

УДК 004.42:004.85

DOI: 10.31673/2412-9070.2024.062213

Н. О. КРАВЧУК¹, студент;

ORCID: 0009-0002-4164-8981

О. О. ІЛЬІН², доктор техн. наук, професор,

ORCID: 0009-0005-8805-8147

¹Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ²Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ

РЕАЛІЗАЦІЯ ДОДАТКУ ГЕНЕРАЦІЇ КРОСВОРДІВ З МОЖЛИВІСТЮ АДАПТАЦІЇ ПІД JAVA-СУМІСНІ ПЛАТФОРМИ

У статті розглядається методика реалізації програмного додатку генерації кросвордів для навчальних цілей, яка передбачає застосування адаптивної методики розробки. Кросворди розглядаються як інструмент підвищення зацікавленості під час вивчення дисциплін студентами молодших курсів. Наводяться основні типи кросвордів, алгоритми генерації їх структури. На основі дослідження існуючих програмних засобів, зроблено обґрунтування вимог до додатку. Запропонована методика розробки передбачає застосування архітектурного шаблону MVC під час розробки, з адаптацією під рівень знань студентів молодших курсів. Застосування MVC дозволяє застосувати графічний фреймворк для розробки графічного інтерфейсу і в той же час надає можливість адаптувати додаток під інші java-сумісні платформи, такі як Android.

Ключові слова: кросворд, мова програмування Java, модель, представлення, контролер, MVC.

Вступ

У сучасному світі інформаційних технологій актуальним є не тільки розробка інформаційних систем різного спрямування, але і їх доцільне використання. В навчальному процесі для зацікавлення слухачів та керування їх увагою вже давно застосовують підходи гейміфікації [1,2], які в ненав'язливій та цікавій формі дозволяють вивчати новий матеріал, причому в контексті його потенціального професійного використання. Наприклад, запам'ятовувати слова з інших мов (природніх - англійська, німецька або штучних – мов програмування) або терміни нових дисциплін. Для студентів перших курсів навчання, які розпочинають вивчати мови програмування на незвичному для них новому професійному та академічному рівнях, актуальним є опанування значного обсягу нових термінів. Причому у короткі строки, вже на перших місяцях навчання. Звісно, ці терміни можна запам'ятати, але використання інформаційних технологій може покращити цей процес. Одним із дієвих підходів є розв'язання кросвордів відповідної тематики, який сам по собі є доволі цікавим процесом для людей будь-якої вікової категорії. Кросворди цікаві тим, що дозволяють задовільнити інтелектуальні потреби, є ігровою формою діяльності, дозволяють відчувати позитивні емоції від отриманих перемог, можуть мати елементи змагань між собою при належній мережевій реалізації (засобами веб-технологій).

Процес складання кросвордів є інтелектуальною задачею, яка розв'язується за допомогою різних алгоритмів. Існує чисельна кількість вже готових до використання програм та сервісів (веб-сервісів) по створенню та розв'язку кросвордів [3,4,5]. Ці сервіси працюють як на платній так і безплатних основах, деякі мають можливість бути інтегрованими у інші інформаційні системи. Але в ситуаціях, коли кросворди передбачається використовувати у специфічних інформаційних середовищах – навчальних інформаційних просторах власних розробок [6], актуальними є задачі або інтеграції цих сервісів до корпоративних інформаційних систем або розробка власних. Останній підхід є більш гнучким з погляду незалежності від сторонніх розробників, швидкого та гнучкого врахування власних вимог під час розробки та подальшого

