання задачі вибору формату аудіоданих мультимедійних видань.

Таким чином, процес прийняття рішень щодо застосування певного формату аудіофайлів може розглядатися як задача багатокритеріального вибору, яку доцільно вирішити за допомогою МАІ, запропонованого Т. Сааті [18], шляхом представлення у вигляді домінантної ієрархії. Задача вибору ключового технологічного рішення належить до одного з трьох типів задач розподілу ресурсів, описаних Т. Сааті [17], коли відбувається вибір одного проєкту, котрий реалізується з використанням всіх наявних ресурсів. Застосування МАІ для структурування проблем дозволяє поєднати в одній ієрархічній структурі кількісну та якісну інформацію та отримати на основі експертних оцінок парних порівнянь елементів структури пріоритети альтернативних варіантів рішень, а також отримати обґрунтовані компроміси між кількома критеріями вибору.

На рис. 3 подано домінантну ієрархію від використання досліджуваних форматів аудіофайлів. Альтернативами, котрі досліджуються (останній рівень ієрархій), є такі формати аудіофайлів: WAV, FLAC, MP3 та OGG VORBIS.

У представленій ієрархії, побудованій в результаті декомпозиції проблеми, глобальною метою є раціональний формат файлу. Другим рівнем ієрархій є критерії досягнення глобальної мети: розмір файлу, якість відтворення, швидкість завантаження.

На наступному етапі дослідження необхідно визначити експертні оцінки важливості елементів завдання. Тому необхідно визначити оцінки важливості критеріїв та оцінки переваги об'єктів за кожним із критеріїв, для чого було застосовано метод парних порівнянь [18].

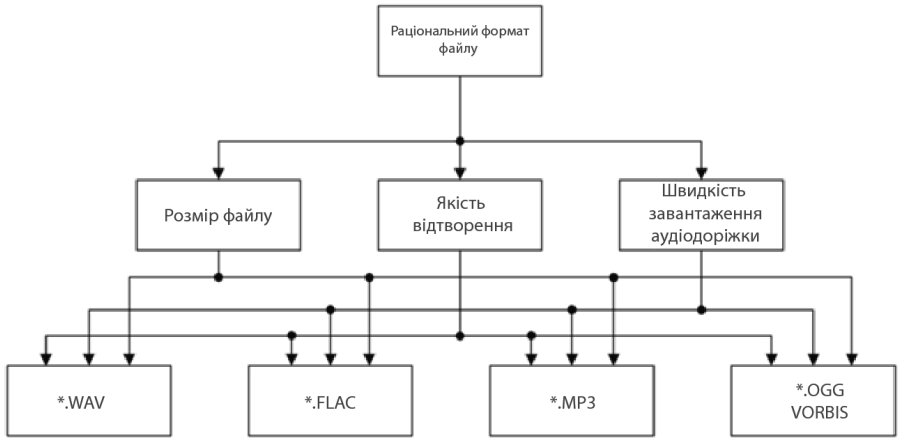

Рис. 3. Ієрархічне представлення задачі вибору аудіоформату звукових файлів

Для зручності в матрицях парних порівнянь вжито умовні позначки для елементів ієрархій:

К1 – розмір файлу;

К2 – якість відтворення;

К3 – швидкість завантаження.

Під час формування матриць парних порівнянь використано шкалу відношень (табл. 1), здійснено оцінювання важливості критеріїв експертами та виведено середнє значення (табл. 2).

Таблиця 1

Шкала відношень

Оцінка	Значимість факторів	Визначення
1	Однакова значимість	Однаковий вплив
3	Слабка (один фактор переважає над іншим)	Один фактор важливіший за інший
5	Суттєва чи сильна значимість	Один фактор має певну перевагу над іншим
7	Дуже сильна (очевидна) значимість	Значна перевага одного фактора над іншим
9	Абсолютна значимість	Абсолютна перевага
2,4,6,8	Проміжні	Визначення важливості має компромісне значення

Таблиця 2

Середні оцінки важливості критеріїв

	К1	К2	К3	Вектор пріоритетів	Сума всіх елементів вектора
К1	1	1.89	5	7,89	14,55
К2	0,52	1	3,67	5,19	
К3	0,2	0.27	1	1,47	

Склавши суму рядків матриці, виходимо на вектор пріоритетів матриці критеріїв (7,89; 5,19; 1,47). Розділивши кожний критерій на суму всіх елементів вектора, отримаємо нормалізований вектор пріоритетів (0,54; 0,35; 0,1). Сума нормалізованих елементів дорівнює 1. З цього випливає, що найбільш вагомими критеріями є розмір файлу (К1) та якість відтворення звуку (К2).

Далі було проведено оцінку альтернатив за кожним із критеріїв, наприклад, за критерієм «розмір файлу» (табл. 3).

