



© Я. В. Зоренко, канд. техн. наук, доц., Р. А. Хохлова,  
канд. техн. наук, доц., Т. В. Горова, аспірантка,  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

### СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЙ ОПРАЦЮВАННЯ АУДІОІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОННИХ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ВИДАНЬ

В цій роботі наведено результати дослідження сучасного стану технологій опрацювання аудіоінформації для різного роду електронних видань; представлено розроблену систематизацію основних технологій стиснення зображень у системах поліграфічного репродукування, що різняться за основними ознаками: методами стиснення даних, алгоритмами кодування, класами зображення, величиною компресії та якістю зображення після кодування та систематизацію сучасного програмного забезпечення для обробки аудіоінформації та основних форматів файлів для збереження аудіоданих.

**Ключові слова:** аудіоінформація; мультимедіа; видання; патентний пошук; якість звучання; стиснення з втратою інформації; стиснення без втрати інформації; ACC; FLAC; MP3; WAV.

#### Постановка проблеми

Стрімкий розвиток цифрових технологій здійснив великий вплив на сучасні медіатехнології. Зокрема, на зміну традиційному телебаченню приходять різноманітні авторські канали з сервісу Youtube, тематичні блоги, активні стрічки новин із соціальних мереж, а також поліграфічні медіатехнології, що є цілком закономірним явищем. Все частіше громадськість віддає перевагу пошуку актуальної інформації через мережу Інтернет, де новини з'являються набагато оперативніше, ніж у друкованих газетах чи журналах. Тому, аби дізнатися актуальні новини,

достатньо мати при собі мобільний телефон, ноутбук чи планшет з доступом до глобальної мережі.

Однак, впродовж 2018 року інтернет-портал «Читомо» та проект «Gutenbergz» провели дослідження [1], в межах якого було виявлено, що найбільш поширеним різновидом дозвілля громадян є перегляд телевізійних передач, а далі за популярністю йде читання ЗМІ (зокрема інтернет ЗМІ), активність у соціальних мережах, сприйняття інформації через радіо та, зрештою, читання книжок. У відсотковому співвідношенні розподіл інформаційних медіа виглядає наступним чином: теле-



бачення — 58 %, ЗМІ — 31 %, соціальні мережі — 30 %, радіо — 22 %, книжки — 11 % [1].

Отже, цифрові медіа, зокрема електронні мультимедійні видання із доступом через глобальну мережу інтернет, мають велике поширення серед сучасних користувачів. Зокрема, відзначається популярність електронних мультимедійних видань із можливістю прослуховування змісту викладеного контенту у вигляді аудіоінформації, що збільшує доступність таких видань як для звичайних користувачів, так і для людей із вадами зору. Тому дослідження сучасного стану технологій створення аудіовидань, а саме процесів опрацювання аудіоінформації для електронних мультимедійних видань, є перспективним та актуальним питанням.

### **Аналіз попередніх досліджень**

Одним із основних напрямів, де аудіовидання мають великий потенціал поширення, є освітній процес, а саме використання електронних підручників на заміну друкованим. У 2009 році за даними проведеного дослідження Вашингтонським університетом [2], було встановлено які книги, з поміж електронних та друкованих, краще застосувати під час навчального процесу. Проведене дослідження виявило більшу схильність студентів до застосування друкованих книг, що за їх словами є більш гнучкими щодо підтримки широкого кола стилів читання і навчання, ніж електронні книги.

В іншому дослідженні [3], Бібліотека Каліфорнійського Університету з 2008 року започат-

кувала пілотну програму для впровадження у навчальний процес електронних підручників. Так, наприкінці 2010 року понад 2500 студентів і викладачів були опитані з метою оцінки результатів проведеної програми. В цілому, 58 % респондентів віддали перевагу електронним книгам (цифровим аналогам друкованих книг) у своїй діяльності. З поміж опитаних респондентів, перевагу електронним виданням віддали 55 % студентів, 58 % професорсько-викладацького складу та 67 % аспірантів. Також, у ході проведеного дослідження, респондентів опитали щодо можливих переваг при застосування друкованих та електронних видань.

Враховуючи тенденцію до популяризації електронних видань компанія «Pearson», що є найбільшим у світі видавництвом освітньої літератури, вирішила відмовитися від традиційної моделі виготовлення підручників, натомість сконцентрувала виробничі потужності випуску електронних видань. Хоча, традиційні друковані примірники навчальної літератури видавництво «Pearson» все ще виготовляє, але з поступовим зменшенням їх накладів. Замість друку нових підручників у паперовому вигляді та їхнього оновлення кожні кілька років, видавництво «Pearson» зосередилося на створенні цифрових навчальних матеріалів. Ці електронні книжки будуть постійно доповнювати інформацією про нові наукові розробки, технологічні досягнення та останні педагогічні тенденції [4].

Наразі у закладах вищої освіти все ж таки більшу перевагу віддають традиційним друкованим



виданням, але у повсякденному житті все більшого поширення набувають електронні книжки, електронні мультимедійні видання та аудіовидання, тому що вони більш зручні та доступні.

Починаючи з 1980-х років когнітивна психологія послідовно доводить, що згадувати засвоєну інформацію краще після читання друкованого тексту, а не його прослуховування. Такі твердження підкріплені дослідженнями [5, 6], що засвідчили кращі результати складання тесту студентами, які засвоювали інформацію за допомогою читання книг, на противагу студентам, які слухали записи змісту наукових статей та склали тест гірше.

