

## ПРОЄКТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ СПОРТИВНО-ІГРОВОГО ЗАСТОСУНКУ

Олександр Басалкевич<sup>1</sup>, Олег Грибовський<sup>2</sup>

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційних систем та мереж,  
вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна

<sup>1</sup> E-mail: Oleksandr.A.Basalkevych@lpnu.ua, ORCID: 0009-0001-3049-9901

<sup>2</sup> E-mail: oleh.hrybovskyi.mitup.2022 @lpnu.ua, ORCID: 0009-0005-6318-3611

© Басалкевич О. А., Грибовський О. М., 2023

Подано проєкт спортивно-ігрового мобільного застосунку. Запропонована концепція має низку безперечних переваг над розглянутими продуктами-аналогами, основна з яких – наявність механізму штучного мотивування до ведення активнішого способу життя. Такий підхід особливо актуальний для сучасних дітей та підлітків, більшість з яких надає перевагу віртуальному розвагам.

На основі опрацьованої літератури здійснено аналіз підходів та методів для заохочення та втримання користувача мобільного застосунку. Висвітлено проблему зменшення фізичної активності населення.

На основі моделі адитивної згортки для задачі багатокритеріальної оптимізації обґрунтовано доцільність впровадження системи та її перевагу над аналогічними програмними продуктами, які пропонують на ринку. Сформульовано очікувані ефекти від впровадження системи. Запропоновано математичну модель для обґрунтування освітнього та фізкультурно-оздоровчого ефектів. Виконано декомпозицію системи на підсистеми за допомогою DFD-нотації Гейна – Сарсона. Розроблено та обґрунтовано кістякову архітектуру застосунку. Побудовано UML-діаграму діяльності основного процесу функціонування системи. Запропоновано один із можливих варіантів реалізації системи: вибрано та обґрунтовано модель життєвого циклу проєкту, визначено етапи його виконання та встановлено перелік мінімально необхідних людських ресурсів.

Впровадження цього застосунку є першим кроком для кількісного та якісного аналізу фізичної активності користувачів. На основі статистичних даних, збирання яких запропоновано імплементувати у наступних версіях системи, можна визначити, наскільки використання сучасних технологій та механізмів гейміфікації може мотивувати людей до активнішого способу життя. Підґрунтям для цього етапу є модель, висвітлена у роботі.

**Ключові слова:** спортивно-ігровий мобільний застосунок; задача багатокритеріальної оптимізації; Android; DFD; UML.

### Вступ

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується зростанням ролі інформаційних технологій. Однак не можна ігнорувати деякі негативні аспекти. Надання переваги віртуальному світу над реальним негативно впливає на психіку й здоров'я дитини і може погіршити зір, поставу та сон.

Потрібно пам'ятати про баланс між використанням технологій та фізичною активністю, особливо у підлітковому віці. Не йдеться навіть про регулярне заняття спортом. Можна почати з

простішого – прогулянки та пробіжки на свіжому повітрі. Необхідно визнати, що сьогодні іноді важко спонукати дитину вийти на прогулянку або позайматися спортом. Перевага надається комп'ютерним іграм та віртуальному спілкуванню.

У статті наведено опис інформаційної системи, яка покликана вирішити цю проблему.

Практична значущість результатів: розроблено концепцію та детально описано структуру інформаційної системи, яка мотивуватиме користувачів вести активніший спосіб життя. Цей підхід покладено в основу проекту ігрового застосунку.

Наукова новизна результатів: вперше розроблено інформаційну технологію моделювання процесів, спрямованих на освітній та фізкультурно-оздоровчий ефекти для користувачів, яка дає змогу розширити можливості ігрового застосунку.

### **Аналіз підходів та методів для заохочення та утримання користувача мобільного застосунку**

Сучасні мобільні застосунки є невід'ємною частиною ринку цифрових технологій. Щоб зацікавити та утримати користувачів, розробники та маркетологи застосовують різні механізми та стратегії.

Однією зі стратегій утримання користувачів є персоналізація та адаптація застосунку під індивідуальні потреби користувача. Створення унікального користувальницького досвіду, який якнайповніше відповідає потребам користувача, підвищує шанси на утримання та повторне використання програми.

Використовуючи тактику гейміфікації (англ. *gamification* – додавання ігрових елементів), розробники заохочують користувачів продовжувати використовувати програми. Такий підхід може передбачати систему досягнень, заохочень, рейтингів та інших механізмів, які мотивують добиватися цілей і брати участь в ігровому процесі.

Цикл звикання, описаний у [1], складається з чотирьох основних кроків: “Стимул”, “Відгук”, “Нагорода” та “Інвестиція”. На етапі “Стимул” відбувається створення триггеру, який привертає увагу користувача до продукту. Це може бути щось просте, таке як повідомлення на екрані або маркетингова акція, яка зацікавить користувача і спонукає розпочати використання продукту. У разі виникнення стимулу користувач повинен дати відповідь (“Відгук”), наприклад, натиснути на кнопку або виконати якусь дію у додатку. Важливо створити простий та інтуїтивний шлях для користувача, щоб мотивувати його на цей крок. Коли користувач здійснює відгук, йому надається “Нагорода” – щось корисне, приємне, таке, що задовольняє його потреби. Це може бути, наприклад, отримання інформації, знижки або цікавого контенту. Нагорода має бути доволі значущою, щоб користувач відчував задоволення і був мотивований повторно використовувати продукт. На останньому кроці (“Інвестиція”) користувач робить свій внесок у продукт. Завдяки цьому застосунок стає привабливішим та ціннішим для нього. Такою інвестицією можуть бути особисті налаштування, прив'язка банківської карти, створення профілю тощо. Вона додає відчуття приналежності та спроможності, що посилює зв'язок користувача із продуктом та стимулює його повторне використання.

Ден Ослен [2] акцентує на важливості створення мінімально життєздатного продукту (MVP – *minimum viable product*) як стартовій точці розроблення. MVP є версією продукту з мінімальним набором функцій, який допомагає розробникам перевірити їхні основні припущення (PoC – *proof of concept*), отримавши зворотний зв'язок від користувачів. Цей підхід мінімізує ризики, пов'язані з неправильними припущеннями, та дає змогу команді ітеративно та швидко вдосконалювати свої продукти.

У [3] досліджено вплив дизайну на повсякденне життя і те, як він може формувати наші враження у різних галузях, які охоплюють технології, продукти та послуги. Автори розглядають поняття “зручність дизайну” (*design usability*) та його здатність змінювати спосіб, яким ми взаємодіємо зі світом. Вони обговорюють приховані правила та принципи, які керують створенням зручних інтерфейсів, та наголошують на важливості дизайну, орієнтованого на користувача. Автори книги

доводять, що продуманий дизайн може покращити наш досвід та зробити використання мобільних додатків зручнішим. Вони підкреслюють роль зворотного зв'язку в проектуванні, акцентуючи на залученні користувачів на ранній стадії та наступних ітераціях для урахування їхніх потреб. Автори також обговорюють проблеми та етичні аспекти, що виникають під час створення зручних для користувача інтерфейсів, а саме конфіденційність, інклюзивність та вплив на соціальні взаємодії.

