



УДК: 004.032.6

DOI: 10.20535/2077-7264.3(73).2021.246426

© К. С. Кушнір, магістрантка, К. І. Золотухіна,
канд. техн. наук, доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського,
Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЗРУЧНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ДОДАТКІВ

В роботі представлено результати дослідження продуктивності та зручності використання мультимедійних додатків. Проведено аналіз можливих типових варіантів мультимедійних додатків, технологій їх створення. За розробленою систематизацією тестування додатків, встановлено ланцюг тестування, найоптимальніший для розроблених зразків. Встановлено залежність ваги додатку від кількості мультимедійних елементів та часу завантаження додатку на середньостатистичному пристрої користувача. Узагальнено рекомендації з компонування та тестування типових мультимедійних додатків.

Ключові слова: мультимедійні додатки; тестування; юзабіліті; програмне забезпечення; параметри впливу; UX-дизайн; кросплатформеність.

Постановка проблеми

Технології створення мультимедійних продуктів розвиваються, вдосконалюються та постійно змінюються, що призводить до появи їх нових різновидів. Тому постає актуальна проблема класифікації та типізації таких продуктів для напрацювання єдиних підходів в їх структуруванні, наповненні різними видами інформації, перевірці працездатності на етапі проектування, тестуванні на цільовій аудиторії. Створення мультимедійних додатків сьогодні здійснюється для багатьох сфер та напрямів. І практично в будь-якому з напрямів впроваджується в застосунок маркетин-

гова стратегія, оскільки інтеграція реклами в додатки сприяє підвищенню купівельної спроможності рекламованих товарів та використовується виробниками для утримання конкурентних позицій. Тобто розроблення подібних продуктів спрямоване на організацію дозвілля користувачів і, водночас, є бізнес-інструментом. Стрімке поширення додатків, збільшення їх кількості, однакової за своїми функціональними можливостями, провокує нетривалість їх використання аудиторією та знецінення праці розробників. Водночас відсутні узагальнені рекомендації з особливостей їх структурування, наповнення



контентом, варіацій тестування тощо, які б могли покращити та оптимізувати процеси їх створення. А відсутність єдиного підходу до створення та тестування додатків призводить до хаотичності в уніфікації та типізації даних продуктів.

Аналіз попередніх досліджень

Найбільша увага сьогодні зосереджена на мобільних іграх, оскільки вони найрізноманітніші серед електронних продуктів, мають найбільшу популярність та стрімко розвиваються. Відповідно потребують формування чітких підходів з їх створення залежно від наявності тих чи інших мультимедійних компонентів, наповнення контентом та особливостей використання цільовою аудиторією. Класифікувати такий тип мультимедійних додатків можна більш глибоко та детально. На основі аналізу мультимедійних додатків та джерел [1–3] на цю тему, виділено основні види: мобільні ігри, які займають найбільшу нішу серед мобільних додатків, освітні додатки, Life style, соціальні, Productivity (додатки, які призначені для підвищення продуктивності людей), розважальні (бібліотеки, читалки, стрімінгові відеосервіси). Оскільки, до детального розгляду обрано саме мобільні мультимедійні ігри-застосунки, то для такого виду додатків, визначено класифікаційні ознаки за: жанрами, видами мультимедійних елементів, технологією розповсюдження, характером та формою взаємодії з користувачем, за самостійністю, сферою застосування, будовою, контентом, кількістю од-

ночасних користувачів, видом платформи, форматом додатку.

На основі визначених видів додатків та класифікаційних ознак мобільних ігор, сформовано класифікацію мультимедійних додатків, яка наведена на рис. 1.

На початку створення мультимедійних додатків, першочергово розробляється інформаційна та навігаційна архітектура. Інформаційна та навігаційна архітектура передбачає: те, які елементи міститиме додаток, які функції він виконуватиме і як користувачі будуть взаємодіяти з додатком. Також на цьому етапі відбувається моделювання додатку (прописуються сценарії використання, які визначають необхідний функціонал та екрани для майбутнього додатку).

В джерелі [4] зазначено, що при проектуванні та розробці дизайну мобільних додатків варто враховувати певні особливості:

- мобільні пристрої мають різні дисплеї. Саме тому додатки повинні бути адаптивними для коректного відображення на різних пристроях;

- варто враховувати розміри ілюстрацій та їх роздільну здатність, адже ілюстрація з маленькою роздільною здатністю на великому екрані відображатиметься неякісно;

- елементи навігації краще розташовувати на достатньо великій відстані один від одного, оскільки на маленьких екранах вони можуть «напливати» один на одного;

- варто враховувати орієнтацію екрану мобільного пристрою. Краще створювати додаток з можливістю його використання при портретному та горизонтальному відображенні екранів.