У 2013 році було проведено дослідження, яке мало на меті визначити, за допомогою якого способу людина буде краще сприймати інформацію. Перший спосіб — це читання в голос, другий — читання мовчки, третій — прослуховування аудіовидання. В результаті дослідження було зроблено висновок, що людський розум частіше «блукає» та мало концентрується на матеріалі, коли читач сприймає книгу на слух. Коли людина не бачить текст, то вона менше запам'ятовує і гірше занурюється в матеріал, який вивчає [7].

У 2018 році було проведено спільне дослідження Університетського коледжу Лондона і компанії Audible, в результаті якого було виявлено, що людина більш емоційно сприймає інформацію, коли вона її слухає, а не переглядає на екрані. Про це говорять такі показники: підвищення частоти пульсу, температури тіла і електричної активності шкіри [8].

Згідно із іншим дослідженням [9], проведеним у 2016 році, не існує істотної різниці в розумінні та засвоєнні інформації як при читанні тексту, так при його прослуховуванні. Проте слід зазначити, що у вказаному дослідженні використовувалися електронні книги саме для читання.

Отже, підсумовуючи проаналізовані дослідження [2–9], — електронні книги та аудіокниги наразі перебувають у стані розвитку та становлення, й мають стійку тенденцію до поширення. Це твердження стосується і електронних мультимедійних видань, що можуть використовуватися для навчання в межах дистанційних курсів. Значною перевагою електронних мультимедійних видань є можливість застосовувати поряд із традиційною текстовою інформацією, також і відеоінформацію, анімацію, 3D-інформацію та аудіоінформацію.

Загалом використання аудіоінформації в електронних виданнях допомагає більш глибоко сприймати та розуміти матеріал. При прослуховуванні аудіо, людина концентрується на ключових моментах представленої інформації, що передається правильними інтонаціями, наголосами та акцентами. Наприклад, при використанні такої інформації під час навчання люди легше засвоюють інформацію, стають більш зацікавленими до матеріалу. Саме тому процеси опрацювання і введення аудіоінформації в електронні мультимедійні видання є актуальним питанням.

## **Мета роботи**

Визначення сучасного стану технологій опрацювання аудіоін-



формації для електронних мультимедійних видань та встановлення перспективних напрямків розвитку, а також систематизація основного програмного забезпечення для роботи з аудіоінформацією.

### Результати проведених досліджень

Для встановлення перспективи розвитку технологій обробки аудіоінформації для електронних мультимедійних видань було проведено патентний пошук із глибиною 11 років. У результаті проведених досліджень було проаналізовано понад 1000 патентів та відібрано 150 тематичних патентів за такими інтернет-ресурсами: Укрпатент, Espacenet, Роспатент та Google Patents (див. табл.). На підставі отриманих результатів з опрацювання патентів, було побудовано динамі-

ку публікації патентів технологій обробки аудіоінформації за роками (рис. 1).

Проаналізувавши динаміку видачі патентів за роками (рис. 1), встановлено, що майже за всі 10 років тема з опрацювання аудіоінформації є актуальною. Виключення становить лише період з 2008 по 2009 роки, де було видано мало патентів на задану тематику. Також було проаналізовано патенти за країнами власниками (рис. 2).

Згідно рис. 2, найбільшу кількість патентів видано в США та РФ, це пояснюється тим, що наразі велика частка інноваційних розробок виконується та патентується у США. Також, значну кількість зареєстрованих патентів зафіксовано і у РФ (понад 40 %), права на які належать здебільшого закордонним науковцям. Окрім цього, віднайдені патенти

Регламент патентного пошуку

Предмет пошуку	Мета	Країни	Класифікаційні індекси	Ретроспективність	Джерела інформації
1. Методи обробки аудіо 2. Кодування та декодування аудіо 3. Програмне забезпечення для обробки аудіо 4. Апаратне забезпечення для обробки аудіо	Визначення тенденції розвитку обробки аудіоінформації	Україна, США, Японія, Корея, Китай, Швеція, Фінляндія, Франція, Німеччина, РФ	G10L19, H03G, H04S, H04R, G06N	10 років (2008–2018)	Інтернет ресурси: <a href="http://er.espacenet.com">er.espacenet.com</a> , Google Patents, Укрпатент ( <a href="https://library.uipv.org">https://library.uipv.org</a> ), Роспатент ( <a href="http://www1.fips.ru/wps/portal">http://www1.fips.ru/wps/portal</a> )

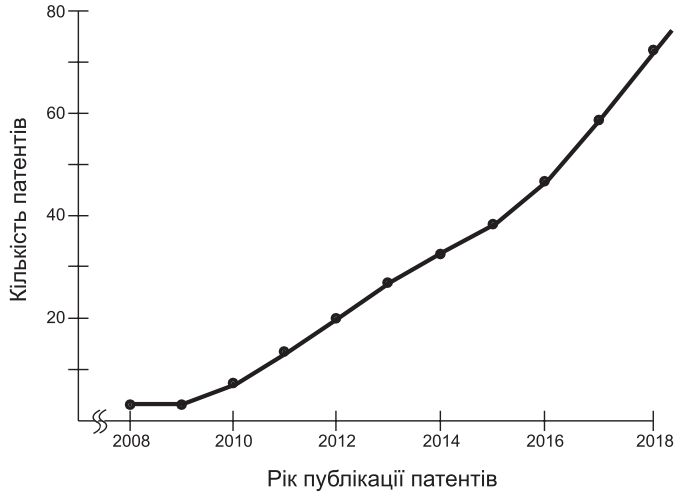


Рис. 1. Динаміка публікацій патентів за технологіями обробки аудіоінформації в період з 2008 по 2018 рр.