Отже, основними підходами та методами для втримання та заохочення користувача мобільного застосунку є швидке виконання мінімально робочого прототипу додатка із подальшим його вдосконаленням на основі активного зворотного зв'язку [2], використання циклу звикання [1] та дотримання ключових принципів побудови інтерфейсу [3]. Також не потрібно забувати про персоналізацію, гейміфікацію та регулярне оновлення контенту.

### Аналіз сучасних мобільних спортивних застосунків

Проаналізовано найпопулярніші застосунки-аналоги цієї категорії: Samsung Health та гру Pokemon Go.

Samsung Health – комплексна програма для відстеження стану здоров'я, розроблена компанією Samsung разом із терапевтичною асоціацією WellDoc. Всю інформацію програма отримує із пристроїв Samsung та інтегрованих датчиків смартфона. Встановити його можна на телефони з операційними системами Android (5.0 та вище) та iOS (7 і вище).

**Samsung Health** має дуже широкий набір функцій. По-перше, це відстеження активності (ходьби та бігу на основі акселерометра) та тренувань. Можна вручну вносити дані про тренування: кількість повторів та підходів. Наприклад, можна вказати, що виконано три підходи по 30 відтискань. Програма обчислить кількість витрачених калорій та динаміку на підставі попередніх даних. Аналогічно, можна вказувати час тренування (наприклад, баскетбол – 1 година). По-друге, за наявності додаткових приладів програма здатна вимірювати та зберігати деякі фізіологічні показники людини (пульс, тривалість сну). Також можна контролювати раціон харчування та кількість спожитих за день калорій, випитих склянок води тощо [4].

Однак потрібно наголосити, що цей програмний продукт ніяк не вмотивує користувача займатися спортом та вести здоровий спосіб життя. Він не спонукає пройти ще певну кількість кроків або пробігти певну відстань. Все ґрунтується на самоконтролі. Іноді, особливо у дітей та підлітків, власної мотивації немає або її недостатньо. Необхідно створити певні штучні подразники (“мотиватори”), які спонукатимуть вести активніший спосіб життя.

**Pokémon Go** – безкоштовна гра на основі визначення місцезнаходження (GPS) та доповненої реальності. Це мобільна рольова гра, розрахована на багатьох користувачів, розроблена і видана Niantic для iOS та Android пристроїв у 2016 р. Гравці використовують мобільні пристрої з GPS з можливістю знаходити, захоплювати, боротися і тренувати віртуальних істот, яких називають покемонами, що з'являються на екрані й наче перебувають в тому ж реальному місці, що і гравець. У гру закладена технологія, яка заохочує користувача пройти певну відстань, наприклад: за ігрову валюту можна купити яйце та поставити його у внутрішньоігровий інкубатор. Через певну кількість пройдених кроків з яйця з'являється покемон.

Однак цей додаток має три недоліки.

По-перше, ця механіка не основна в грі, оскільки цього самого покемона можна просто ввіймати. Не обов'язково користуватися механікою інкубатора, а отже, не обов'язково активно ходити та бігати.

Другим аргументом є те, що під час роботи гра використовує геолокацію (GPS). Як відомо, цей сервіс агресивно витрачає заряд акумулятора, його регулярно та тривале використання істотно знижує характеристики батареї. Розробники не передбачили можливості користуватися цим додатком без увімкненого GPS.

Також необхідно зазначити про небезпечну механіку гри. За допомогою внутрішньоігрового предмета-приманки можна у будь-яке місце на карті (у реальному, а не віртуальному світі) скликати

більше покемонів. На піку популярності гри у таких місцях дуже швидко збиралися діти та підлітки, щоб зловити побільше віртуальних створінь. В інтернеті у багатьох статтях (наприклад, [5]) розповідають, як цим користувалися злочинці з психічними проблемами, заманюючи дітей у закинуті безлюдні місця або на територію поблизу своїх будинків.

### **Аналіз проблеми зменшення фізичної активності населення**

Проблема зменшення фізичної активності населення планети актуальна та впливає на здоров'я та благополуччя людей у всьому світі. Одні з основних факторів – автоматизація та дедалі ширше використання комп'ютерів, смартфонів, телевізорів та інших електронних пристроїв. Ці технології значно збільшують час, який люди проводять пасивно, тобто сидячи або лежачи. Внаслідок цього збільшуються ризики різних розладів, таких як ожиріння, серцево-судинні захворювання, цукровий діабет, а також проблеми із психічним здоров'ям, наприклад, депресія та тривожність. Нестача фізичної активності може призвести до погіршення загального фізичного стану, втрати м'язової маси та зниження фізичної витривалості.

На основі дослідження [6] було виявлено, що велика частина жителів США 70 % денного часу сидять та дуже мало або зовсім не займаються фізичною активністю. Перехід до переважно сидячого способу життя порівняно з попередніми поколіннями – недавнє явище, яке спостерігається у багатих суспільствах. Зміни в довкіллі, урахуваючи робочі місця, школи, будинки та громадські простори, призвели до зниження фізичної активності та збільшення тривалості сидіння.

Зв'язок між фізичною активністю та психічним здоров'ям у молоді очевидний, але дослідницькі моделі часто неповні, а ефекти незначні чи помірні. Результати досліджень показують, що існує незначний, але стійкий зв'язок між тривалістю часу, проведеного перед екраном, та погіршенням психічного здоров'я [7].

Надання переваги віртуальному світові над реальним може негативно вплинути на психіку та здоров'я дитини, спричиняючи проблеми із зором, постановою та сном, а також призводячи до тривожності, роздратування та соціальної непристосованості. Важливо збалансувати використання технологій із фізичною активністю.

**Мета статті** полягає в аналізі особливостей розроблення спортивно-ігрового застосунку, який використовує математичні моделі для обґрунтування освітнього та фізкультурно-оздоровчого ефектів.

### **Мета запропонованої інформаційної системи**

На ринку мобільних додатків наявні спортивні застосунки. Однак основна проблема полягає в тому, що більшість з них не мотивують до фізичної активності, а можуть лише фіксувати та аналізувати її.

Захоплення дітей комп'ютерними іграми та технологіями можна та потрібно використовувати з позитивною метою, щоб зацікавити їх займатись спортом. Адже використання електронного пристрою та мобільного застосунку вже є певним мотиваційним елементом для дітей та підлітків. Відповідно, необхідно створювати цікаві та безпечні механіки з використанням ІТ-технологій, які б штучно мотивували цю категорію населення до активнішого способу життя.

### **Опис концепції спортивно-ігрового застосунку**

Поставлено мету – розробити спортивно-ігровий мобільний застосунок, який спонукатиме користувачів більше ходити пішки та бігати. Це, безперечно, позитивно впливає на здоров'я та загальний стан людини. Також застосунок надаватиме інформацію про видатних спортсменів світового рівня та їхні досягнення, що підвищить обізнаність у цій галузі та може слугувати певним мотиваційним елементом для користувача. Опишемо детальніше ідею та основну концепцію застосунку.

Застосунок ґрунтується на крокомірі (акселерометрі), який вбудований у переважну більшість сучасних телефонів та планшетів. Коли додаток запущений на мобільному пристрої, акселерометр фіксує кожен крок людини.