Таблиця 3

Середня оцінка альтернатив за критерієм «розмір файлу»

	WAV	FLAC	MP3	OGG VORBIS
WAV	1	0,22	0,15	0,16
FLAC	4,43	1	0,18	0,17
MP3	6,43	5,57	1	0,33
OGG VORBIS	6,43	5,86	0,33	1

Згідно з оцінкою альтернатив за критерієм «розмір файлу» було отримано: вектор локального пріоритету (0,04; 0,17; 0,39; 0,4), власне значення матриці λ_{max}=4,14, індекс узгодженості ІУ=0,04 та відношення узгодженості ВУ=0,05.

Чим більший локальний пріоритет, тим краща альтернатива за даним критерієм, тому можна зробити висновок, що найкращими за розміром файлу є формати OGG VORBIS та MP3.

Аналогічно виконано порівняння всіх альтернатив за іншими критеріями. Далі було проведено оцінку альтернатив за критерієм «якість відтворення звуку» (табл. 4).

Таблиця 4

Оцінка альтернатив за критерієм «якість відтворення звуку»

	WAV	FLAC	MP3	OGG VORBIS
WAV	1	1	0,26	0,17
FLAC	1	1	0,2	0,11
MP3	3,86	4,14	1	0,2
OGG VORBIS	5,86	8,43	5	1

Згідно з оцінкою альтернатив за критерієм «якість відтворення звуку» було отримано: вектор локального пріоритету (0,07; 0,07; 0,27; 0,59), власне значення матриці λ_{max}=4,1, індекс узгодженості ІУ=0,049 та відношення узгодженості ВУ=0,55. З результатів видно, що найкращими за критерієм «якість відтворення звуку» є формати аудіо OGG VORBIS та MP3.

Далі було проведено оцінку альтернатив за критерієм «швидкість завантаження аудіодоріжки на пристрій користувача» (табл. 5).

Таблиця 5

Оцінка альтернатив за критерієм «швидкість завантаження аудіодоріжки на пристрій користувача»

	WAV	FLAC	MP3	OGG VORBIS
WAV	1	0,55	0,11	0,12
FLAC	1,79	1	0,11	0,14
MP3	8,71	8,43	1	2,14
OGG VORBIS	8,14	7,14	0,46	1

Згідно з оцінкою альтернатив за критерієм «швидкість завантаження аудіодоріжки на пристрій користувача» було отримано: вектор локального пріоритету (0,04; 0,07; 0,48; 0,40), власне значення матриці λ_{max}=4,09, індекс узгодженості ІУ=0,032 та відношення узгодженості ВУ=0,036. З результатів можна зробити висновок, що за критерієм «швидкість завантаження аудіодоріжки на пристрій користувача» найкращими є формати MP3, OGG VORBIS.

На наступному етапі проведено обробку експертних оцінок, які були отримані на попередньому етапі. Були розраховані глобальні пріоритети всіх альтернатив, що являють собою узагальнені оцінки важливості (переваги) цих альтернатив:

$$\begin{bmatrix} 0,04 & 0,07 & 0,04 \\ 0,17 & 0,07 & 0,07 \\ 0,39 & 0,27 & 0,48 \\ 0,40 & 0,59 & 0,40 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,54 \\ 0,35 \\ 0,10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,12 \\ 0,35 \\ 0,46 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$G_{WAV} = 0,05, G_{FLAC} = 0,12, G_{MP3} = 0,35$ та $G_{OGG} = 0,46$.

Отже, чим більший глобальний пріоритет, тим кращим є альтернатива (з урахуванням всіх критеріїв, а також з урахуванням їх важливості). З аналізу усіх розрахунків можна зробити висновок, що раціональним форматом аудіоданих є OGG, менш важливими є формати MP3 та FLAC, найменш придатним форматом аудіоданих для використання у мультимедійних виданнях виявився WAV.

Висновки. На основі розробленої причинно-наслідкової діаграми було встановлено основні позитивні та негативні фактори, що впливають на якість звуку. Для подальшого дослідження виокремлено основний фактор, а саме формат аудіо. На основі проведеного дослідження було розроблено класифікацію найпопулярніших форматів. За допомогою застосування MAI за Т. Сааті було отримано обґрунтовану оцінку розглянутих форматів, що дає можливість підібрати раціональний