проаналізовано за такими напрямками: методи обробки аудіо, кодування та декодування аудіо, програмне забезпечення та апаратне забезпечення, і представлено на аналітичній діаграмі (рис. 3).

З представленого аналізу (рис. 3) можна констатувати значну кількість патентування розробок за методами обробки аудіоінформації та удосконалення апаратного забезпечення для її

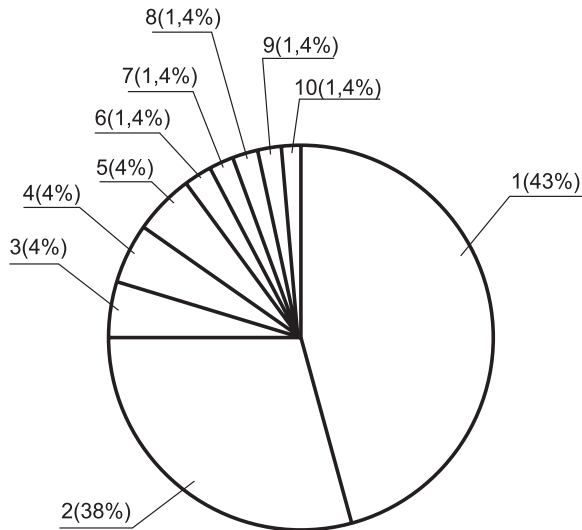


Рис. 2. Співвідношення патентування розробок за країнами-власниками патентів: 1 — РФ, 2 — США, 3 — Китай, 4 — Японія, 5 — Франція, 6 — Україна, 7 — Корея, 8 — Швеція, 9 — Німеччина, 10 — Фінляндія



уведення, що пояснюється поступовою модернізацією та вдосконаленням робочих станцій для виконання цих технологічних операцій.

На підставі аналізу фахової технічної літератури [10–27], було встановлено, що процес обробки звукового сигналу передбачає застосування технологій зміни частотної або фазової характеристики звуку, звуження або розширення динамічного діапазону, застосування амплітудної, частотної або фазової модуляції, видалення шумів, а також створення затриманих за часом згасаючих копій цього сигналу. Метою процесу обробки аудіоінформації можуть бути як чисто технічні завдання, такі як узгодження параметрів сигналу з характеристиками електроакустичного трак-

ту, так і художні, які визначаються звукорежисером, зокрема, це можуть бути різні звукові ефекти.

На основі проведеного аналітичного дослідження було виокремлено основні методи обробки звукового сигналу (рис. 4). У ряді досліджень [13–15] виокремлено найбільш поширені звукові ефекти, які використовують у технологіях обробки звуку, зокрема, ефект відлуння, зворотне відлуння, flanger, phaser, chorus, overdrive, звуковисотні зміщення, розтягування часу, ефект резонансу, ефект роботизованого голосу, модуляція, компресія звуку, тримірні аудіоефекти, фільтрація звуку, еквайзер тощо. Всі наведені ефекти використовують для корекції та покращення аудіозаписів.

Для обробки аудіоінформації досить поширеною є процедура

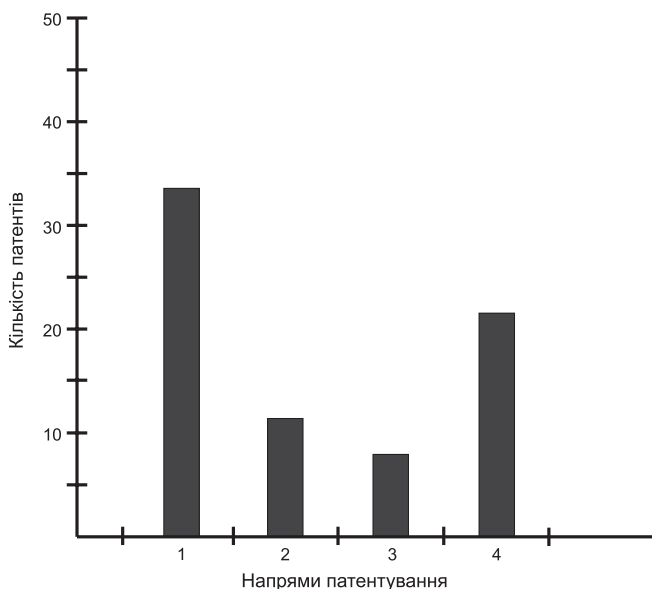


Рис. 3. Розподіл патентів за напрямками: 1 — методи обробки аудіо, 2 — кодування та декодування аудіо, 3 — програмне забезпечення для обробки аудіоінформації, 4 — апаратне забезпечення для введення аудіоінформації



зниження рівня шумів. Шуми можуть бути як зовнішніми (шуми звукозапису на мікрофон у вигляді фонових звуків у приміщенні з поганою звукоізоляцією), так і внутрішньо системні (шуми пов'язані із поганим екрануванням звукозаписного обладнання). Шуми мають свої частоти, діапазон яких порівняно вузький, що дозволяє знижувати їх рівень шляхом простої еквалізації (видалення частот із найбільшим рівнем шуму і найменшим рівнем звукової інформації). Звукозапис, на якому шуми займають порівняно невеликий діапазон, який не є дотичним з діапазоном інших звуків, вважається чистим. Натомість, звукозапис, на якому шуми звучать майже на всіх частотах, вважається спотвореним, так як наявний рівень шуму практично неможливо видалити без шкоди для звукової інформації.