супроводу. В реалізації цього підходу є також свої особливості: які мову програмування обрати, яку архітектуру застосувати та багато іншого. У даній публікації для вирішення цієї задачі обрано мову програмування Java [7,8], архітектуру десктоп додатку з графічним інтерфейсом GUI (Graphical User Interface, GUI) та застосування шаблону MVC з погляду наступних міркувань. Мова програмування Java є безкоштовною, широко вживаною та популярною серед розробників, яка вивчається більшістю студентів ІТ-спеціальностей вже з перших курсів. Тому, для розробки та супроводу такого сервісу для навчального інформаційного простору завжди є відповідні ресурси – обладнання, технології, знання. Також важливим є те, що при правильно організованому підході під час розробки десктоп версії додатку, дуже легко перенести здобутки і на інші архітектури та платформи – веб-архітектуру, Android і т.д. Тип самого програмного забезпечення має ігрове спрямування, тому процес розробки має високий рівень зацікавленості у студентів. Десктоп версія дозволяє розгорнути додаток на персональному комп'ютері без використання серверів та бек-енд програмування, яке вимагає знання складних специфічних технологій і доступне лише для студентів вищих курсів. Архітектура MVC є одним із шаблонів програмування, знання якого є необхідним для будь-якого програміста стеку технологій Java. Таким чином, сам тип додатку та технології його розробки та підтримки є гарним навчальним майданчиком для опанування професійних та фахових компетенцій студентами відповідних спеціальностей. І також корисною розробкою, яка використовується у навчальному процесі.

Таким чином, у даній статті запропонована методика розробки гейміфікованого навчального додатку, призначеного для застосування у навчальному процесі, відповідно до зазначених вище вимог щодо його розробки, вдосконалення та подальшого супроводу. В результаті застосування даної методики розроблений двомодульний додаток, який задовольняє поставленим вимогам та окреслені подальші перспективи розвитку такого підходу, в тому числі із застосуванням засобів штучного інтелекту.

Веб-платформи для кросвордів та їх аналіз

Аналіз вимог до додатку є першим етапом даної методики. Веб-рішення щодо розробки кросвордів у вигляді веб-сайтів є найпопулярнішим видом цього класу додатку з погляду можливості доступу: для цього потрібний браузер та доступ до мережі Інтернет. Ці засоби є у кожному смартфоні, тому можна стверджувати, що зона покриття цього типу додатку охоплює всіх студентів та зацікавлених осіб. Звісно, присутні нюанси, які пов'язані із розмірами екранів, зручністю користування. Цього можна уникнути, застосовуючи персональні комп'ютери.

Аналізуючи готові веб-рішення, було приділено увагу наступним можливостям платформ: дизайн та юзабіліті, функціональні можливості по створенню кросвордів, різноманіття типів кросвордів, які підтримуються, можливості збереження та публікації згенерованих кросвордів. Аналіз готових рішень дозволив сформулювати основні вимоги до розробляемого додатку.

Були досліджені наступні сервіси: XWords [3], ClassTools HTML5 Crossword Generator [4], Crossword Puzzle Maker [5] (рис.1). Під час аналізу згідно наведених критеріїв було відзначено, що кожний сервіс має як переваги так і недоліки. Всі сервіси мають можливості задання питань та відповідей у більш або менш зручному форматі, автоматичну генерацію кросвордів, але обмеження щодо налаштування структури кросвордів. Зокрема, сервіс XWords надає можливості вибору розміру сітки, типу кросворду, завантаження вмісту з csv-файлу. Сервіс ClassTools не має таких можливостей, а сервіс Crossword Puzzle Maker дозволяє налаштувати сітку, але задавати вміст кросворду через окремі набори полів «питання-відповідь».

Виходячи з проведеного аналізу, були сформульовані вимоги до власної розробки, які передбачають наявність наступного функціоналу у готовому додатку:

- можливість налаштування розміру сітки, складності генеруемого кросворду;
- можливість завантаження питань та відповідей у простому форматі;
- автоматична генерація кросворду, можливість зміни розташувань слів;
- можливість збереження згенерованого кросворду у файл, редагування згенерованого кросворду;

- розробка інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу як для модуля розробки так і для модуля розв'язання кросвордів, простого з погляду наявності сторонніх елементів (реклами і т.д.), які заважають процесу навчання.