формат аудіоданих для мультимедійного видання. Таким форматом, як показало дослідження, за сукупністю критеріїв якості є формат аудіоданих OGG.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hans M., Schafer R. W. Lossless compression of digital audio. IEEE Signal Processing Magazine, Cham. 2001. URL: https://doi.org/10.1109/79.939834 (дата звернення: 23.08.2021).
2. Mans Arora, Neha Maurya. Audio compression in MPEG technology. *International journal of Scientific an Research Publications.* 2013. Vol. 3. Issue 12.
3. Comparative Analysis of Modern Formats of Lossy Audio Compression / Zhurakovskyi B., Tsopa N., Batrak Y., Odarchenko R., Smirnova T. *Proceedings of the International Workshop on Cyber Hygiene.* Kyiv, Ukraine, 2019. November 30. P. 328–338.
4. Shahid Rahmani. Comparing Different Audio Compression Techniques, Galgotias University. *EasyChair*. 2020. URL: https://easychair.org/publications/preprint_open/CLmN (дата звернення: 23.08.2021).
5. Зоренко Я. В., Хохлова Р. А., Горова Т. В. Сучасний стан технологій опрацювання аудіоінформації для електронних мультимедійних видань. *Технологія і техніка друкарства*. 2019. Вип. 4 (66). С. 56–70. URL: https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(66).2019.201613 (дата звернення: 13.11.2021).
6. The best audio format types for audiophiles. *Adobe.com*. URL: https://www.adobe.com/creativecloud/video/discover/best-audio-format.html (дата звернення: 23.08.2021).
7. Tattersall Wallin E. Reading by listening: conceptualising audiobook practices in the age of streaming subscription services. *Journal of Documentation*. 2021. Vol. 77. No. 2. P. 432–448. URL: https://doi.org/10.1108/JD-06-2020-0098 (дата звернення: 13.11.2021).
8. Jackson W. An Introduction to Audio: Concepts and Optimization. Learn Android App Development. Apress, Berkeley, CA. 2013. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4302-5747-9_13 (дата звернення: 15.11.2021).
9. Playing video, audio, and multimedia formats in PDFs. *Adobe.com*. URL: https://helpx.adobe.com/acrobat/using/playing-video-audio-multimedia-formats.html (дата звернення: 15.11.2021).
10. Johan van der Knijff. EPUB for archival preservation: KB. National Library of the Netherlands. 2012. URL: https://openpreservation.org/system/files/epubForArchivalPreservation20072012ExternalDistribution.pdf (дата звернення: 15.11.2021).
11. Supported file formats for Flash Professional. *Adobe.com*. URL: https://helpx.adobe.com/flash/kb/supported-file-formats-flash-professional.html (дата звернення: 17.11.2021).
12. <audio>: The Embed Audio element. MDN Web Docs. URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML/Element/audio (дата звернення: 17.11.2021).
13. Jason Hamilton. Audiobook Formats and File Types: Which One is Best? 2021. URL: https://kindlepreneur.com/audiobook-formats/ (дата звернення: 17.11.2021).
14. Ning Xiang, Gerhard M. Bell Laboratories. Acoustics, Information, and Communication: Series TitleModern Acoustics and Signal Processing. Springer, 2015. P. 388. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-05660-9 (дата звернення: 18.11.21).
15. Analysis of technological process of cutting logs using Ishikawa diagram / Stefanovic S., Kiss I., Stanojevic D., Janjic N. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*. 2014. № 7 (4). P. 93.

16. Панкратова Н. Д., Недашківська Н. І. Моделі і методи аналізу ієрархій. Теорія. Застосування. Київ : НТУУ «КПІ», 2010. 372 с.
17. Киричок Т. Ю. Зносостійкість банкнотної продукції : монографія. Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 308 с.
18. Кульчицька Х. Б., Предко Л. С. Застосування методу аналізу ієрархій при виборі проекту в поліграфії. *Поліграфія і видавнича справа*. 2018. № 1 (75). С. 51–60.