Передбачено дві внутрішньоігрові валюти: золоті монети та золоті кросівки. Користувач отримує одну золоту монетку за кожні 1000 кроків, зафіксовані акселерометром. Золотий кросівок можна отримати, безперервно пробігши 10 хвилин.

Також у додатку є кубки: золотий, срібний та бронзовий. Бронзовий кубок можна купити за 3 золоті монети, срібний – за 5, а золотий – за 10. Після того, як користувач зібрав необхідну кількість монет та купив бажаний кубок, його необхідно наповнити очками кубка (*cup points*). Один крок дає 1 очко. Відповідно, щоб заповнити бронзовий кубок, необхідно зібрати 5000 очок, срібний – 8000, золотий – 12000. Одночасно можна збирати очки лише для одного кубка. Коли кубок наповнено, він щезає, а користувач, натомість, отримує колекційну картку спортсмена світового рівня. Попередній дизайн карток наведено на рис. 1. Картки поділено на три категорії: звичайні, особливі та рідкісні.



Рис. 1. Можливий дизайн колекційних карток у застосунку

Із золотого кубка “випадає” рідкісна (з імовірністю 70 %) або особлива (30 %) картка. Срібний кубок може принести звичайну картку з імовірністю 20 %, особливу (65 %) або рідкісну (15 %). Вибравши бронзовий кубок, можна розраховувати на звичайну картку з імовірністю 75 %, особливу (23 %) та рідкісну (2 %). Вона додається до колекції та залишається там на постійній основі. Картка містить фотографію спортсмена, його ім’я, назву виду спорту, та прапор країни, яку він представляє. Користувач також матиме можливість переглянути будь-яку картку із колекції, відкривши вікно з детальнішою інформацією про спортсмена та посиланням на вебресурс (наприклад, Вікіпедію). Схему основної (скелетної) логіки роботи програми наведено на рис. 2.

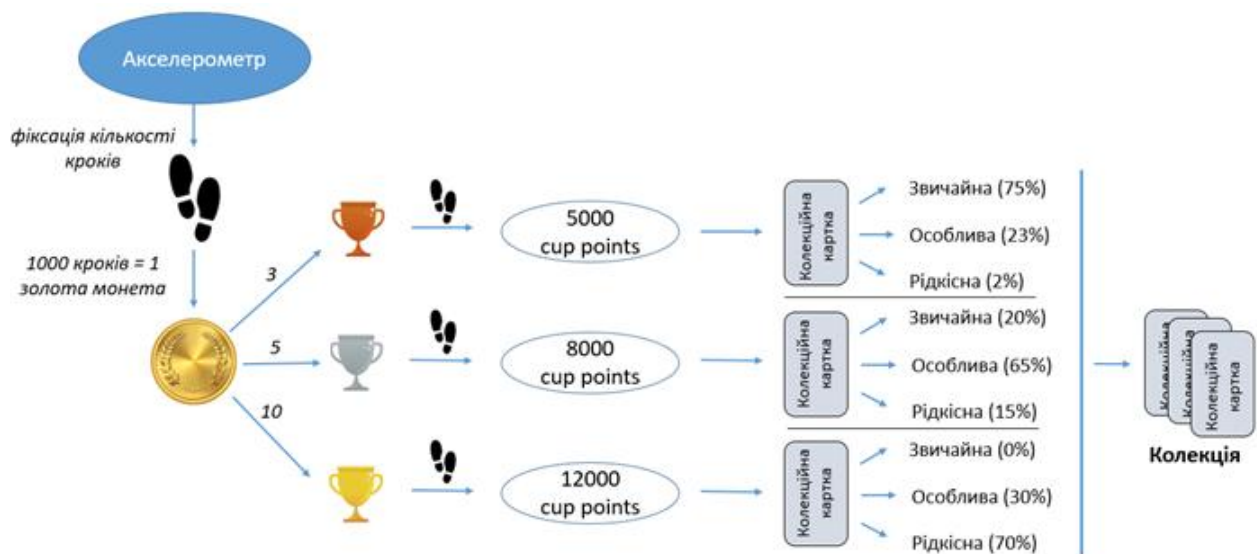


Рис. 2. Скелетна логіка роботи додатка

Додатковою валютою у додатку є золотий кросівок. Як зазначалося вище, щоб заробити 1 золотий кросівок, необхідно безперервно пробігти 10 хвилин. Його передбачено, оскільки в грі є картки різних видів спорту (теніс, футбол, баскетбол тощо), і “випадають” вони випадково. Користувач може зібрати багато футбольних карток, ще й з дублікатами, і лише декілька тенісних. Щоб вплинути на це, у застосунку буде доступний розділ “Спортивний інвентар”. Наприклад, для тенісу – ракетка і м’яч, для футболу – футбольний м’яч і жовта картка, для баскетболу – баскетбольний м’яч і свисток. Ці речі можна купити за певну кількість золотих кросівок. Тоді, наповнюючи кубок, можна буде “покласти” в нього відповідний спортивний інвентар, щоб точно отримати картку певного виду спорту (наприклад, поклавши в кубок тенісний м’яч із ракеткою, на виході точно одержимо картку відомого тенісиста).

Якщо проаналізувати модель найімовірнішої поведінки користувача, можна помітити цікавий факт. Спочатку, коли користувач ще не має карток або їх дуже мало, йому не треба бігати і збирати золоті кросівки, оскільки не потрібно впливати на розподіл карток за видами спорту. Відповідно, людина, не підготована фізично, не нашкодить собі, різко почавши бігати. Якщо користувач вже зібрав багато карток та хоче вплинути на їх розподіл за видами спорту, це означає, що він багато пройшов пішки, а отже, його тіло вже краще підготовано до бігу, ніж на початку.

Застосунок матиме також вкладку “Тренування”, у якій можна відстежувати поточну пройдену відстань, миттєву швидкість та кількість зроблених кроків. Дані можна обнулити у будь-який момент. Це не вплине на кількість пройдених кроків для отримання наступної золотої монети або на кількість зібраних очок кубка.

### Обґрунтування доцільності впровадження системи та визначення переваг над продуктами-аналогами

Для оцінки кількісних та якісних характеристик запропоновано дві шкали оцінки (типи даних):

- Так/Ні (надалі *Boolean*, визначає наявність або повну відсутність властивості у програмному продукті).
- Оцінка за шкалою 1–5 (надалі *Range\_1\_5*, визначає оцінку за заданим критерієм, де 1 – абсолютно не відповідає критерію, 5 – повністю відповідає критерію).

У табл. 1 наведено кількісні/якісні параметри. Значення ми вказали на основі власного досвіду користування застосунками-аналогами. Для кожного параметра зазначено його важливість, щоб обґрунтувати доцільність упровадження запропонованої системи. Важливість вимірюється у відсотках; сума важливостей усіх критеріїв повинна становити 1 (100 %). Надалі для прозорості оцінювання можна залучити сторонніх експертів.