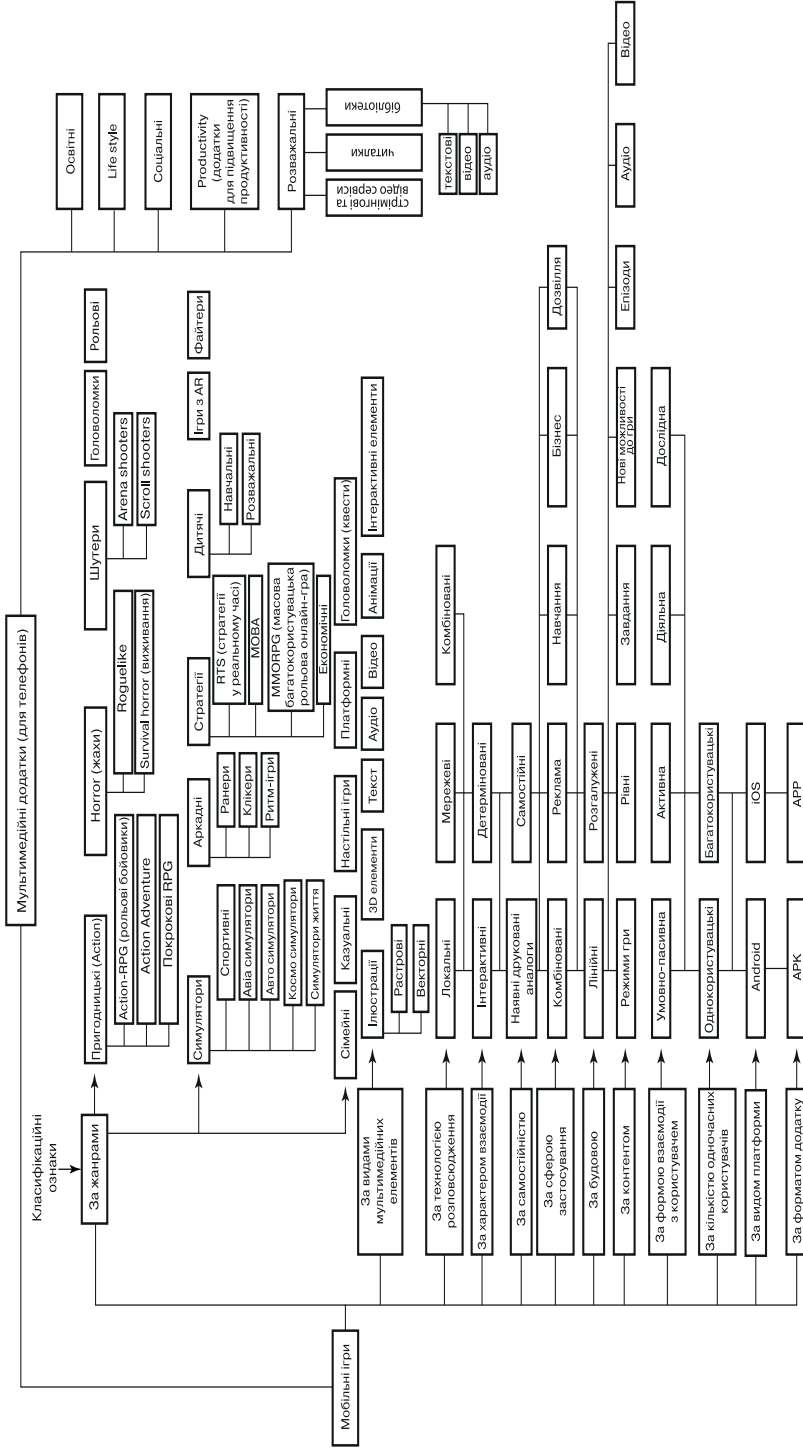


Рис. 1. Класифікація мультимедійних додатків



Існують певні спеціалізовані сервіси для створення мобільних додатків, такі як: Create My Free App, AppyPie, Kalipso Studio, AppsBuilder, Mobincube тощо. Вони мають широкий функціонал, безкоштовні пробні періоди використання, великі бібліотеки та сумісність з ОС Android та iOS. Проте такі сервіси виступають як конструктори додатків, але це не той інструмент, за допомогою якого можна створити готові рішення для великих проектів. Головним недоліком є шаблонність таких інструментів, що не дає можливості створювати індивідуальні додатки [5]. Найпопулярнішими програмами для розробки мобільних додатків вважаються: Unity, Construct 2 та Unreal Engine. Оскільки в середовищі розробки Unity влаштовано ігровий двигун, при створенні додатку його можна протестувати безпосередньо у редакторі. Програма Unity має велику бібліотеку сценаріїв (сприптів) та моделей, а також підтримує імпорт великої кількості форматів. Написання сценаріїв відбувається на мовах програмування C++, Voо чи JavaScript [6–10]. На рис. 2 наведено класифікацію методів створення мультимедійних додатків. Режими та параметри створення мультимедійних додатків, обрані платформи та ОС, ПЗ впливатимуть на характеристики майбутнього застосунку, його ергономічність; ступінь наповнення контентом та елементами, насиченість мультимедіа, складність рівнів, кількість сцен, додаткових елементів, тривимірних моделей та текстур тощо впливатимуть на об'єм, відповідно і на швидкість скачування, інсталяції та його завантаження

на пристроях користувачів; ерудиція користувача, відповідність ОС, технічних характеристик пристрою мінімальним системотехнічним вимогам додатку впливатимуть загалом на можливість його використання цільовою аудиторією. Рекомендації з підбору параметрів при створенні типових мультимедійних додатків, вимоги з візуальної складової, розташування інтерактивних елементів, кнопок, переходів між рівнями, методів і засобів відтворення елементів дозволять їх уніфікувати та зробити більш зручними для користувачів.