Звуковий ефект у вигляді реверберації (поступове згасання звуку у великому приміщенні з хорошою акустикою) вважається другим необхідним ефектом, який потрібно застосовувати

при обробці аудіоінформації. На відміну від простого відлуння, ефект реверберації змінює співвідношення частот повторюваного звуку, що може створювати найрізноманітніші ефекти. Крім застосування ефекту реверберації, також поширеними є дилей-ефекти, або просто затримки звуку.

Фільтри у вигляді еквалізаційних схем накладаються на записаний звук і можуть бути статичними та динамічними. Статичні фільтри прибирають деякі частоти треку, додаючи інші, а динамічні постійно змінюють співвідношення частот за певною схемою, через що звук здається «плаваючим». Безпосередньо, для обробки звуку використовують такі методи як, амплітудні перетворення, частотні (спектральні) перетворення, фазові перетворення, часові перетворення та формантні перетворення [14, 15].

Амплітудні перетворення сигналу полягають у множенні значень так званих «семплів» на постійний коефіцієнт (посилення або послаблення) або змінну в часі

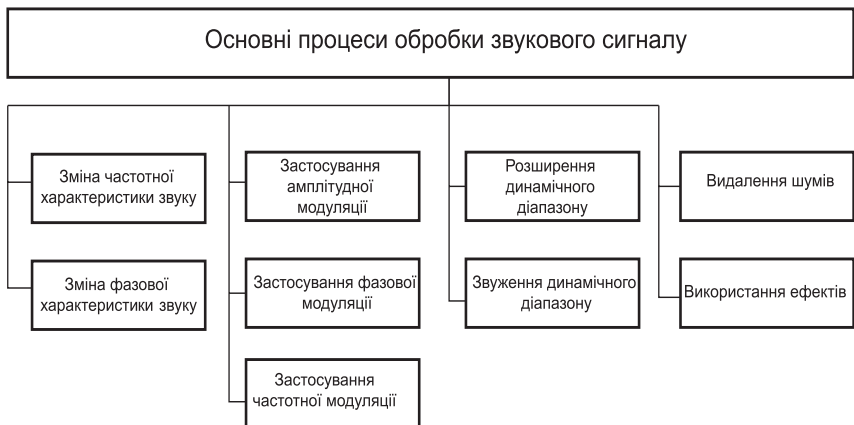


Рис. 4. Основні методи обробки звукового сигналу



функцію-модулятор. Частотні перетворення виконуються над частотними складовими звуку. Причому для реалізації частотних перетворень зазвичай застосовується спектральне розкладання за методом Фур'є. Фазові перетворення зводяться в основному до постійного зсуву фази сигналу або її модуляції деякою функцією, або іншим сигналом, це призводить до ефекту «об'ємності». Часові перетворення полягають у додаванні до основного сигналу його копій, зсунутих у часі на різні величини. Формантні перетворення є окремим випадком частотних і оперують з формантами — характерними смугами частот, які зустрічаються в звуках, вимовлених людиною. Кожному звуковій відповідає своє співвідношення амплітуд і частот декількох формант, яке визначає тембр та виразність голосу. Змінюючи параметри формант,

можна підкреслювати або затушовувати окремі звуки, змінювати одну голосну на іншу [16].

Також при обробці аудіоінформації важливим параметром є формати аудіофайлу, які можуть поділятися на формати без стиснення, формати із стисненням без втрат якості та формати з втратою якості. Для якісного звуку слід застосовувати формати без стиснення або ж формати зі стисненням без втрати якості, оскільки вони не погіршують якість аудіоінформації. На основі проведеного аналітичного дослідження було розроблено систематизацію поширених форматів аудіоінформації (рис. 5).

Основною складовою процесу обробки аудіоінформації є комп'ютеризована робоча станція, що оснащується потужною звуковою картою, яка відповідає за вивід звуку на акустичні системи. При обробці аудіоінформації