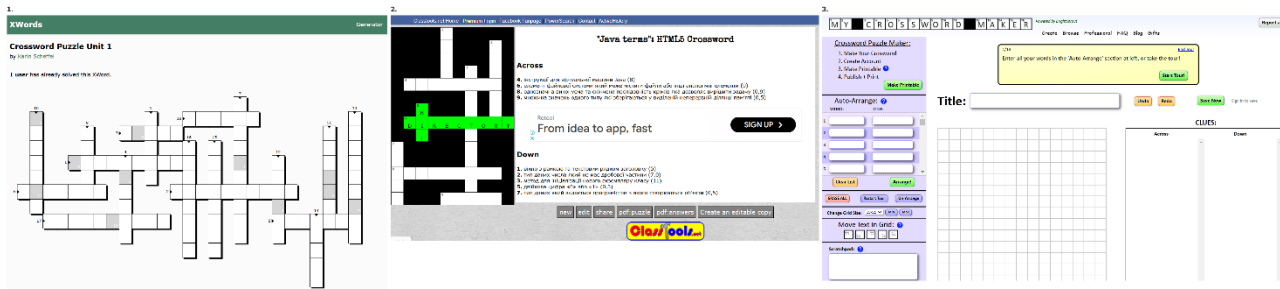


Рис.1. Зовнішній вид веб-платформ розробки та вирішення кросвордів [3,4,5]

Структура кросворду та алгоритми генерації

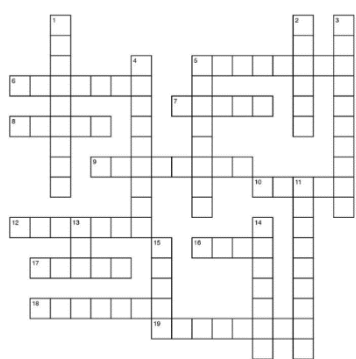


Рис. 2. Приклад геометричної сітки для оформлення кросвордів [10]

Наступним етапом було проведення дослідження алгоритмів розробки кросвордів. Структурно кросворд являє собою графічну сітку, в комірках якої мають міститися поодинокі символи (як правило - літери), які разом утворюють слова [9,10]. Множини комірок, які утворюють окремі слова, виділені графічно більш товстими лініями або іншим кольором заповнення комірок. У першій комірці, в якій міститься перша літера слова, знаходиться унікальне число, яке дозволяє співставити це слово з запитанням до нього. Приклад графічного представлення кросворду наведено на рис. 2. Загальна структура кожного кросворду передбачає наявність таких елементів: сітка, запитання, відповіді, нумерація початку слів-відповідей у сітці.

На рис. 2 представлений традиційний тип кросворду, в якого слова розміщуються по горизонталі та вертикалі. Слова мають розміщуватися згори вниз та зліва направо. Але є такі екзотичні різновиди кросвордів, як кросворд по діагоналі, скандинавський кросворд, циклічний кросворд тощо. Останні приклади є лише деякими варіаціями геометричних сіток та оформлення кросвордів. В залежності від потреб, можуть бути обрані ті або інші. Для розробляемого додатку було обрано класичну форму сітки (рис. 2) з горизонтальним та вертикальним розміщенням слів.

Окрім зовнішнього вигляду самого кросворду, до його складу входить перелік питань, відповіді на які є тими словами, які мають міститись у комірках сітки. У зв'язку з цим до кросвордів також мають висуватись наступні вимоги: коректність, унікальність, зручність. Під коректністю ми розуміємо однозначну відповідність запитань та відповідей один одному, відповідь на питання має становити результат логічних міркувань гравця. Відповідь повинна формулюватися одним словом. Унікальність полягає в тому, що однаковий зовнішній вигляд для всіх гравців може не задовільнити умов застосування додатку. Умови, для яких має використовуватися наша розробка, передбачають, що кожен студент має мати різні структурні організації одного і того ж кросворду. Це в більшій мірі позбавляє студентів можливості візуально запам'ятовувати положення слів.

Для генерації кросвордів існують різні алгоритми. Вихідними даними для них є множина слів, які повністю або частково мають бути розміщені у кросворді.

Алгоритм зворотного пошуку [11] відноситься до алгоритмів перебору та базується на ідеї підбору таких слів з множини, які підходять для розміщення в сітці в певному місці, з урахуванням перетинів з іншими словами. Алгоритм починає роботу з порожньої сітки, довільним чином обирає чергове слово з множини та намагається розмістити його в доступні місця, з урахуванням можливих перетинів. Якщо таких місць знайти не можна, алгоритм використовує механізм зворотного ходу, тобто відступає на крок назад шляхом видалення вже доданих слів

або зміни їх положень у сітці. Це дозволяє йому збільшити простір пошуку для розміщення нових слів. Після цього він знову намагається додавати нові слова. Генерація кросворду зупиняється коли всі слова з вихідної множини розміщено, або виконана інша умова зупинки (наприклад, розміщено конкретну кількість слів з словника).