Саме тому варто визначити параметри та режими, що впливають на створення мультимедійних додатків та дослідити їх продуктивність та зручність використання.

Мета роботи

Визначення параметрів та режимів, що впливають на створення мультимедійних додатків та дослідження їх продуктивності та зручності використання.

Результати проведених досліджень

Метод створення мультимедійних додатків визначається видом програмного забезпечення, конструктора або мови програмування. Найпоширенішим способом є вибір відповідного програмного забезпечення. Інтуїтивно зрозумілим, доступним для більшості розробників сьогодні вважається програма Unity, за допомогою якої створювалися тестові зразки. Досліджуватиметься не лише процес створення додатку, а й якість відтворення певних елементів у додатках та зручність користування

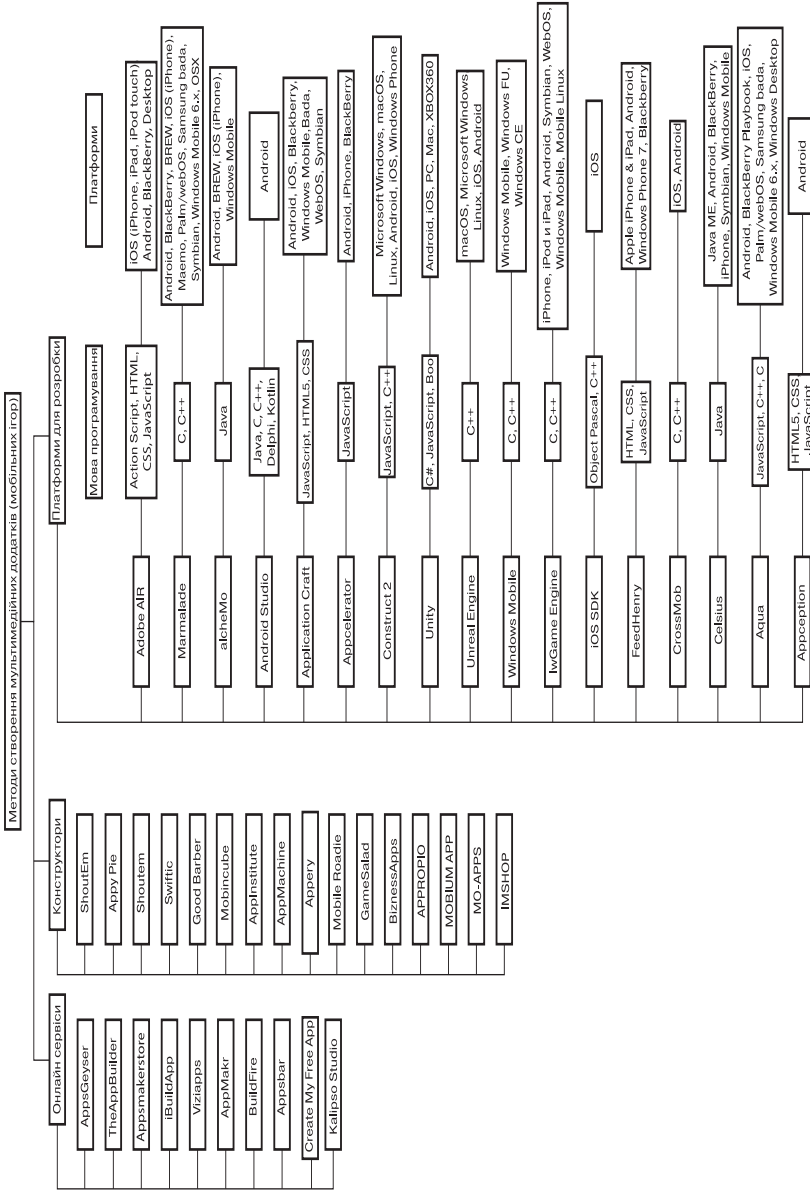


Рис. 2. Класифікація методів створення мультимедійних додатків



цими елементами залежно від наповнення: вид ілюстрацій, аудіо, вид анімацій, кількість інтерактивних елементів та кількість текстового наповнення.

Предметом дослідження є режими та параметри створення та тестування мультимедійних додатків та якість відтворення додатків, зручність користування ними залежно від їх наповнення.

Серед режимів та параметрів створення додатків в обраному програмному забезпеченні можна виділити такі: платформа додатку; формат кінцевого файлу; налаштування якості графіки; якість відображення текстур (характеризується рівнем їх стиснення); налаштування цільової роздільної здатності; кількість кадрів та тип анімації (задаючи ключові точки анімації можна контролювати базову тривалість анімацій та кількість кадрів); налаштування орієнтації додатку. В табл. 1 наведено можливі налаштування режимів та параметрів створення додатків в обраному програмному забезпеченні.

До ергономічних параметрів додатку можна віднести: зручність

колірно-шрифтового оформлення (UI елементів); мультимовність; зручний UX дизайн; кросплатформеність; сюжет додатку; можливість контролю зі сторони користувача.