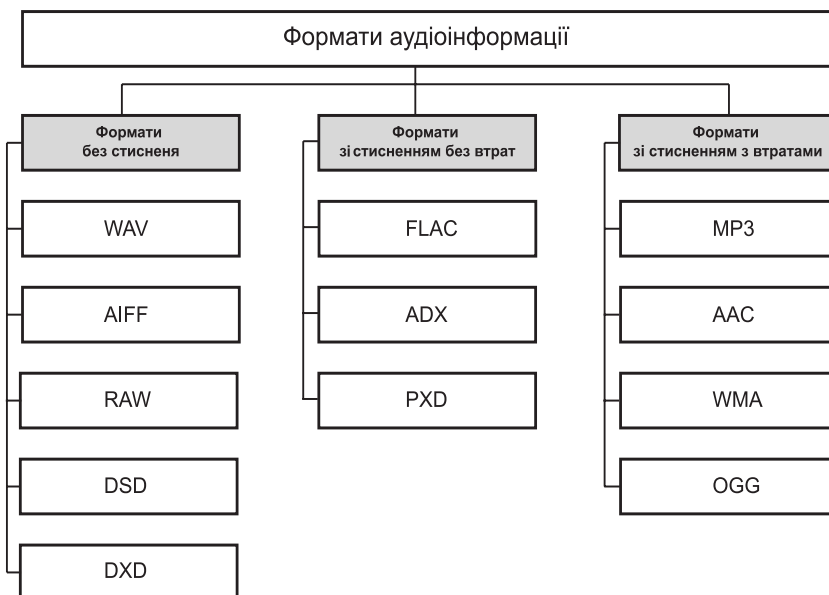


Рис. 5. Систематизація форматів аудіоінформації





звукова карта безпосередньо впливає на кількість вхідних та вихідних каналів, на частоту дискретизації та розрядність аналого-цифрового перетворювача (АЦП) та цифро-аналогового перетворювача ЦАП, на частотний та динамічний діапазон. Не менш важливим обладнанням для роботи із аудіоінформацією є мікшерний пульт, який призначений для зведення звукових сигналів (підсумовування декількох джерел в один або більше виходів). Також за допомогою мікшерного пульта здійснюється маршрутизація сигналів. Найбільш поширеними є мікшерні пульти таких фірм, як Yamaha, Behringer та Soundcraft [21–27].

Також до необхідного обладнання для роботи з аудіоінформацією відносять еквайзери, кросовери, компресори, динамічні, вокальні та акустичні процесори. Еквайзер дозволяє коригувати звукові сигнали. Їх використовують, щоб отримати нові можливості звучання, застосовуються як для обробки записаного звуку, так і на концертах. Кросовери використовують для змішування в одній композиції різних музичних стилів і звуків. Компресори дають змогу працювати з динамічним діапазоном звуку. Найбільш поширеними є еквайзери таких фірм, як Yamaha, Behringer, Soundcraft, SoundKing та DBX. Досить розповсюдженими є кросовери фірм Big, Behringer, Alto Professional. Що стосується компресорів, то найбільш поширеними є пристрої фірми Behringer, а також Drawmer, JB sound, DBX.

Акустичні процесори контролюють системи звукопідсилення,

динамічні процесори застосовуються і в музичній сфері, й на телебаченні для обробки голосу. Вокальні процесори обробляють звук з мікрофона, створюють різні ефекти — з відлуння до космосу, приховуючи дефекти голосу і підвищуючи його якості. Найбільш поширеними є процесори від компаній ХТА, DBX та Xilica. Крім цього, при роботі зі звуком для його відтворення слід використовувати навушники та потужні акустичні системи [21–27].

Іншим, не менш важливим при обробці аудіоінформації є програмне забезпечення, яке дозволяє здійснювати складні перетворення звукових сигналів та створювати неймовірні звукові ефекти. Існує декілька видів спеціалізованого програмного забезпечення [21–27]:

- редактори цифрового аудіо, що застосовуються для редагування звукової інформації в цифровому вигляді;

- секвенсори, що застосовуються для написання музики, найчастіше такі програми використовують MIDI-синтезатори;

- спеціалізовані реставратори аудіо, що застосовуються для відновлення втраченої якості звучання аудіоінформації, видалення небажаного клацання, шумів, тріску, специфічних перешкод записів з аудіо-касет;

- трекари, що призначені для створення музики;

- аналізатори, що застосовуються для здійснення аналізу аудіоданих. Такі програми допомагають представити аудіодані зручніше, ніж звичайні редактори, а також уважно вивчити їх за допомогою різних інструментів, таких як FFT-аналізатори



(побудова динамічних і статичних амплітудно-частотних характеристик), побудови сонограм тощо.

На основі аналізу інформації з науково-технічних джерел [26–28] щодо програмного забезпечення для обробки аудіо розроблено його систематизацію (рис. 6).

Отже, на основі проведеного патентного дослідження в період з 2008 по 2018 рр. та аналітичного дослідження фахової літератури встановлено сучасний стан технологій опрацювання аудіоінформації для електронних мультимедійних видань. Розглянуто основні складові процесу обробки звукових даних для забезпечення якості аудіоінформації із розробкою систематизацій.

### Висновки

1. На основі здійсненого патентного пошуку із глибиною 11 років із розглядом понад 1000 патентів було встановлено, що за період 2010–2018 рр. технології обробки аудіоінформації не втратили своєї актуальності та мають тенденцію до подальшого зростання кількості виданих патентів.

2. Проведений аналіз динаміки патентування за напрямом технологій обробки аудіоінформації виявив, що найбільшу кількість патентів видано в США,

Китаї, Японії, Франції та РФ. Найбільш поширеними напрямами, за якими видано патенти були методи обробки, кодування та декодування аудіоінформації, програмне та апаратне забезпечення для її обробки.

3. На основні проведеного патентного дослідження та аналізу фахової технічної літератури встановлено найбільш поширені технології обробки звукового сигналу: зміна частотної або фазової характеристики звуку, звуження або розширення динамічного діапазону, застосування амплітудної, частотної або фазової модуляції, видалення шумів, а також створення затриманих за часом згасаючих копій цього сигналу. Причому метою застосування технологій обробки аудіоінформації можуть бути як технічні завдання (наприклад, узгодження параметрів сигналу з характеристиками електроакустичного тракту), так і художні, що визначені звукорежисером (наприклад, додавання звукових ефектів).

4. Також, на основі проведеного аналітичного дослідження розроблено систематизацію сучасного програмного забезпечення для обробки аудіоінформації та основних форматів файлів для її збереження.