Інший тип алгоритмів, які базуються на еволюційних ідеях, є алгоритм генетичного генерування кросвордів. Основна ідея полягає в тому, що всі кросворди представляються як популяція, де кожний кросворд представляється окремим набором хромосом. Процес генерації полягає у застосуванні генетичних маніпуляцій із популяцією кросвордів, тобто схрещуванні, мутації, відбору і т.д. У подальшому на основі відбору найкращі нащадки формують нову популяцію, яка еволюціонує знову. Цей процес еволюційних змін та вдосконалення кросворду триватиме до досягнення певної умови зупинки, наприклад, вичерпання часу. Існують і інші алгоритми створення кросвордів, серед яких алгоритм заповнення клітинок, алгоритм розподілу простору тощо. Кожен з них є цікавим та має свої переваги та обмеження. В роботі ми застосували алгоритм із зворотнім пошуком, базуючись на результатах порівняльного аналізу зазначених вище алгоритмів.

Розробка програмного додатку

Для генерації та вирішення кросвордів розроблено два окремі додатки Application For Generation Crossword та Application For Solve Crossword. Для програмування використовується мова Java версії 17 [7], для розробки графічного інтерфейсу додатку застосовано фреймворк SWING [8], який є невід’ємною складовою будь-якої версії Java. Під час розробки системи класів та зав’язків між ними, використано шаблон програмування MVC (Model-View-Controller), але в дещо спрощеній реалізації, що є частиною запропонованої методики. Мета застосування цього шаблону – чітко відокремити логіку модулів генерації та вирішення кросвордів від залежних від фреймворку SWING засобів візуалізації. Це дозволяє з мінімальними затратами часу та легкістю адаптувати розроблений додаток на іншу Java-сумісну платформу, наприклад, Android.

У першому додатку Application For Generation Crossword кросворд створюється та зберігається у файл на диску. Другий зчитує файл та дозволяє користувачеві приступити до розв’язку кросворду. Для прикладу, на рис. 3 наведена UML діаграма класів додатку для створення кросвордів.

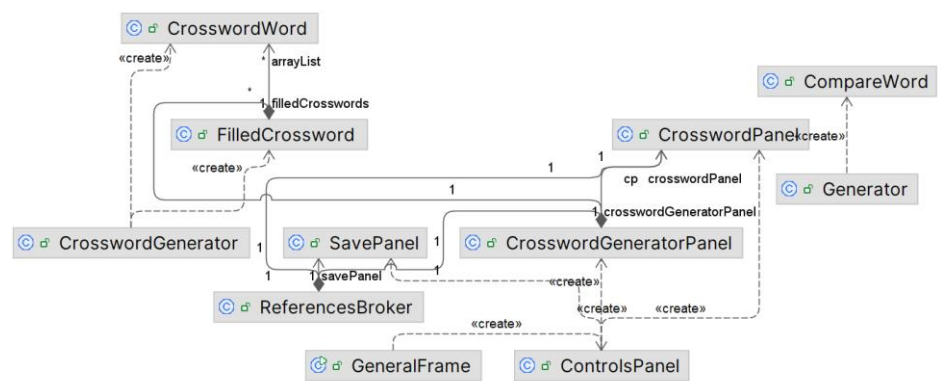


Рис. 3. UML діаграма класів додатку створення кросвордів

Генерація кросворду здійснюється за допомогою класів CrosswordGenerator, Generator, CrosswordWord, CompareWord, FilledCrossword. Для генерації застосовується алгоритм зворотного пошуку. Генерація починається у класі CrosswordGenerator, створюється екземпляр класу, в нього передаються початкові вхідні данні. Вхідні данні, тобто пари «питання : слово відповіді» користувач може вводити у спеціальне поле для вводу даних у графічному інтерфейсі програми (рис. 4, зліва).