REFERENCES

1. Hans, M., & Schafer, R. W. (2001). Lossless compression of digital audio. IEEE Signal Processing Magazine, Cham. Retrieved from https://doi.org/10.1109/79.939834 (data zvernennia: 23.08.2021) (in English).
2. Arora, M. & Maurya N. (2013). Audio compression in MPEG technology: International journal of Scientific an Research Publications, 3, 12 (in English).
3. Zhurakovskyi, B., Tsopa, N., Batrak, Y., Odarchenko, R., & Smirnova, T. (2019). Comparative Analysis of Modern Formats of Lossy Audio Compression: Proceedings of the International Workshop on Cyber Hygiene. Kyiv, Ukraine, November 30, 328–338 (in English).
4. Rahmani, S. (2020). Comparing Different Audio Compression Techniques, Galgotias University: EasyChair. Retrieved from https://easychair.org/publications/preprint_open/CLmN (data zvernennia: 23.08.2021) (in English).
5. Zorenko, Ya. V., Khokhlova, R. A., & Horova, T. V. (2019). Suchasnyi stan tekhnolohii opratsiuvannia audioinformatsii dlia elektronnykh multymediinykh vydan: Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva, 4 (66), 56–70. Retrieved from https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(66).2019.201613 (data zvernennia: 13.11.2021) (in Ukrainian).
6. The best audio format types for audiophiles. Adobe.com. Retrieved from https://www.adobe.com/creativecloud/video/discover/best-audio-format.html (data zvernennia: 23.08.2021) (in English).
7. Tattersall, Wallin E. (2021). Reading by listening: conceptualising audiobook practices in the age of streaming subscription services: Journal of Documentation, 77, 2, 432–448. Retrieved from https://doi.org/10.1108/JD-06-2020-0098 (data zvernennia: 13.11.2021) (in English).
8. Jackson, W. (2013). An Introduction to Audio: Concepts and Optimization. Learn Android App Development. Apress, Berkeley, CA. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-1-4302-5747-9_13 (data zvernennia: 15.11.2021) (in English).
9. Playing video, audio, and multimedia formats in PDFs. Adobe.com. Retrieved from https://helpx.adobe.com/acrobat/using/playing-video-audio-multimedia-formats.html (data zvernennia: 15.11.2021) (in English).
10. Johan van der Knijff. EPUB for archival preservation: KB. National Library of the Netherlands. (2012). Retrieved from https://openpreservation.org/system/files/epubForArchivalPreservation20072012ExternalDistribution.pdf (data zvernennia: 15.11.2021) (in English).
11. Supported file formats for Flash Professional. Adobe.com. Retrieved from https://helpx.adobe.com/flash/kb/supported-file-formats-flash-professional.html (data zvernennia: 17.11.2021) (in English).
12. <audio>: The Embed Audio element. MDN Web Docs. Retrieved from https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML/Element/audio (data zvernennia: 17.11.2021) (in English).

13. Hamilton, J. Audiobook Formats and File Types: Which One is Best? (2021). Retrieved from https://kindlepreneur.com/audiobook-formats/ (data zvernennia: 17.11.2021) (in English).
14. Ning, Xiang, & Gerhard, M. (2015). Bell Laboratories. Acoustics, Information, and Communication: Series TitleModern Acoustics and Signal Processing. Springer, 388. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-319-05660-9 (data zvernennia: 18.11.21) (in English).
15. Stefanovic, S., Kiss, I., Stanojevic, D., & Janjic, N. (2014). Analysis of technological process of cutting logs using Ishikawa diagram: Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering, 7 (4), 93 (in English).
16. Pankratova, N. D., & Nedashkivska, N. I. (2010). Modeli i metody analizu iierarkhii. Teoriia. Zastosuvannia. Kyiv : NTUU «KPI» (in Ukrainian).
17. Kyrychok, T. Yu. (2014). Znosostiikist banknotnoi produktsii. Kyiv : NTUU «KPI» (in Ukrainian).
18. Kulchytska, Kh. B., & Predko, L. S. (2018). Zastosuvannia metodu analizu iierarkhii pry vybori proektu v polihrafii: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 1 (75), 51–60 (in Ukrainian).

doi: 10.32403/0554-4866-2021-2-82-104-116

A RATIONAL AUDIO DATA FORMAT SELECTION FOR MULTIMEDIA PRODUCTIONS

T. Yu. Kyrychok, Ya. V. Zorenko, T. V. Gorova, K. I. Zolotukhina

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,
1/37, Yangel St., Kyiv, 03056, Ukraine
kuzmich-ttt@ukr.net

Systematization and review of modern formats of audio information for multimedia electronic publications according to the degree of their compression is carried out. Positive and negative factors affecting sound quality are identified. Factors influencing the process of audio information processing are established on the basis of an analytical review of the professional literature and the developed cause-and-effect diagram of factors. Modern technologies of data storage of multimedia electronic publications are analysed and the expediency of using generally accepted audio data formats for them is determined. Based on the study, the priority parameters for choosing a rational audio data format are proposed, namely the quality, speed of downloading the audio track to the user's device and the size of the audio data file. Based on the applied method of hierarchy analysis, a hierarchical representation of the problem of selecting a rational format of the audio data file for use in multimedia electronic publications on the example of audiobooks is developed. Average estimates of the importance of the identified priority parameters are determined. In addition, the average scores of all alternatives to the audio data format are determined according to the following criteria: file size, sound quality, speed of downloading the audio track

to the user's device. The global priority for each of the alternatives to the audio data format is considered.

Based on the results of the calculations, a rational format of audio data for multimedia publications is determined, which is characterized by an acceptable ratio of the quality of audio information to the size of the audio file.

Keywords: *multimedia editions, electronic editions, audio file, audiobooks, audio information, data compression, FLAC, OGG, MP3, WAV.*

Стаття надійшла до редакції 19.11.2021.
Received 19.11.2021.