### Список використаної літератури

1. Читання в Україні // chytomo.com. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://data.chytomo.com/chytannya-v-ukrayini/>.
2. Alexander Thayer, Charlotte P. Lee, Linda H. Hwang, Heidi Sales, Pausali Sen, Ninad Dala. The imposition and superimposition of digital reading technology: the academic potential of e-readers // Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2011. pp. 2917–2926. <https://doi.org/10.1145/1978942.1979375>.
3. Какие книги лучше — электронные или бумажные // habr.com. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/123647/>.

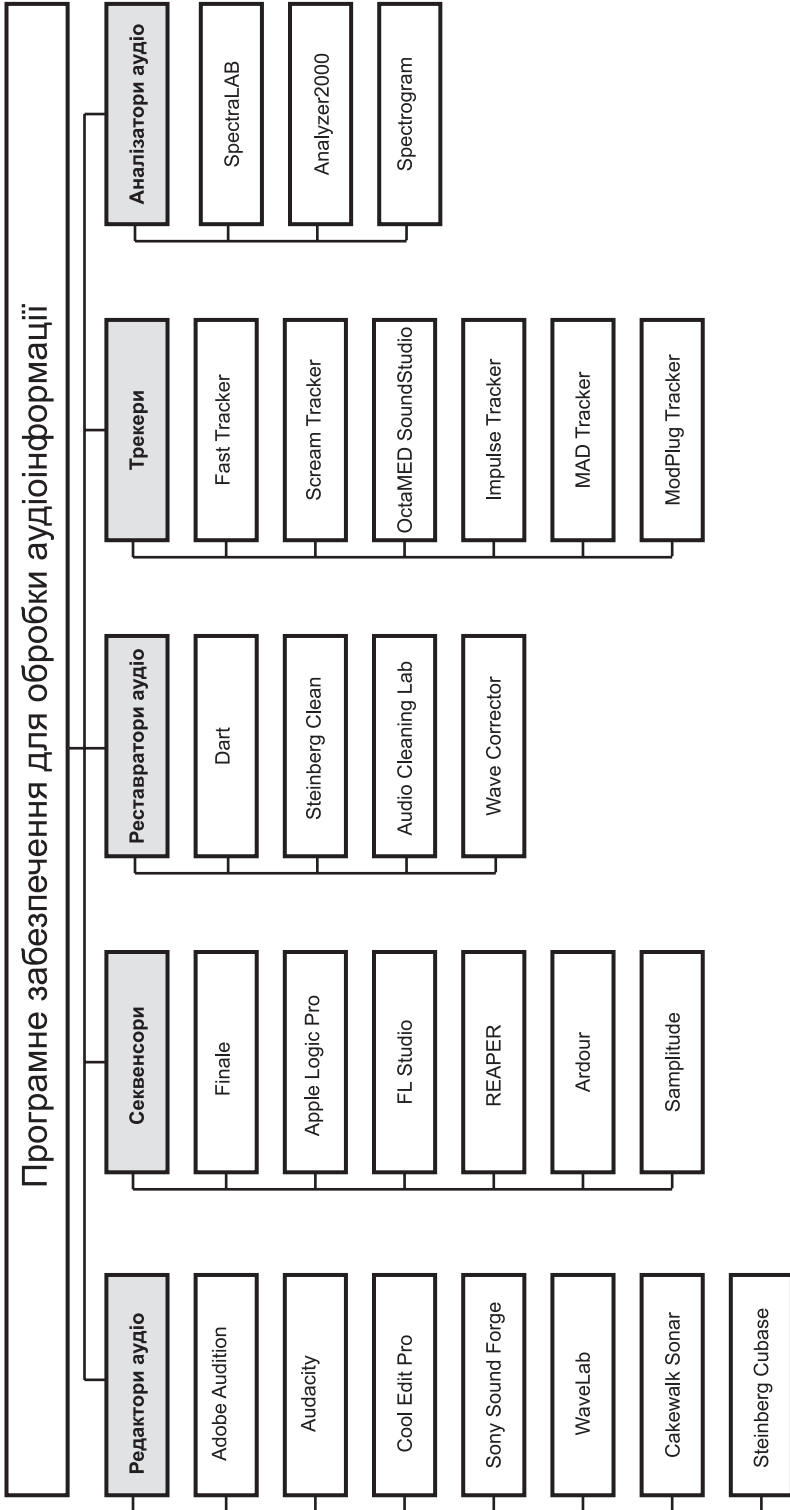


Рис. 6. Систематизація програмного забезпечення для роботи з аудіоінформацією



4. McKenzie, L. (2019). Pearson's Next Chapter. Inside HigherEd. Retrieved 16 July, 2019 from <https://www.insidehighered.com/digital-learning/article/2019/07/16/pearson-goes-all-digital-first-strategy-textbooks>.

5. David B. Daniel, William Douglas Woody. (2010). They Hear, but Do Not Listen: Retention for Podcasted Material in a Classroom Context. <https://doi.org/10.1080/00986283.2010.488542>.

6. Читати чи слухати: який формат книжок переможе? // Наш Формат. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nashformat.ua/blog/yakvy-format-knyzhok-peremozhe>.

7. Trish L. Varao Sousa, Jonathan S. A. Carriere, Daniel Smilek (2013). The way we encounter reading material influences how frequently we mind wander. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00892>.