Після натиснення на кнопку «Згенерувати кросворд» програма генерує кросворд, тобто зовнішній вигляд розміщення слів у графічній зоні (рис. 4, зліва). Кнопки < та > дозволяють генерувати новий вид розміщення слів та переміщатися між згенерованими варіантами кросвордів. Кнопка «Зберегти» дозволяє зберегти згенерований варіант кросворду для завантаження у

програму вирішення кросвордів (рис. 4, справа). У програмі вирішення користувач повинен розв'язати кросворд. Ведеться облік вірних відповідей, час вирішення кросворду.

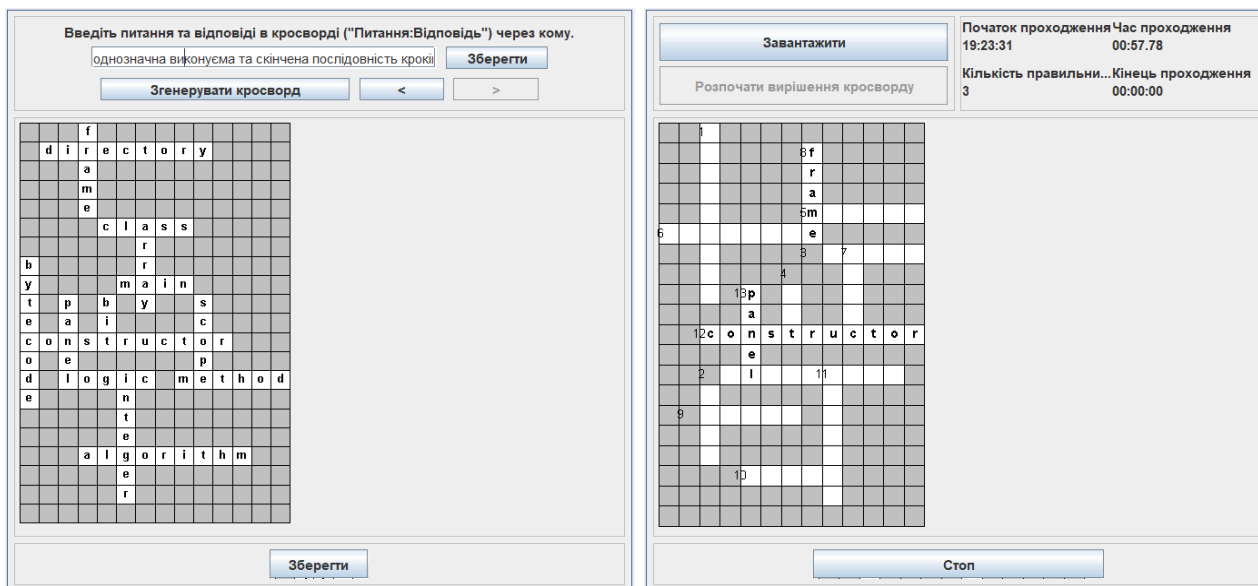


Рис. 4. Зовнішній графічний інтерфейс програм генерації та розв'язку кросвордів

Як було зазначено вище, шаблон MVC, який є фундаментальним для фреймворку SWING, у даному проєкті застосовується у спрощеному підході. Одне із таких спрощень реалізоване в класі ReferenceBroker (рис. 3). Цей клас служить у ролі сховища посилань на всі об'єкти графічного інтерфейсу додатку. При необхідності звернутись до них, звернення здійснюється через клас брокера, вказуючи назву потрібного об'єкта. Такий підхід значно спрощує механізм обміну даними між такими об'єктами, як тестові поля, кнопки і т.д. В іншому випадку, потрібно застосовувати додаткові класи, які реалізують відповідні інтерфейси та додавати відповідні прослуховувачі подій фреймворку SWING. Цей підхід вимагає більш глибоких та професійних знань мови Java та влаштування фреймворку SWING, що досить складно досягнути в межах вивчення основ Java на перших курсах. Для навчальних цілей цілком достатньо і наведеного підходу з додатковим класом ReferenceBroker.