Таблиця 1

#### Порівняння кількісних/якісних параметрів

Кількісні/якісні характеристики	Продукти			Важливість, %	Коментарі
	Запропоноване рішення	Samsung Health	Pokemon Go		
1	2	3	4	5	6
Функціонал для спортивних тренувань	3	5	2	23	Запропонований застосунок поступається Samsung Health із погляду тренувального контенту
Мотивація до спортивних тренувань	5	3	2	14	Запропонована концепція значно сильніше мотивує користувачів ходити та бігати (особливо дітей та підлітків)

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6
Наявність освітньої складової	Так	Ні	Ні	9	Запропонований застосунок надає інформацію про видатних спортсменів світу та види спорту в ігровій формі
Інтуїтивність та зручність графічного інтерфейсу	5	4	5	3	Samsung Health надає велику кількість контенту, тому навігація по застосунку іноді не є абсолютно інтуїтивною
Гарантія збереження поточного прогресу	4	4	4	8	Є імовірність втрати даних в момент збою (вимкнення телефону, розриву інтернет-зв'язку тощо)
Відсутність збоїв у роботі програми	4	4	4	5	Об'єктивну оцінку параметра можна надати лише після тестування застосунку
Оптимальне споживання заряду акумулятора	4	4	2	7	Запропонований застосунок не використовує GPS, однак постійна робота акселерометра розряджає акумулятор (як і Samsung Health)
Можливість та зручність розширення функціоналу	4	3	4	5	Samsung Health обмежений типами тренувань
Можливість локалізації	Так	Так	Так	3	Запропонований застосунок може бути локалізовано. Аналоги локалізовані на різні мови світу
Можливість та зручність додавання контенту	4	3	5	8	Запропонований застосунок обмежений тематикою проєкту, однак є можливість додавання нових карток та колекцій. Samsung Health обмежений типами тренувань
Безпечність використання	4	4	1	15	Заняття спортом об'єктивно можуть бути травмонебезпечними. Однак Pokemon Go має абсолютно небезпечну механіку

Для обґрунтування переваг запропонованої концепції мобільного застосунку над продуктами-аналогами запропоновано виконати оцінювання на основі моделі адитивної згортки для задачі багатокритеріальної оптимізації [10], [11].

Цільова функція матиме вигляд:

$$F(x) = \sum k_i a_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

де  $k_i$  – важливість  $i$ -го критерію;  $a_i$  – значення  $i$ -го критерію. Варто зазначити, що критерії вимірюються за допомогою двох різних шкал: [1..5] та [Так, Ні]. Необхідне зведення до спільної шкали. У цій моделі допустимо прийняти: “Так = 5, Ні = 1”. Оскільки тепер усі значення містяться у проміжку [1..5], нормування значень здійснювати не потрібно.

Далі наведено розрахунки за моделлю адитивної згортки.

Нехай А – запропонований застосунок, В – Samsung Health; С – Pokemon Go. Тоді:

$$F(A) = 3 \times 0.23 + 5 \times 0.14 + 5 \times 0.09 + 5 \times 0.03 + 4 \times 0.08 + 4 \times 0.05 + 4 \times 0.07 + 4 \times 0.05 + 5 \times 0.03 + 4 \times 0.08 + 4 \times 0.15 = 4.06$$

$$F(B) = 5 \times 0.23 + 3 \times 0.14 + 1 \times 0.09 + 4 \times 0.03 + 4 \times 0.08 + 4 \times 0.05 + 4 \times 0.07 + 3 \times 0.05 + 5 \times 0.03 + 3 \times 0.08 + 4 \times 0.15 = 3.72$$

$$F(C) = 2 \times 0.23 + 2 \times 0.14 + 1 \times 0.09 + 5 \times 0.03 + 4 \times 0.08 + 4 \times 0.05 + 2 \times 0.07 + 4 \times 0.05 + 5 \times 0.03 + 5 \times 0.08 + 1 \times 0.15 = 2.54$$

На підставі обчислень можна зробити висновок, що запропоноване рішення краще за аналоги з погляду розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації.

### Очікувані ефекти від впровадження системи

Необхідно визначити цілі (позитивні зміни) та ефекти впровадження пропонованої системи. Передбачається, що вона забезпечить позитивні фізкультурно-оздоровчий та освітній ефекти, згруповані у табл. 2.

Таблиця 2

### Цілі та ефекти впровадження інформаційної системи

Ціль	Ефект
Мотивувати користувачів більше ходити пішки (збільшити середню кількість кроків за день)	Фізкультурно-оздоровчий
Підвищити витривалість під час кардіотренувань (бігу)	
Підвищити обізнаність користувачів про досягнення спортсменів світового рівня та спортивну тематику загалом	Освітній

Повноцінно оцінити ефекти системи можна лише після її безпосереднього впровадження та збирання статистичних даних. Поки що можна говорити лише про очікувані позитивні ефекти та модель для їх оцінювання.

### Математична модель для підтвердження позитивних ефектів від впровадження системи

Після реалізації першої стабільної версії мобільного додатка системи запропоновано набрати групу охочих для його тестування. Люди, які братимуть участь у експерименті, повинні бути середньостатистичними з погляду спортивної підготовки, без медичних протипоказань до фізичних навантажень малої та середньої важкості.

**Математична модель підтвердження освітнього ефекту.** До початку користування системою необхідно пройти тест, який перевірить обізнаність людини про спортсменів та види спорту загалом. Це може бути 30 питань з вибором однієї правильної відповіді із чотирьох запропонованих. (Наприклад: Хто з наведених спортсменів є тенісистом? а) Карлес Пуйоль; б) Рафаель Надаль; в) Кевін Дюрант; г) Тайсон Ф'юрі). Кожна правильна відповідь оцінюється в 1 бал. Тоді середню оцінку  $M_1$  для групи до використання додатка обчислимо за формулою:

$$M_1 = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}, \quad (2)$$

$$M_1 \in [0..maxMark]$$

де  $n$  – кількість людей у групі;  $m_i$  – оцінка  $i$ -ї людини;  $maxMark$  – максимальна оцінка за тест (в аналізованому випадку дорівнює 30).

Після цього люди користуватимуться системою протягом зазначеного терміну експерименту. Після його завершення кожній людині в групі запропонують пройти аналогічний тест. Нехай  $M_2$  – середня оцінка для групи після користування додатком.

Введемо шкалу для оцінювання освітнього ефекту додатка: [ефект\_негативний, ефекту\_не\_виявлено, ефект\_позитивний].

Тоді вважаємо, що якщо середня оцінка змінилася у межах 10 %, ефекту\_не\_виявлено:

$$|M_1 - M_2| \leq 0.1 \times maxMark \rightarrow \text{ефекту\_не\_виявлено}$$



Інакше, якщо  $M_2$  більше за  $M_1$  – ефект\_позитивний, якщо  $M_1$  більше за  $M_2$  – ефект\_негативний:

$(\neg \text{ефекту\_не\_виявлено}) \wedge (M_2 > M_1) \rightarrow \text{ефект\_позитивний}$

$(\neg \text{ефекту\_не\_виявлено}) \wedge (M_2 < M_1) \rightarrow \text{ефект\_негативний}$

**Математична модель підтвердження фізкультурно-оздоровчого ефекту.** Фізкультурно-оздоровчий ефект полягає у збільшенні середньої кількості кроків, пройдених за день, а також підвищенні витривалості під час кардіотренувань.