8. Daniel C. Richardson, Nicole K. Griffin, Lara Zaki, Auburn Stephenson, Jiachen Yan, John Hogan, Jeremy I. Skipper, Joseph T. Devlin (2018). Measuring narrative engagement: The heart tells the story. <https://doi.org/10.1101/351148>.

9. Beth A. Rogowsky, Barbara M. Calhoun, Paula Tallal (2016). Does Modality Matter? The Effects of Reading, Listening, and Dual Modality on Comprehension. <https://doi.org/10.1177/2158244016669550>.

10. Отличия аналогового звука от цифрового // Geektimes.ru. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://geektimes.ru/company/soundpal/blog>.

11. Вологдин Э. И. Методы и алгоритмы обработки звуковых сигналов: курс лекций / Э. И. Вологдин. СПб., 2012. 96 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/668/77668/58725>.

12. Чеппел Д. Создаем свою компьютерную студию звукозаписи / Джон Чеппел; пер. с англ. Осипова А. И. М.: ДМК Пресс, 2005. 256 с.

13. Бысько М. В. Шумология / М. В. Бысько // Медиамузыка. 2014. № 3. Режим доступу: [http://mediamusic-journal.com/Issues/3\\_6.html](http://mediamusic-journal.com/Issues/3_6.html).

14. Теория и практика. Обработка звука // CJcity. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://cjcity.ru/content/edit-sound.php>.

15. Создание и обработка звука // Music Profi. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://musicprofi.ru/content/articles/teoriya>.

16. Загуменнов А. П. Компьютерная обработка звука / А. П. Загуменнов. М.: ДМК Пресс, 2006. 384 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://znanium.com/catalog/product/407267>.

17. Francis Rumsey, Tim McCormick (2010). Digital Audio Formats and Interchange. Chapter 10. Sound and Recording (Sixth Edition). Focal Press. p. 299–340. <https://doi.org/10.1016/B978-0-240-52163-3.00010-5>.

18. Den Uijl, S., de Vries, H. J., & Bayramoglu, D. (2013). The Rise of MP3 as the Market Standard: How Compressed Audio Files Became the Dominant Music Format. International Journal of IT Standards and Standardization Research (IJITSR). 11(1). pp. 1–26. <https://doi:10.4018/ijtsr.2013010101>.

19. Newmarch Jan (2017). Sound Codecs and File Formats. In: Linux Sound Programming. Apress. Berkeley, CA. pp. 11–14. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2496-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2496-0_3).

20. Опрацювання об'єктів мультимедіа // Народна Освіта. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://narodna-osvita.com.ua/-opracyuvannya-obyektv-multimedia>.



21. Что такое звуковая карта и кому она нужна? // onoutbukaх. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://onoutbukax.ru/chto-takoe-zvukovaya-karta-i-komu-ona-nuzhna/>.
22. Сапожков М. А. Акустика / М. А. Сапожков. М.: Радио и связь, 1989.
23. Кирн Питер. Цифровой звук. Реальный мир / П. Крин. М.: Изд. дом «Вильямс», 2008. 720 с.
24. Петелин Р. Ю. Звуковая студия в РС / Р. Ю. Петелин, Ю. В. Петелин. СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 1998. 256 с.
25. Практический словарь иностранных музыкальных терминов / Шилов В. Л. М., 2003, С. 399.
26. Цифровой звук // 3Dnews. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://3dnews.ru/170037/page-4.html>.
27. Khokhlova R. A. Modern trends of technology of auditing of audio information / R. A. Khokhlova, T. V. Horova // Науково-практичний семінар «Сучасне репродукування: інженірінг, моделювання, мульти- та кросмедійні технології». Київ: НТУУ «КПІ», 2018. С. 18–19.

## References

1. Chytannia v Ukraini. *chytomo.com*. Retrieved from <http://data.chytomo.com/chytannya-v-ukrayini/> [in Ukrainian].
2. Thayer, A. & Lee, C. P. & Hwang, L. H. & Sales, H. & Sen, P. & Dala, N. (2011). The imposition and superimposition of digital reading technology: the academic potential of e-readers. *Journal of Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2917–2926. <https://doi.org/10.1145/1978942.1979375> [in English].
3. Kakie knigi luchshe — elektronnye ili bumazhnye. *habr.com*. Retrieved from <https://habr.com/ru/post/123647/> [in Russian].
4. McKenzie, L. (2019). Pearson's Next Chapter. *Inside HigherEd*. Retrieved from <https://www.insidehighered.com/digital-learning/article/2019/07/16/pearson-goes-all-digital-first-strategy-textbooks> [in English].
5. Daniel, D. B. & Woody, W. D. (2010). *They Hear, but Do Not Listen: Retention for Podcasted Material in a Classroom Context*. <https://doi.org/10.1080/00986283.2010.488542> [in English].
6. Chytaty chy slukhaty: yakiy format knyzhok peremozhe? *Nash Format*. Retrieved from <https://nashformat.ua/blog/yakyy-format-knyzhok-peremozhe> [in Ukrainian].
7. Sousa, T. L. V. & Carriere, J. S. A. & Smilek, D. (2013) *The way we encounter reading material influences how frequently we mind wander*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00892> [in English].
8. Richardson, D. C. & Griffin, N. K. & Zaki, L. & Stephenson, A. & Yan, J. & Hogan, J. & Skipper, J. I. & Devlin, J. T. (2018). *Measuring narrative engagement: The heart tells the story*. <https://doi.org/10.1101/351148> [in English].
9. Rogowsky, B. A. & Calhoun, B. M. & Tallal, P. (2016). *Does Modality Matter? The Effects of Reading, Listening, and Dual Modality on Comprehension*. <https://doi.org/10.1177/2158244016669550> [in English].
10. Otlichiya analogovogo zvuka ot tsifrovogo. *Geektimes.ru*. Retrieved from <https://geektimes.ru/company/soundpal/blog> [in Russian].