Тестування додатку можна здійснити в ручному режимі на етапі розроблення та тестування в пів-автоматичному режимі в процесі створення в програмному забезпеченні. Тестування можна навести у виді розгалуженої структури, систематизації, виконаної в результаті огляду літератури (рис. 3).

Відповідно до запропонованої систематизації для розроблених тестових зразків тестування здійснювалося за такою схемою: 1.1 — функціональне тестування додатку: працездатність роботи полів, логіка переходу по екранам, коректність швидкості кнопок; 1.2 — тестування навантаження: на макс. кількість користувачів та макс. час відгуку додатку; 1.3 — тестування безпеки: пошук та усунення некоректного коду; 1.4 — юзабіліті тестування за допомогою експертного аналізу; 1.5 — тестування конфігурації: на різних

Таблиця 1
Можливі налаштування режимів та параметрів створення додатків

Платформа додатку	Формат кінцевого файлу	Якість графіки	Якість відображення текстур	Цільова роздільна здатність	Кількість кадрів та тип анімації	Орієнтація додатку
Android, iOS	.apk, .app	Very Low, Low, Medium, High, Very High, Ultra	32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192	Match Width or Height, Expand, Shrink	2D, 3D, Ключові анімації	Portrait, Portrait Upside Down, Landscape Right, Landscape Left, Auto Rotation



гаджетах, в різних конфігураціях та в різних типах мережі, на версії ОС Android. Для оцінки якості відтворення мультимедійних елементів було розроблено типовий тестовий зразок додатку. Оскільки оцінки виставлятимуть підібрані респонденти, створено один додаток, який містить декілька рівнів з різним наповненням. На рис. 4 наведено скріншоти кожного з рівнів додатку та їх наповнення. В табл. 2 наведено параметри мультимедійних елементів додатку.

Дослідження проводилось методом експертного оцінювання. Було відібрано 20 респондентів віком 17–30 років, які протестували кожен рівень додатку та оцінили їх, за наданими їм параметрами.

Параметри, які оцінювались: мультимовність (М); зручність інтерфейсу (Зі); текстово-ілюстративне наповнення (контент) (К); якість відтворення анімацій (А); інтерактивність (І); якість відтворення аудіо (Ау).

Важливим параметром також є кросплатформеність, але, оскільки відібрані респонденти мали пристрої на платформі Android, цей параметр не враховувався.

Завдання респондентів:

1. Переглянути кожен рівень додатку.
2. Оцінити якість відтворення кожного типу мультимедійних елементів за 10-ти бальною шкалою.

У табл. 3 наведено середні оцінки експертів для кожного параметру та рівня додатку.

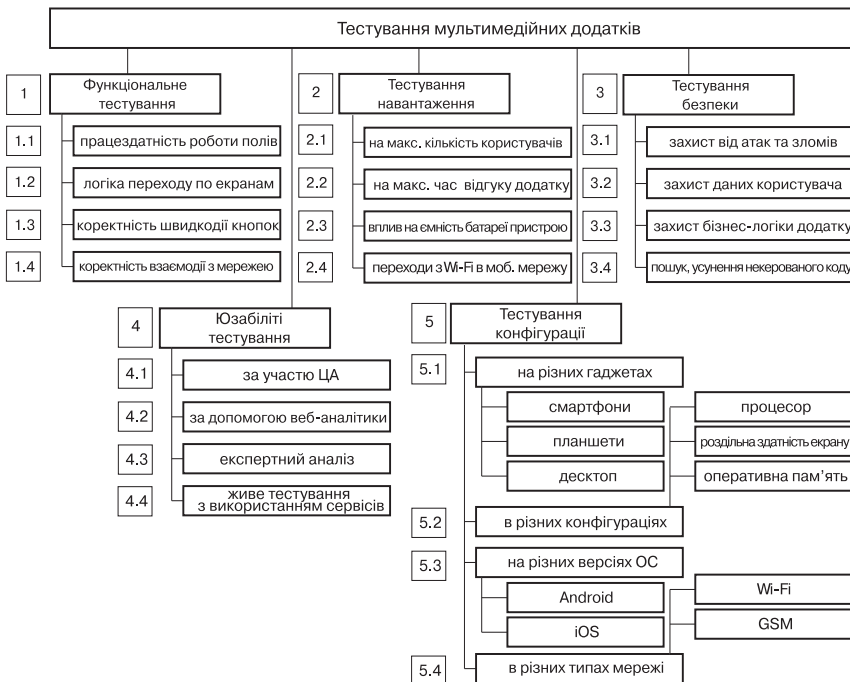


Рис. 3. Варіанти тестування мультимедійних додатків на етапах створення та запуску



З середніх значень оцінок, можна зробити такі висновки:

— у першому рівні, найбільш вагомими та якісними виявились елементи аудіо, інтерактивність та якість відтворення анімацій. Дані мультимедійні елементи у першому рівні є ключовими, оскільки це основні елементи, на які користувач звертає увагу. Текстово-ілюстративне наповнення та зручність інтерфейсу виявились менш вагомими, проте також важливими параметрами. Мультимовність має найменшу