*Середньодобова кількість кроків.* Кожному учаснику експерименту потрібно поставити сторонній мобільний додаток-крокомір та виміряти середню кількість кроків за день протягом певного періоду (наприклад, тижня  $m = 7$ ). Тоді середня кількість кроків групи учасників експерименту за день ( $K_1$ ), що вимірюється за  $m$  днів, до користування системою, що розробляється, обчислюватиметься за формулою:

$$K_1 = \frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{\sum_{i=1}^m k_{ij}}{m} \right)}{n}, \quad (3)$$

де  $n$  – кількість людей у групі;  $m$  – кількість днів експерименту;  $k_{ij}$  – кількість кроків  $j$ -ї людини за  $i$ -й день вимірювання.

Аналогічно обчислимо  $K_2$  – середню кількість кроків групи учасників за день, що вимірюється за період  $m$  днів під час користування додатком.

Введемо шкалу для оцінювання зміни середньої кількості кроків на день: [зменшилася, не\_змінилася, збільшилася, значно\_збільшилася].

Введемо порогове значення  $\varepsilon = 1000$  кроків та дамо визначення:

$|K_1 - K_2| \leq \varepsilon \rightarrow \text{не\_змінилася}$

$(\neg \text{не\_змінилася}) \wedge (K_1 > K_2) \rightarrow \text{зменшилася}$

$(\neg \text{не\_змінилася}) \wedge (2 \times K_1 < K_2) \rightarrow \text{значно\_збільшилася}$

$(\neg \text{не\_змінилася}) \wedge (\neg \text{значно\_збільшилася}) \wedge (K_1 < K_2) \rightarrow \text{збільшилася}$

Варто зазначити, що запропонована модель не є повністю об'єктивною, оскільки кількість кроків людини за день також залежить від сторонніх обставин (наприклад, необхідності піти в конкретне місце). Тому для одержання точнішого результату потрібно розглянути можливість збільшення кількості днів експерименту  $m$ .

*Підвищення витривалості під час кардіотренувань.* Пропонується виміряти, скільки часу (в хвиликах) кожна людина в групі може безперервно бігти до початку користування додатком, зберігаючи сталий, наперед визначений темп і не перевищуючи порогового значення пульсу. Людина повинна припинити біг, коли пульс зросте до визначеної критичної позначки. Після цього візьмемо середнє значення для групи, нехай воно дорівнює  $T_1$ .

Група користуватиметься додатком протягом зазначеного терміну експерименту, після закінчення експерименту необхідно виконати аналогічні вимірювання. Нехай отримане значення дорівнює  $T_2$ .

Введемо шкалу для оцінювання зміни середньої тривалості бігу в сталому темпі та без перевищення порогового значення пульсу: [зменшилася, не\_змінилася, збільшилася, значно\_збільшилася].

Введемо значення  $\varepsilon = 4$  хв та дамо визначення:

$|T_1 - T_2| \leq \varepsilon \rightarrow \text{не\_змінилася};$

$(\neg \text{не\_змінилася}) \wedge (T_1 > T_2) \rightarrow \text{зменшилася};$

$(\neg \text{не\_змінилася}) \wedge (1.5 \times T_1 < T_2) \rightarrow \text{значно\_збільшилася};$

$(\neg \text{не\_змінилася}) \wedge (\neg \text{значно\_збільшилася}) \wedge (T_1 < T_2) \rightarrow \text{збільшилася};$

У табл. 3 наведено цілі та ефекти, які повинна забезпечити системи, та одиниці вимірювання (шкали), для кожної цілі вказано також очікуване значення оцінки.

Таблиця 3

## Підсумкова таблиця цілей та ефектів

Ціль	Ефект	Одиниці вимірювання	Очікуване значення оцінки
Мотивувати користувачів більше ходити пішки (збільшити середню кількість кроків за день)	фізкультурно-оздоровчий	[зменшилася, не_змінилася, збільшилася, значно_збільшилася]	значно_збільшилася
Підвищити витривалість користувачів під час кардіотренувань (бігу)	фізкультурно-оздоровчий	[зменшилася, не_змінилася, збільшилася, значно_збільшилася]	зростає
Підвищити обізнаність користувачів про досягнення спортсменів світового рівня та спортивну тематику загалом	освітній	[ефект_негативний, ефекту_не_виявлено, ефект_позитивний]	ефект_позитивний

## Визначення та специфікація основного процесу функціонування системи

“Серцем” системи є акселерометр. Для фіксації кроку необхідно визначити модуль різниці магнітуди коливань у момент часу  $t_i$  та  $t_{i-1}$ , а після цього отримане значення порівняти із константою, підбраною експериментально. Якщо отримане значення більше за неї, фіксується крок. Зафіксувавши кількість кроків за певний інтервал часу, можна визначити моментальну швидкість.

Магнітуда коливання  $M$  у момент часу  $t$  обчислюється за формулою:

$$M = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}, \quad (4)$$

де  $a_x$  – прискорення по осі OX;  $a_y$  – прискорення по осі OY;  $a_z$  – прискорення по осі OZ.

Вводиться значення порогової величини  $\varepsilon$ , і якщо  $|M_{t-1} - M_t| > \varepsilon$ , фіксується крок. Значення  $\varepsilon$  підбирають експериментально. На рис. 3 наведено блок-схему алгоритму фіксації кроку.

Потрібно урахувати, що розроблення неелементарного застосунку для Android (яким і є цей стартап) передбачає використання архітектури MVVM (Model – View – View Model) [8].

Очевидно, що працювати безпосередньо з акселерометром під час імплементації бізнес-логіки застосунку незручно і неправильно з погляду побудови архітектури ПЗ. По-перше, на рівні моделі хотілося б працювати не з магнітудою коливання, а з кроками. По-друге, використовувати моментальну швидкість незручно і недоцільно, оскільки її значення може різко змінюватися. Потрібно застосовувати апроксимацію і згладжування. Тому необхідно ввести проміжний рівень для роботи із акселерометром – *AccelerometerDataProxy*. Він виконуватиме два завдання: надання необхідних даних за запитом моделі та зчитування сирих даних із акселерометра із подальшою конвертацією даних у потрібний формат. Як бачимо, одна сутність (*AccelerometerDataProxy*) виконуватиме два різні завдання, що суперечить принципу “Єдиної відповідальності” (Single Responsibility) принципів SOLID [9]. Тому потрібно винести цей функціонал в окрему структурну одиницю – *AccelerometerDriver*.

Також необхідно звернути увагу на те, що деякі моделі повинні вміти зберігати дані між перезапусками додатка. Наприклад, користувач пройшов 1000 кроків та закрив застосунок. Коли він знову його відкріє, кроки повинні рахуватися з 1000, а не з 0. Те саме стосується кількості зібраних монет, колекції карток тощо. Отже, очевидна необхідність використання БД або її аналогів (наприклад, Android shared preferences).