Висновки

Розроблений на основі запропонованої методики додаток має базовий функціонал по генерації кросвордів та включає: формат даних, що вводяться, механізм їх розбору, реалізовано генерацію кросвордів на основі алгоритму зворотного пошуку, розроблений формат файлу для зберігання кросвордів, механізм запису/читання файлу кросворду, алгоритм візуалізації структури кросвордів на екрані. Реалізація цього функціоналу не залежить від типу застосовуваного графічного фреймворку, тому додаток з невеликими адаптаціями можна переносити на інші платформи - Android, web тощо. В результаті розробки програмного продукту було досягнуто мети роботи - створення зручного та ефективного інструменту для генерації та вирішення кросвордів для навчальних цілей. Цей додаток забезпечує зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс взаємодії з користувачем. Забезпечено можливість переносу без змін значної частини коду в інші Java-сумісні проєкти.

Список літератури

1. Maiga Chang, Rita Kuo, Kinshuk Gwo-Dong Chen Michitaka Hirose (Eds.) *Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development // Proceedings of 4th International Conference on E-Learning and Games, Edutainment 2009, Banff, Canada, August 9-11, 2009.*-595p.
2. Prensky, M.: *Digital Game-Based Learning.* McGraw-Hill, New York (2004).
3. XWords – [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.xwords-generator.de/en> (дата звернення 15.03.2024).

4. *ClassTools.net* – [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.classools.net/crossword/> (дата звернення 20.05.2024).
5. *My Crossword Maker* – [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://mycrosswordmaker.com> (дата звернення 20.05.2024).
6. В.В. Вишнівський, Г.І. Гайдур, М.П. Гніденко, О.О. Ільїн, К.П. Сторчак *Модель єдиного інформаційного простору управління навчальним процесом // Науково-практичний журнал «Зв'язок»*. – К.: ДУТ, 2017. – №1. – С. 30–33.
7. *Java™ Platform, Standard Edition 17 API Specification* – [Електронний ресурс] - режим доступу: <https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/index.html> (дата звернення 20.02.2024).
8. *David J. Eck Introduction to Programming Using Java Version 9.0, Swing Edition* / [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://math.hws.edu/javanotes-swing/> (дата звернення 20.02.2024).
9. *Crossword*. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Crossword> (дата звернення 20.02.2024).
10. *Blank Crossword Puzzle Template*. Зображення. <https://www.pinterest.com/>, <https://i.pinimg.com/736x/22/86/c6/2286c6c35f9c50516403e80641c2baaa.jpg>.
11. *Nuridin, Rizki Azhar , Dahlan Abdullah The Implementation of Backtracking Algorithm on Crossword Puzzle Games Based on Android // Journal of Physics: Conference Series 1363 (2019)*.

N. Kravchuk, O. Ilin

IMPLEMENTATION OF THE CROSSWORD GENERATION APPLICATION WITH THE POSSIBILITY OF ADAPTATION TO JAVA-COMPATIBLE PLATFORMS

The article considers the solution to the problem of implementing a software application for generating crosswords for educational purposes, which involves the use of adaptive development methods. Apps with crosswords belong to the entertainment type of apps. On the other hand, gamification approaches have long been used in the educational process to interest listeners and manage their attention, which allow learning new material in an interesting way, and in the context of its potential professional use. This determines the relevance of the research topic. The work analyzes the existing services for creating and solving crossword puzzles from the point of view of the list of requirements for own development. But in situations where crosswords are supposed to be used in specific information environments, such as educational information spaces of one's own development, the integration of these services into corporate information systems, or the development of one's own, is relevant. The issue of integration involves financial or technological dependence on third-party services. Therefore, it is important to develop our own.

The paper proposes an approach to development in the java programming language using the adapted MVC architectural template and the SWING framework for designing a graphical interface. This choice is due to the fact that the Java language is free, widely used, which is studied by most IT students from the first years. Therefore, for the development and support of such a service for the educational information space, there are always appropriate resources - equipment, technologies, knowledge and people. It also provides ease of transferring the application to other architectures and platforms – web architecture, Android. Thus, this article proposes a method of developing a gamified educational application, intended for use in the educational process, in accordance with the above-mentioned requirements for its development, improvement and further support. As a result of the application of this technique, a two-module application was developed that meets the set requirements, and further prospects for the development of such an approach, using artificial intelligence tools, were outlined.

Keywords: crossword puzzle, java, model, view, controller, MVC.