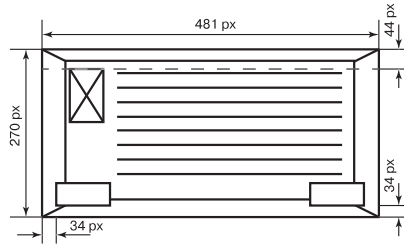
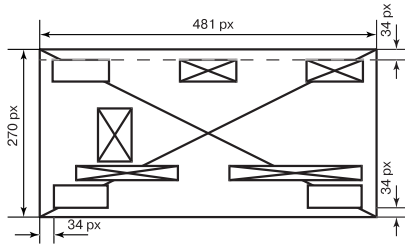
вагомість, оскільки опитування проводилось серед україномовних користувачів;

— другий рівень за оцінки має майже таку вагомість параметрів, проте параметри мали більш однаково вагомість;

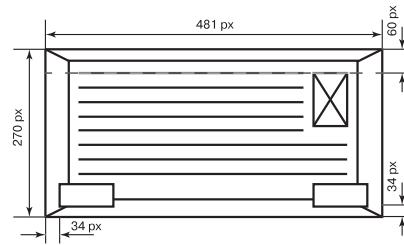
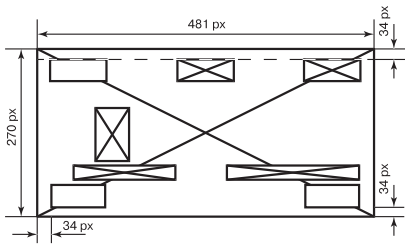
— у третьому рівні найвищий показник мають елементи аудіо. Найнижчу оцінку отримав параметр зручності інтерфейсу, оскільки з мобільних пристроїв управляти 3D моделями дійсно важче порівняно з управлінням у першому та другому рівнях;

Таблиця 2
Параметри мультимедійних елементів додатку

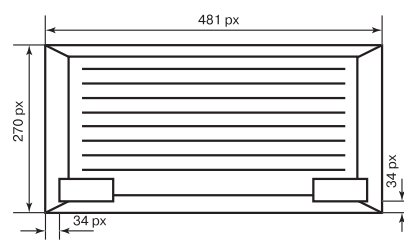
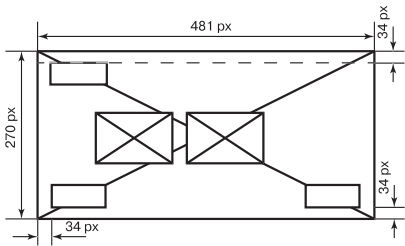
Елемент	Параметри					
Растрові ілюстрації	Розмір ілюстрацій, px		Об'єм файлу ілюстрацій, Мб	Формат вихідного файлу ілюстрації	Складність ілюстрацій	
	2048×1536		До 20	Jpg, png	4	
Векторні ілюстрації	Розмір ілюстрацій, px		Об'єм файлу ілюстрацій, Мб	Формат вихідного файлу ілюстрації	Складність ілюстрацій	
	2048×1536		До35	ai, eps	4	
2D анімації	Кількість кадрів, шт.	Частота кадрів, шт./с	Розширення, px	Об'єм файлу анімації, Мб	Тривалість, с	Формат вихідного файлу
	50	24	2048×1536	До 5	10	Gif
3D анімації	Об'єм файлу, Мб		Кількість трикутників моделі	Кількість вершин моделі	Формат вихідного файлу	Наявність скелету
	До 10		4752	5660	fbx	+
Текст	Гарнітура шрифту заголовків		Гарнітура шрифту основного тексту	Кегль заголовків, п	Кегль основного тексту, п	Міжрядковий інтервал, п
	Brushie, Brushie Regular		Stroke (RUS BY LYAJKA) Medium	25	20	1,15
Аудіо	Тривалість доріжки, с		Об'єм файлу, кБ	Частота дискретизації, кГц	Формат вихідного файлу	Ступінь стиснення
	До 5		24,5	44	Мр3	1:11



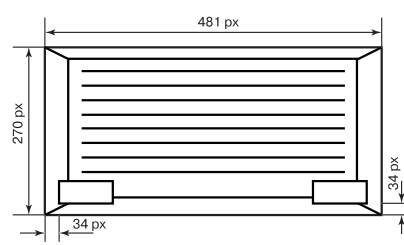
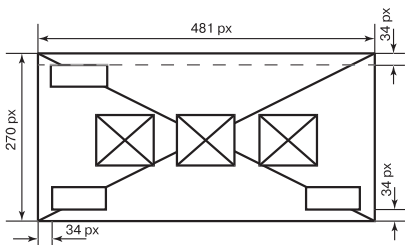
а



б



в



г

Рис. 4. Типові схеми тестових фрагментів мультимедійного додатку:
 а: рівень 1 — растрові ілюстрації, 2D анімації, текст та аудіо; б: рівень 2 — векторні ілюстрації, 2D анімації, текст та аудіо; в: рівень 3 — растрові ілюстрації, 3D анімації, текст та аудіо; г: рівень 4 — векторні ілюстрації, 3D анімації, текст та аудіо



Таблиця 3

Середні оцінки експертів

Параметри	Перший рівень	Другий рівень	Третій рівень	Четвертий рівень
М	5,9	5,1	7,6	5,75
Зі	8,9	8,5	6,65	6,85
К	8,6	6,6	7,2	8,25
А	9,5	7,25	7,25	5,45
І	9,3	8,7	8,5	5,85
Ау	9,6	8,85	9,35	9,25

— у четвертому рівні найменші оцінки отримали параметри мультимовності, якості відтворення анімацій та інтерактивності. Це також пов'язано зі зручністю управління 3D моделями з мобільних пристроїв, що вплинуло і на якість відтворення анімацій.