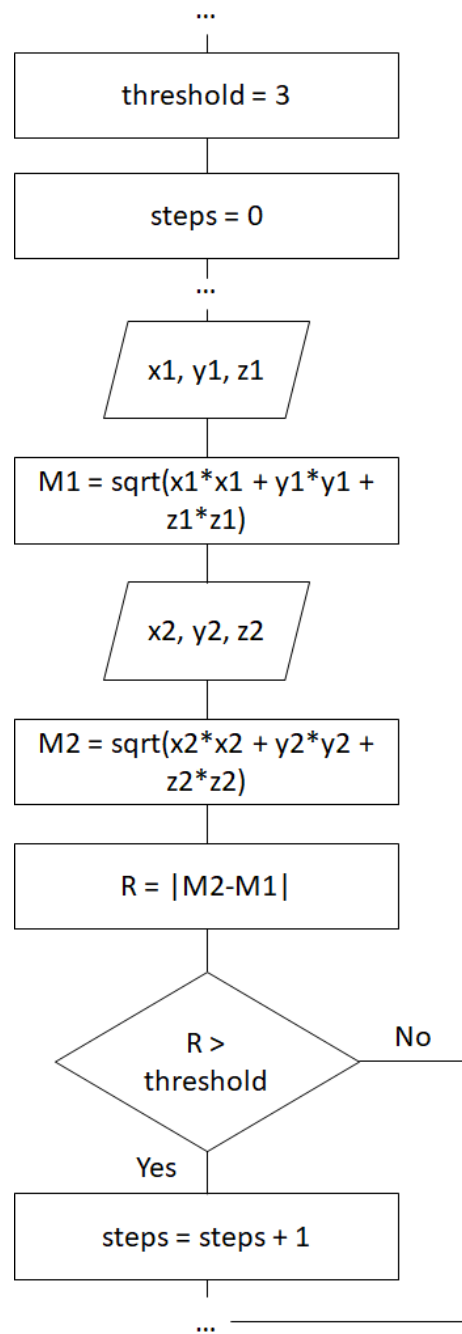


Рис. 3. Блок-схема алгоритму фіксації кроку

Отже, основний механізм функціонування системи виглядатиме так. *AccelerometerService* на основі зміни магнітуди коливання зафіксував крок та виміряв моментальну швидкість (на основі попередніх даних). *AccelerometerDriver*, який є частиною *AccelerometerDataProху*, перетворив результати у вигляд, зручний для роботи *Model Layer*, та обчислив похідні дані. Такими даними є кількість пройдених кроків, апроксимована швидкість, пройдена відстань (у кілометрах) та тип руху (спокій, піший хід, біг). Моделі, підписані на оновлення зазначених даних, отримують зміни. За потреби вони можуть зберегти деякі дані у БД. Після цього, за принципом архітектури MVVM зазнають оновлення шари *ViewModel* та *View*. На рис. 4 наведено схему основного процесу функціонування з погляду технічної реалізації.

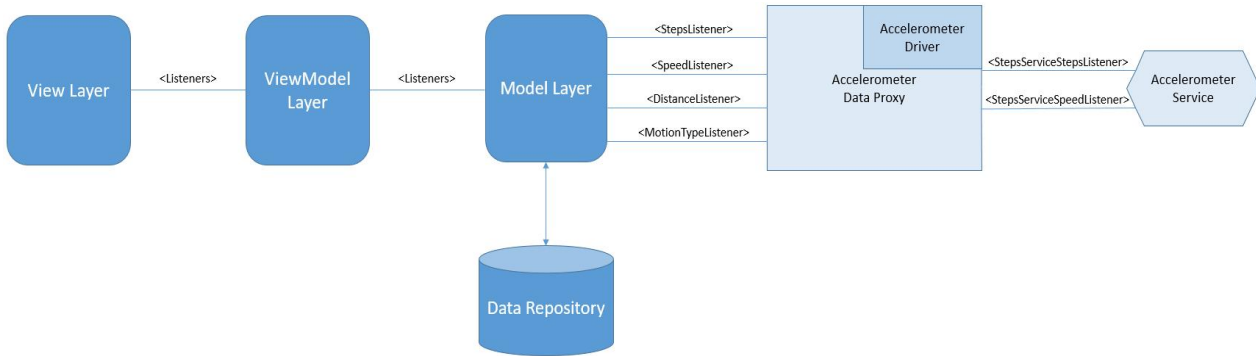


Рис. 4. Схема основного процесу функціонування системи з погляду технічної реалізації

На рис. 5 наведено UML-діаграму діяльності, що описує основний процес функціонування системи.

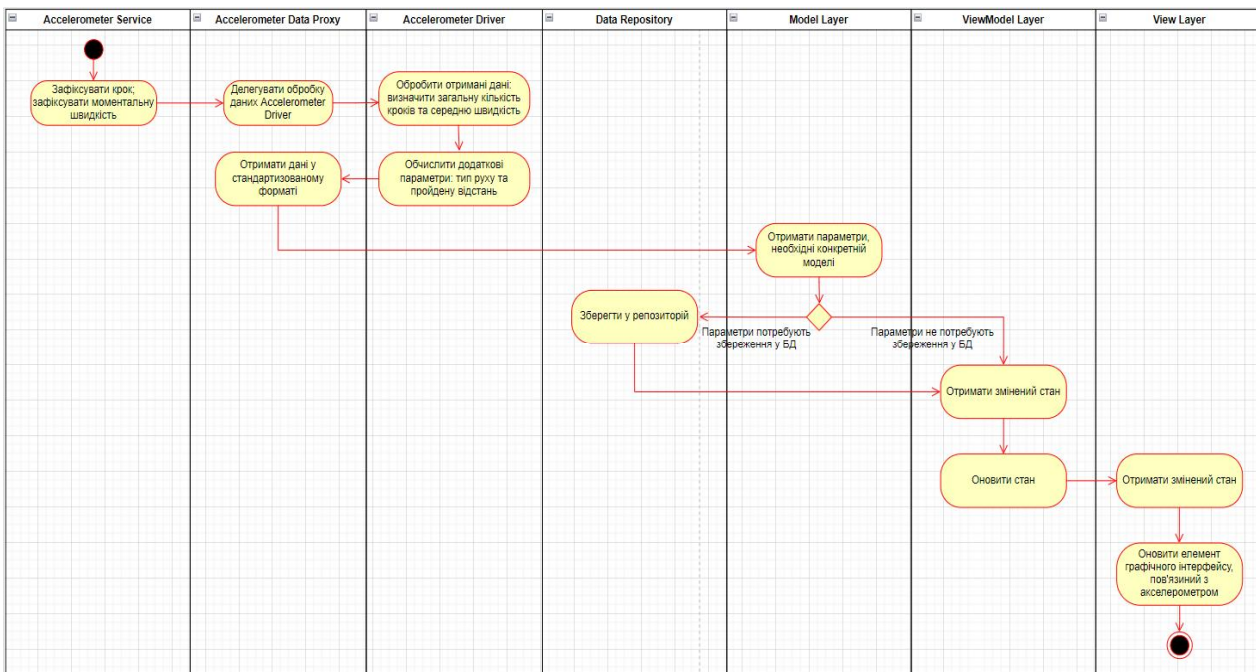


Рис. 5. UML-діаграма діяльності основного процесу функціонування системи

### Вибір та обґрунтування моделі життєвого циклу проекту

Застосуємо адаптивний підхід до розроблення з багаторазовим постачанням контенту.