11. Vologdin, E. I. (2012). *Metody i algoritmy obrabotki zvukovykh signalov*. SPb, 96 p. Retrieved from <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/668/77668/58725> [in Russian].
12. Cheppel, D. (2005). *Sozdaem svoyu komp'yuternuyu studiyu zvukozapisi*. Moscow: DMK Press, 256 p. [in Russian].
13. Bys'ko, M. V. (2014). Shumologiya. *Journal of Mediamuzyka*, 3. Retrieved from [http://mediamusic-journal.com/Issues/3\\_6.html](http://mediamusic-journal.com/Issues/3_6.html) [in Russian].
14. Teoriya i praktika. Obrabotka zvuka. *CJcity*. Retrieved from <http://cjcity.ru/content/edit-sound.php> [in Russian].
15. Sozдание i obrabotka zvuka. *Music Profi*. Retrieved from <http://musicprofi.ru/content/articles/teoriya> [in Russian].
16. Zagumennov, A. P. (2006). *Komp'yuternaya obrabotka zvuka*. Moscow: DMK Press, 384 p. Retrieved from <https://znanium.com/catalog/product/407267> [in Russian].
17. Rumsey, F. & McCormick, T. (2010). Digital Audio Formats and Interchange. Chapter 10. Sound and Recording (Sixth Edition). *Focal Press*, 299–340. <https://doi.org/10.1016/B978-0-240-52163-3.00010-5> [in English].
18. S., D. U. & de Vries, H. J. & Bayramoglu, D. (2013). The Rise of MP3 as the Market Standard: How Compressed Audio Files Became the Dominant Music Format. *International Journal of IT Standards and Standardization Research (IJITSR)*, 11(1), 1–26. <https://doi:10.4018/jitsr.2013010101> [in English].
19. Newmarch, J. (2017). *Sound Codecs and File Formats*. In: *Linux Sound Programming*. Apress. Berkeley, CA, 11–14. [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2496-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2496-0_3) [in English].
20. Opratsiuvannia ob'iektiv multimedia. *Narodna Osvita*. Retrieved from <http://narodna-osvita.com.ua/-opracyuvannya-obyektiv-multimedia> [in Ukrainian].
21. Chto takoe zvukovaya karta i komu ona nuzhna? *onoutbukax*. Retrieved from <http://onoutbukax.ru/chto-takoe-zvukovaya-karta-i-komu-ona-nuzhna/> [in Russian].
22. Sapozhkov, M. A. (1989). *Akustika*. Moscow: Radio i svyaz' [in Russian].
23. Kirn, P. (2008). *Tsifrovoy zvuk. Real'nyy mir*. Moscow: Izd. dom 'Vil'yams' [in Russian].
24. Petelin, R. Yu. & Petelin, Yu. V. (1998). *Zvukovaya studiya v PC*. Sankt-Peterburg: BKhV-Sankt-Peterburg [in Russian].
25. Shilov, V. L. (2003). *Prakticheskiy slovar' inostrannykh muzykal'nykh terminov*. Moscow [in Russian].
26. Tsifrovoy zvuk. *3Dnews*. Retrieved from <https://3dnews.ru/170037/page-4.html> [in Russian].
27. Khokhlova, R. A. & Horova, T. V. (2018). Modern trends of technology of auditing of audio information. *Journal of Naukovo-praktychnyi seminar 'Suchasne reproduktivnaya: inzhenerinh, modeliuвання, multy- ta krosmediini tekhnologii'*, 18–19 [in English].

**В данной работе приведены результаты исследования современного состояния технологий обработки аудиоинформации для разного рода электронных изданий. Приведенные тенденции отражают стремительную популяризацию мультимедийных изданий в различных**



сферах деятельности в течение последних лет. В работе представлена разработанная систематизация основных технологий сжатия изображений в системах полиграфического репродуцирования, различающихся по основным признакам: методами сжатия данных, алгоритмами кодирования, классами изображения, величиной компрессии и качеством изображения после кодирования. Приведена систематизация современного программного обеспечения для обработки аудиоинформации и основных форматов файлов для хранения аудиоданных.

**Ключевые слова:** аудиоинформация; мультимедиа; издания; патентный поиск; качество звучания; сжатие с потерями информации; сжатие без потерь информации; ACC; FLAC; MP3; WAV.

This work presents the results of a study of audio information processing technologies for all kinds of electronic publications. The above trends reflect the popularity of multimedia publications in various fields of activity in recent years.

The paper presents a developed systematization of the main technologies for image compression in printing systems that differ in the main features: data compression methods, coding algorithms, image classes, compression ratio and image quality after encoding. The systematization of modern software for processing audio information and basic file formats for storing audio data is given.

**Keywords:** audioinformation; multimedia; publications; patent search; sound quality; compression with loss of information; compression without loss of information; ACC; FLAC; MP3; WAV.

Рецензент — Ю. О. Шостачук, канд. техн. наук,  
доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції 24.11.19