На рис. 5 представлено середні оцінки респондентів у виді гістограми.

Середньостатистичний пристрій користувача має такі параметри: ОС Android, оперативна пам'ять 3 Гб, внутрішня пам'ять 64 Гб, розмір екрану 6 дюймів, частота 2,2 ГГц, кількість ядер 6, батарея 4000 мАч.

На рис. 6 наведено залежність ваги додатку від кількості мультимедійних елементів. Мультимедійні елементи, які входили в до-

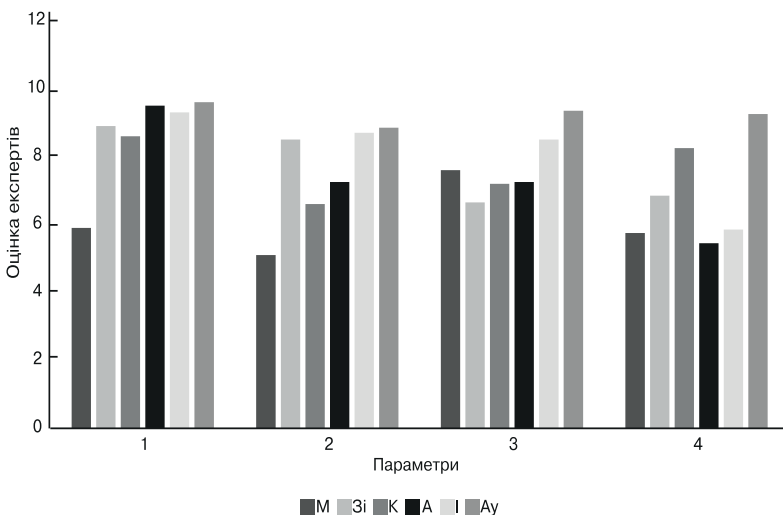


Рис. 5. Середні оцінки респондентів

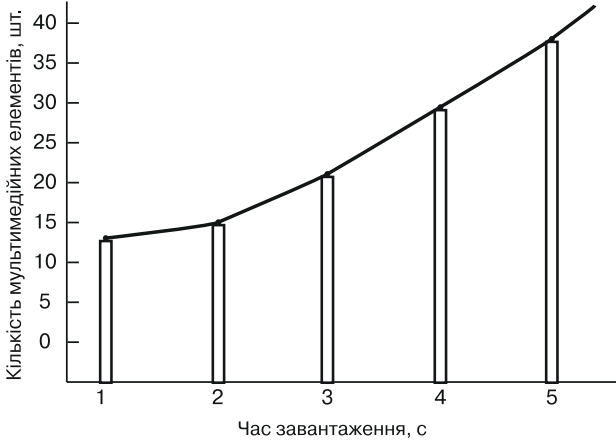


Рис. 6. Залежність ваги додатку від кількості мультимедійних елементів

датки: ілюстрації, анімації, текст, аудіо, інтерактивні елементи. Графік залежності побудовано на основі середніх даних з тестових зразків, оскільки додатки можуть містити різну кількість сцен та різні елементи.

На рис. 7 наведено залежність часу завантаження додатку від його ваги. Швидкість передачі даних 7 Мб/с. Було проведено декілька тестових завантажень з трьох

різних пристроїв та взято середні значення часу завантаження додатків.

Побудовано та проаналізовано циклограму (рис. 8), яка демонструє час, необхідний на створення однієї сцени для рівнів додатку з різним наповненням. Циклограми розроблено на основі тестових фрагментів, а саме тестова версія додатку, який містить чотири рівні.