По-перше, до початку проекту чітко сформульовано основну концепцію та необхідний базовий функціонал системи. Додатковий та другорядний функціонал можна додавати, змінювати або вилучати під час розроблення. Це зумовлено тим, що проект є стартапом. Під час його реалізації у менеджменту та команди розробників можуть з'являтися нові ідеї із удосконалення бізнес-логіки, якими не можна нехтувати.

По-друге, у цьому проекті можна чітко виокремити три етапи нарощення функціоналу:

- реалізація взаємодії із акселерометром на системному рівні; конвертація даних, отриманих із акселерометра;
- відображення первинних (кількість кроків) та вторинних (відстань, швидкість, тип руху) даних, одержаних з акселерометра – режим тренування;
- реалізація описаної бізнес-логіки.

Відповідно, на кожному етапі бажано мати робочу версію системи та нарощувати її функціонал.

По-третє, важливо зазначити: щоб підтримувати інтерес до застосунку, час від часу потрібно додавати новий контент. Це оновлення карток у колекції, а також можливий варіант ребрендингу: наприклад, зміни концепції на тематику “спортивні автомобілі” тощо. Відповідно, передбачається підтримка продукту після завершення основної фази розроблення та впровадження.

На рис. 6 наведено схему етапів виконання проєкту.



Рис. 6. Схема етапів виконання проєкту

### Структуризація проєкту

Зручніше структурувати проєкт за принципом “зверху – вниз” – від загального до конкретного. Кістякова структура та архітектура зрозумілі на стадії планування. Деталі механіки та логіки роботи системи можна довізнати безпосередньо під час роботи над проєктом.

На рис. 7 наведено декомпозицію системи на підпроцеси та показано взаємодію між ними.

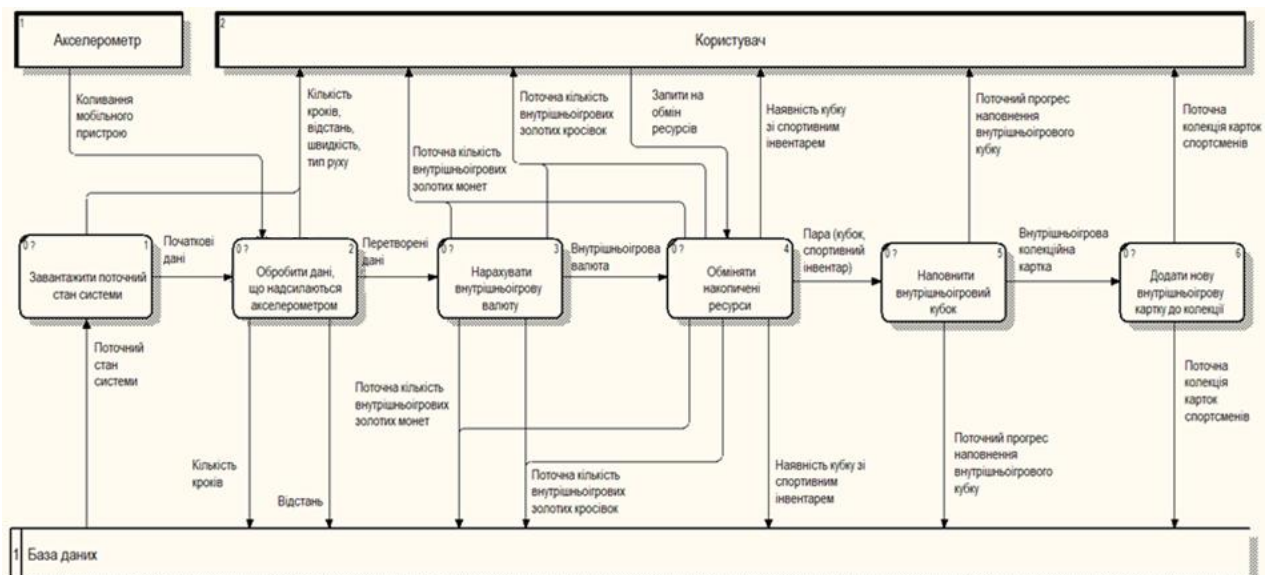


Рис. 7. Декомпозиція системи на підпроцеси із використанням DFD-нотації Гейна – Сарсона

Отже, можна виділити шість підсистем:

- підсистема отримання, конвертації та аналізу даних, що надсилає акселерометр;
- підсистема нарахування внутрішньої грошової валюти;

- підсистема внутрішньоігрових транзакцій (обмін накопичених ресурсів);
- підсистема наповнення внутрішньоігрового кубка;
- підсистема колекціонування та перегляду внутрішньоігрових карток спортсменів;
- підсистема збереження стану та роботи з БД.

Робота над кожною підсистемою, загалом, передбачає проектування, розроблення дизайну візуальних елементів, імплементацію та тестування.

### **Визначення ресурсів для реалізації проєкту**

Розробляючи за стосунок, потрібно визначити найменшу можливу кількість виконавців. Це подовжить термін виконання проєкту, однак мінімізує фінансові затрати.

До виконання проєкту необхідно залучити:

- старшого інженера-програміста (Android, Kotlin). Його завдання – розроблення загальної архітектури, структури БД та імплементація каркасу;
- молодшого інженера-програміста (Android, Kotlin). Він безпосередньо розроблятиме основну частину проєкту;
- інженера із тестування ПЗ, який відповідатиме за тестування та виявлення недоліків під час розроблення;
- дизайнера (UI/UX). Йому необхідно розробити графічний інтерфейс додатка та колекції карток спортсменів.

### **Висновки**

Безперечною перевагою запропонованої концепції інформаційної системи для спортивно-ігрового застосунку над продуктами-аналогами є наявність механізму штучного мотивування до ведення активнішого способу життя. На увагу заслуговує зокрема модель найімовірнішої поведінки користувача, що є наслідком розробленої механіки: потреба у пробіжках виникає не одразу, а після тривалого періоду піших прогулянок. Бігові навантаження без підготовки можуть бути шкідливими для людини. Попередня фаза із регулярними пішими прогулянками підготує користувача до активніших тренувань.

Розглянуто переваги і недоліки продуктів-аналогів (Samsung Health та Pokemon Go). На основі моделі адитивної згортки для задачі багатокритеріальної оптимізації доведено та обґрунтовано доцільність розроблення програмного продукту. Сформульовано очікувані ефекти від впровадження системи. Розроблено математичні моделі для обґрунтування освітнього та фізкультурно-оздоровчого ефектів.

Запропоновано застосувати до розроблення мобільного застосунку адаптивний підхід з використанням підходу багаторазового постачання контенту. Як патерн розроблення мобільного застосунку вибрано архітектуру MVVM, що передбачає чіткий розподіл відповідальності між компонентами для забезпечення модульності та підтримки. Патерн також полегшує написання тестів для окремих компонентів.