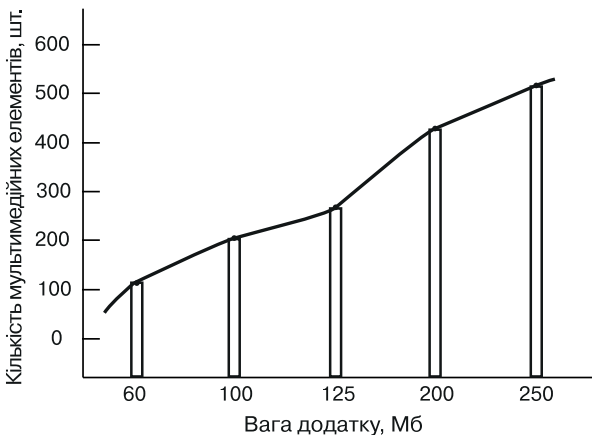


Рис. 7. Залежність часу завантаження додатку від його ваги

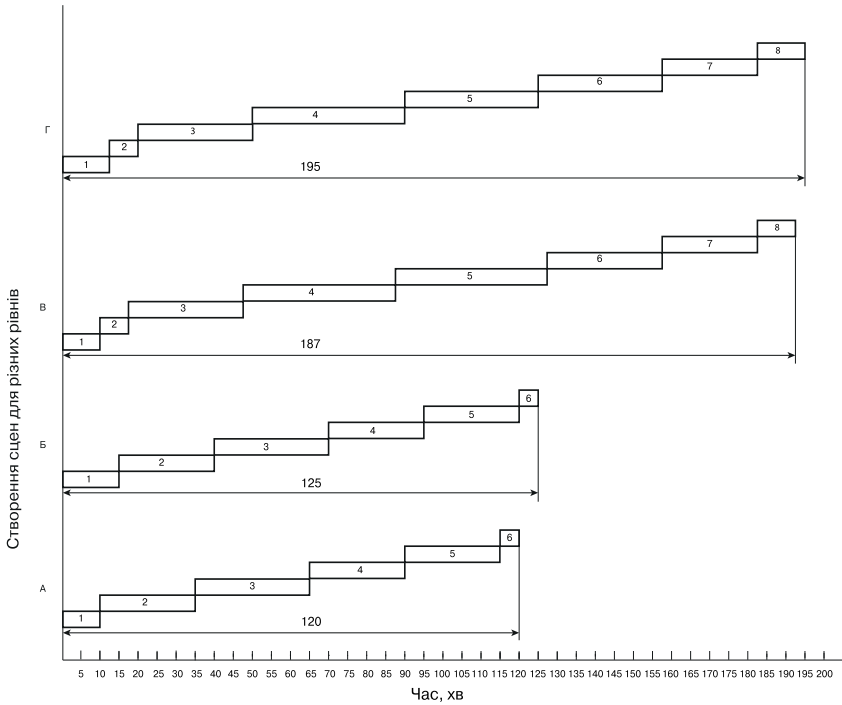


Рис. 8. Часові затрати на створення сцен мультимедійного додатку

Пояснення до рис. 8: а: 1 — импорт готових растрових ілюстраційних, анімаційних (2D) та аудіо матеріалів; 2 — пошук необхідних сценаріїв (скриптів) у бібліотеці; 3 — написання власних необхідних скриптів мовою програмування JavaScript вручну; 4 — створення необхідних сцен у програмному продукті Unity; 5 — створення UI/UX елементів та інтерфейсу запроєктованого видання; 6 — збереження прототипу (альфа-версії) додатку у форматі .ark; б: 1 — импорт готових растрових векторних ілюстраційних, анімаційних (2D) та аудіо матеріалів; 2 — пошук необхідних сценаріїв (скриптів) у бібліотеці; 3 — написання власних необхідних скриптів мовою програмування JavaScript вручну; 4 — створення

необхідних сцен у програмному продукті Unity; 5 — створення UI/UX елементів та інтерфейсу запроєктованого видання; 6 — збереження прототипу (альфа-версії) додатку у форматі .ark; в: 1 — импорт готових растрових ілюстраційних та аудіо матеріалів; 2 — импорт 3D моделей; 3 — пошук необхідних сценаріїв (скриптів) у бібліотеці; 4 — написання власних необхідних скриптів мовою програмування JavaScript вручну; 5 — створення необхідних сцен у програмному продукті Unity; 6 — створення скелетних 3D анімацій; 7 — створення UI/UX елементів та інтерфейсу запроєктованого видання; 8 — збереження прототипу (альфа-версії) додатку у форматі .ark; г: 1 — импорт готових векторних ілюстра-



ційних та аудіо матеріалів; 2 — імпорт 3D моделей; 3 — пошук необхідних сценаріїв (скриптів) у бібліотеці; 4 — написання власних необхідних скриптів мовою програмування JavaScript вручну; 5 — створення необхідних сцен у програмному продукті Unity; 6 — створення скелетних 3D анімацій; 7 — створення UI/UX елементів та інтерфейсу запроєктованого видання; 8 — збереження прототипу (альфа-версії) додатку у форматі .apk.

З циклограм видно, що створення сцен для першого та другого рівнів додатку (які не містять 3D об'єктів) займає менше кількість часу: 120 та 125 хвилин відповідно. Сцени для рівнів, в яких наявні 3D об'єкти створюються довше: 187–195 хвилин. Така велика різниця у часі пояснюється складністю роботи з 3D об'єктами та складністю створення 3D анімацій.

Висновки

1. На думку експертів найбільш якісно, зручно відображались

мультимедійні елементи першого рівня: растрові ілюстрації, 2D анімації, текст та аудіо.

2. Визначено, що вага додатку майже пропорційна кількості мультимедійних елементів, які містить додаток, а час завантаження також майже пропорційно збільшується зі збільшенням ваги додатку. Отже кінцева вага додатку не повинна бути дуже великою, оскільки це перевантажить пристрій користувача та погіршить якість відображення мультимедійних елементів.

3. Частота кадрів анімації рекомендовано не менше 24 кадрів/с. Тривалість анімацій від 3 до 5 с. Якість аудіо елементів буде кращою, для аудіо супровід в рівнях триватиме до 60 с; звукові ефекти (стрибок, натискання на кнопку) — до 1–2 с.