Упровадження цього застосунку є першим кроком для кількісного та якісного аналізу фізичної активності користувачів. На підставі статистичних даних, збирання яких запропоновано імплементувати у наступних версіях системи, можна визначити, наскільки використання сучасних технологій та механізмів гейміфікації мотивуватиме людей до активнішого способу життя. Підґрунтям для цього етапу є модель, описана у цій роботі.

### **Список літератури**

1. Eyal, N. (2014). “Hooked: How to Build Habit-Forming Products”. Penguin Random House.

2. Olsen, D. (2015). "The Lean Product Playbook: How to Innovate with Minimum Viable Products and Rapid Customer Feedback". Wiley.
3. Kuang, C., Fabricant, R. (2019). *User Friendly: How the Hidden Rules of Design are Changing the Way We Live, Work, and Play*.
4. Samsung Health: Everything you need to know (2023). URL: <https://www.xda-developers.com/samsung-health/>
5. Pokémon Go lures children near homes of sex offenders (2023). URL: <https://nypost.com/2016/07/29/pokemon-go-lures-children-near-homes-of-sex-offenders/>
6. Owen, N., Sparling, P. B., Healy, G. N., Dunstan, D. W., & Matthews, C. E. (2010). Sedentary Behavior: Emerging Evidence for a New Health Risk. *Mayo Clinic Proceedings*, 85(12), 1138–1141. DOI: 10.4065/mcp.2010.0444
7. Biddle, S. J., & Asare, M. (2011). Physical Activity and Mental Health in Children and Adolescents: A Review of Reviews. *British Journal of Sports Medicine*, 45(11), 886–895. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090185
8. Android MVVM Design Pattern, Digital Ocean (2023). URL: <http://www.digitalocean.com/community/tutorials/android-mvvm-design-pattern>.
9. Martin, Robert C. (2014). *Agile software development: principles, patterns, and practices*. London: Pearson education Inc.
10. Теслюк В. М., Загарюк Р. В. (2012). Методи багатокритеріальної оптимізації: Ч. 1. Конспект лекцій з курсу "Методи багатокритеріальної оптимізації" для студентів спеціальності 8.05010103 "Системне проєктування". Львів: Видавництво Нац. ун-ту "Львівська політехніка".
11. Басалкевич О. А. (2015). Визначення оптимальної конфігурації інтелектуальної теплиці за допомогою адитивної, мультиплікативної, мінімаксної та максимінної згорток // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: матеріали V Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів ACIT'2015, Тернопіль, 22–23 травня 2015. Тернопіль: THEU. С. 12–14.

#### References

1. Eyal, N. (2014). "Hooked: How to Build Habit-Forming Products". Penguin Random House.
2. Olsen, D. (2015). "The Lean Product Playbook: How to Innovate with Minimum Viable Products and Rapid Customer Feedback". Wiley.
3. Kuang, C., Fabricant, R. (2019). *User Friendly: How the Hidden Rules of Design are Changing the Way We Live, Work, and Play*.
4. Samsung Health: Everything you need to know (2023). URL: <https://www.xda-developers.com/samsung-health/>
5. Pokémon Go lures children near homes of sex offenders (2023). URL: <https://nypost.com/2016/07/29/pokemon-go-lures-children-near-homes-of-sex-offenders/>
6. Owen, N., Sparling, P. B., Healy, G. N., Dunstan, D. W., & Matthews, C. E. (2010). Sedentary Behavior: Emerging Evidence for a New Health Risk. *Mayo Clinic Proceedings*, 85(12), 1138–1141. DOI: 10.4065/mcp.2010.0444
7. Biddle, S. J., & Asare, M. (2011). Physical Activity and Mental Health in Children and Adolescents: A Review of Reviews. *British Journal of Sports Medicine*, 45(11), 886–895. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090185
8. Android MVVM Design Pattern, Digital Ocean (2023). URL: <http://www.digitalocean.com/community/tutorials/android-mvvm-design-pattern>.
9. Martin, Robert C (2014). *Agile software development: principles, patterns, and practices*. London: Pearson education Inc.
10. Teslyuk V. M., Zaharyuk R. V. (2012). Methods of multicriteria optimization: P.1. Synopsis of lectures from the course "Methods of multicriteria optimization" for students of the specialty 8.05010103 "System design". Lviv: Publishing House of the Lviv Polytechnic National University.
11. Basalkevych O. A. (2015). Determination of the optimal configuration of an intelligent greenhouse using additive, multiplicative, minimax and maximin convolutions. *Modern computer information technologies: materials of the 5th All-Ukrainian school-seminar of young scientists and students ACIT'2015*, Ternopil, May 22–23. Ternopil. P. 12–14.

**INFORMATION SYSTEM PROJECT FOR A SPORTS AND GAME MOBILE APPLICATION  
WITH ELEMENTS OF ARTIFICIAL MOTIVATION TO LEAD A MORE ACTIVE LIFESTYLE**

**Oleksandr Basalkevych<sup>1</sup>, Oleh Hrybovskiy<sup>2</sup>**

Lviv Polytechnic National University, Information Systems and Networks Department,  
12, S. Bandery str., Lviv, Ukraine

<sup>1</sup> E-mail: Oleksandr.A.Basalkevych@lpnu.ua, ORCID: 0009-0001-3049-9901

<sup>2</sup> E-mail: oleh.hrybovskiy.mitup.2022 @lpnu.ua, ORCID: 0009-0005-6318-3611

© *Basalkevych O., Hrybovskiy O., 2023*

The article presents the idea of a sports and gaming mobile application. The proposed concept has a number of indisputable advantages over the analogue products. The main one is the presence of a mechanism of artificial motivation to lead a more active lifestyle. This approach is especially relevant for modern children and teenagers, most of whom prefer virtual entertainment.

The analysis of approaches and methods for encouraging and retaining the user of the mobile application was carried out based on the studied literature. The problem of reducing the physical activity of the population is highlighted.

Based on the model of additive convolution for the problem of multi-criteria optimization, the feasibility of implementing the system and its superiority over similar software products presented on the market are substantiated. The expected implementation effects of the system are formulated. Mathematical model for substantiation of educational and physical culture and health effects are proposed. Decomposition of the system into subsystems was carried out using Gain-Sarson DFD-notation. The skeleton architecture of the application has been developed and substantiated. The UML activity diagram of the main process of system functioning has been developed. One of the possible options for implementing the system is proposed: the model of the project life cycle is chosen and substantiated, the stages of its implementation are determined, and the list of minimum necessary human resources is assigned.

Implementation of the proposed application will have positive sports, health and educational effects. In addition to improving physical fitness, users will increase their awareness of the achievements of world-famous athletes and the sports they represent. The proposed mechanics for a gradual transition from regular walks to runs will minimize the chance of injury.

The implementation of the proposed application is the first step for quantitative and qualitative analysis of physical activity of users. On the basis of statistical data, which is going to be collected in the following versions of the system, it is possible to determine to what extent the use of modern technologies and gamification mechanisms can motivate people to a more active lifestyle. The basis for this stage is the model presented in this paper.

**Key words:** sports and game mobile application; problem of multi-criteria optimization; Android; DFD; UML.