4. Кількість мультимедійних та інтерактивних елементів повинна забезпечувати зручність взаємодії користувача з додатком, але не перенасичувати його.

5. Подальші дослідження стосуватимуться інших типових структур та варіантів наповнення мультимедійних додатків.

Список використаної літератури

1. ДСТУ 7157:2010 Видання електронні. Основні види та вихідні відомості. [Чинний від 11.03.2010]. Вид. офіц. Київ, 2010. 20 с.
2. Мультимедійне видавництво: навчальний посібник для студентів спеціальності «Технології електронних мультимедійних видань» / О. І. Пушкар, О. С. Завгородня. Х.: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. 204 с. (Укр. мов.). ISBN 978-966-676-619-2.
3. Жанри мобільних ігор // Voki Games. 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://vokigames.com>.
4. Дизайн мобільних додатків: процес розробки та етапи проектування // Interfaces. 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://turumburum.ua>.
5. Руководство по разработке приложений: как сделать приложение для iOS и Android самостоятельно. 2021. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://timeweb.com/ru>.
6. Unity3d. Начало работы, практические советы. Рецензия [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/>.



7. Методи та засоби мультимедійних інформаційних систем: навч. посіб. Для студентів ВНЗ / Басюк Тарас Михайлович, Жежнич Павло Іванович; М-во освіти і науки України, Нац. Ун-т «Львів. Політехніка». Львів: Вид-во Львів. Політехніки, 2015. 426 с.

8. Jun W. et al. A Preliminary Discussion on the Status and Development Trend of Multimedia Technologies [J] // *Information Studies: Theory & Application*. 2001. Т. 2.

9. Dimitris Kanellopoulos. *Intelligent Multimedia Technologies for Networking Applications: Techniques and Tools* / University of Patras: Greece. 2013. 530 p. DOI: 10.4018/978-1-4666-2833-5.

10. Van Daal, Victor H. P.; Miglis Sandvik, Jenny; Adèr, Herman. A meta-analysis of multimedia applications: How effective are interventions with e-Books, Computer-Assisted Instruction and TV/Video on literacy learning? Reading in the digital age: Young children's experience with E-books. Editor / Ji Eun Kim; Brenna Hassinger-Das. Springer Nature Switzerland AG, 2019. pp. 259–296. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20077-0>.

References

1. *Vydannya elektronni. Osnovni vydy ta vykhidni vidomosti: DSTU 7157:2010*. [Chynnyi vid 11.03.2010]. Kyiv, 2010, 20 p. [in Ukrainian].

2. Pushkar, O. I., & Zavorodnia, O. S. (2015). *Multymediine vydavnytstvo [Multimedia publishing house]*. Kharkiv: KhNEU im. S. Kuznetsia, 204 p. [in Ukrainian].

3. (2020). Zhanry mobilnykh ihor [Genres of mobile games]. *Voki Games*. Retrieved from <http://vokigames.com> [in Ukrainian].

4. (2020). Dyzain mobilnykh dodatkov: protses rozrobky ta etapy proektuvania [Mobile application design: development process and design stages]. *Interfaces*. Retrieved from <http://turumburum.ua> [in Ukrainian].

5. (2021). *Rukovodstvo po razrobotke prilozheniy: kak sdelat' prilozhenie dlya iOS i Android samostoyatel'no [App Development Guide: How to make an iOS and Android app yourself]*. Retrieved from <http://timeweb.com/ru> [in Russian].

6. *Unity3d. Nachalo raboty, prakticheskie sovety. Retsenzija [Unity3d. Getting started, practical advice. Review]*. Retrieved from <https://habr.com/ru/> [in Russian].

7. Basiuk, T. M., & Zhezhnych, P. I. (2015). *Metody ta zasoby multymediinykh informatsiinykh system [Methods and tools of multimedia information systems]*. Lviv: Vyd-vo Lviv. Politekhniky, 426 p. [in Ukrainian].

8. Jun, W., et al. (2001). A Preliminary Discussion on the Status and Development Trend of Multimedia Technologies [J]. *Information Studies: Theory & Application*, Vol. 2 [in English].

9. Kanellopoulos, D. (2013). *Intelligent Multimedia Technologies for Networking Applications: Techniques and Tools*. Greece: University of Patras, 530 p. DOI: 10.4018/978-1-4666-2833-5 [in English].

10. Van Daal, V. H. P., Miglis Sandvik, J., & Adèr, H. (2019). *A meta-analysis of multimedia applications: How effective are interventions with e-Books, Computer-Assisted Instruction and TV/Video on literacy learning? Reading in the digital age: Young children's experience with E-books*. Springer Nature Switzerland AG, 259–296. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20077-0> [in English].



The paper presents the results of a study of the performance and usability of multimedia applications. The relevance of the study is established. Previous studies in the chosen direction are analyzed. Features of design and development of design of mobile applications are defined. The analysis of possible standard variants of multimedia applications, technologies of their creation is carried out.

Keywords: multimedia applications; testing; usability; software; impact parameters; UX-design; cross-platform.

Надійшла до редакції 07.09.21