

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Факультет математики і інформатики
Кафедра теоретичної та прикладної інформатики

Кваліфікаційна робота

бакалавр

на тему:

**“РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНИХ НАВЧАЛЬНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ
РОЗВ’ЯЗАННЯ ЛОГІЧНИХ ЗАВДАНЬ НА ПЛАТФОРМІ IZZI”**

Виконав: студент 4 курсу, групи МФ-41
спеціальність 122 «Комп’ютерні науки»
освітньо-професійна програма
«Інформатика»

Сергієнко І. А.

Керівник: к. ф. м. н. , доцент
Зарецька І. Т.

Рецензент: керівник департаменту
цифровізації освіти видавництва "Ранок"
Петрачков С. О.

Харків – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	5
РОЗДІЛ 1. ПОРІВНЯННЯ З ІНШИМИ ВЕБ-ДОДАТКАМИ.....	5
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА БАЗА.....	8
2.1 Латинський квадрат.....	8
2.2 Критична множина латинського квадрату та її властивості.....	11
2.3 Зворотно циркулюючий латинський квадрат.....	14
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ВЕБ-ДОДАТКА.....	17
3.1 Вимоги до додатка.....	17
3.2 Діаграма використання та діаграма діяльності.....	18
3.3 IZZI Server його архітектура та логіка роботи.....	21
3.4 Клієнтська частина на платформі IZZI її архітектура та логіка роботи.....	21
3.5 Взаємодія клієнтської та серверної частин.....	22
3.6 Архітектура та структура додатка.....	23
3.7 Реалізація додатка.....	23
3.8 Дизайн додатка.....	25
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	29

ВСТУП

Ще стародавні люди вбачали у певних послідовностях цифр магічний сенс. Звісно це ставлення не оминуло й латинські квадрати. Латинські квадрати — це квадрати, в яких кожен елемент зустрічається в кожному рядку та стовпцю лише один раз. В деяких народах вважалося, що такі символи (у вигляді татуювань чи амулетів) дають надлюдські можливості.

На сьогодні латинські квадрати використовуються в школах, для розвитку в дітей логіки, алгоритмічного мислення тощо. Також їх використовують в різних галузях науки, таких як: криптографія, алгебра, комбінаторика, статистика та багато інших.

В рамках співпраці між Кафедрою теоретичної та прикладної інформатики та видавництвом «Ранок», був розроблений веб-додаток для генерації латинських квадратів на платформі IZZI.

На сьогодні різні освітні технології — це дуже важливі інструменти, які допомагають вчителям проводити онлайн- чи офлайн-уроки. Саме це пропонує освітня онлайн-платформа IZZI. IZZI — це сучасна платформа, яка розроблена та підтримується командою фахівців з Хорватії. Ця платформа надає можливість легко створювати та використовувати готові інтерактивні уроки. В Україні з IZZI співпрацює видавництво “Ранок”. Видавництво “Ранок” займається випуском літератури, без якої важко уявити сучасний освітній процес. Її користувачами є шкільна аудиторія, студенти та викладацький склад. Саме до своєї освітньої літератури видавництво випускає підтримку у вигляді інтерактивних уроків на базі платформи IZZI. Ці уроки складаються з певних шаблонів та інтерактивних ресурсів. Сам інтерактивний ресурс являє собою веб-додаток для розв’язання логічних завдань.

Метою дипломної роботи є розробка та реалізація веб-додатка, який генерує неповні латинські квадрати з доповненням та задовільняє всім вимогам видавництва “Ранок” та платформи IZZI.

Актуальність теми: актуальність роботи полягає в потребі розширення бази інтерактивних ресурсів для платформи IZZI та видавництва “Ранок”.

Головні терміни:

Матриця — це двовимірна таблиця, яка складається з елементів, що розташовані в рядках і стовпцях цієї таблиці.

Латинський квадрат (або повний латинський квадрат) — це матриця розмірністю $n \times n$, яка складається з множини елементів $\mathbb{N}$ так, що кожен елемент з множини $\mathbb{N}$ зустрічається в кожному рядку і стовпцю лише один раз.

Неповний латинський квадрат — це латинський квадрат, що має пропуски в певних рядках та стовпцях та має доповнення.

Доповнення до латинського квадрату — це набір елементів з множини $\mathbb{N}$, які можуть заповнити пропуски неповного латинського так, щоб утворився повний латинський квадрат.

Завдання, що були поставлені до роботи:

1. визначити вимоги платформи та видавництва до веб-додатка;
2. дослідити та проаналізувати математичну базу щодо генерації латинських квадратів;
3. розробити структуру, дизайн та архітектуру веб-додатка з урахуванням вимог;
4. реалізувати веб-додаток спираючись на математичну базу.

В результаті виконання дипломної роботи:

1. була досліджена математична база;
2. були визначені та застосовані вимоги видавництва та платформи;
3. було розроблено інтерактивний веб-додаток, який генерує латинські квадрати.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

РОЗДІЛ 1. ПОРІВНЯННЯ З ІНШИМИ ВЕБ-ДОДАТКАМИ

В мережі Інтернет тема латинських квадратів не є популярною і додатків на цю тему також небагато. Найчастіше зустрічаються статичні латинські квадрати в різних початкових конфігураціях.

Наприклад, сайт <http://dobmathsnumberpuzzles.weebly.com/> саме це і пропонує.

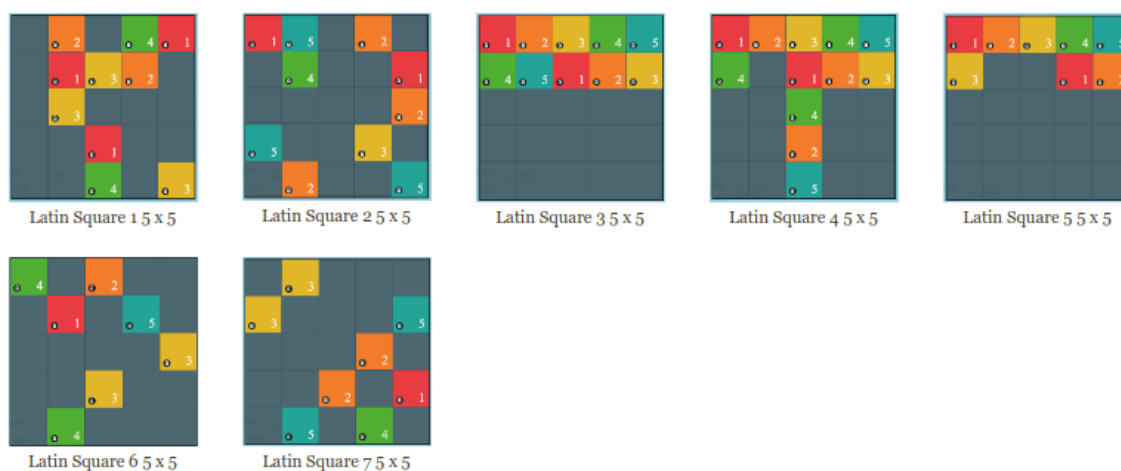


Рисунок 1.1. Приклад різних початкових конфігурацій латинських квадратів на сайті <http://dobmathsnumberpuzzles.weebly.com/>

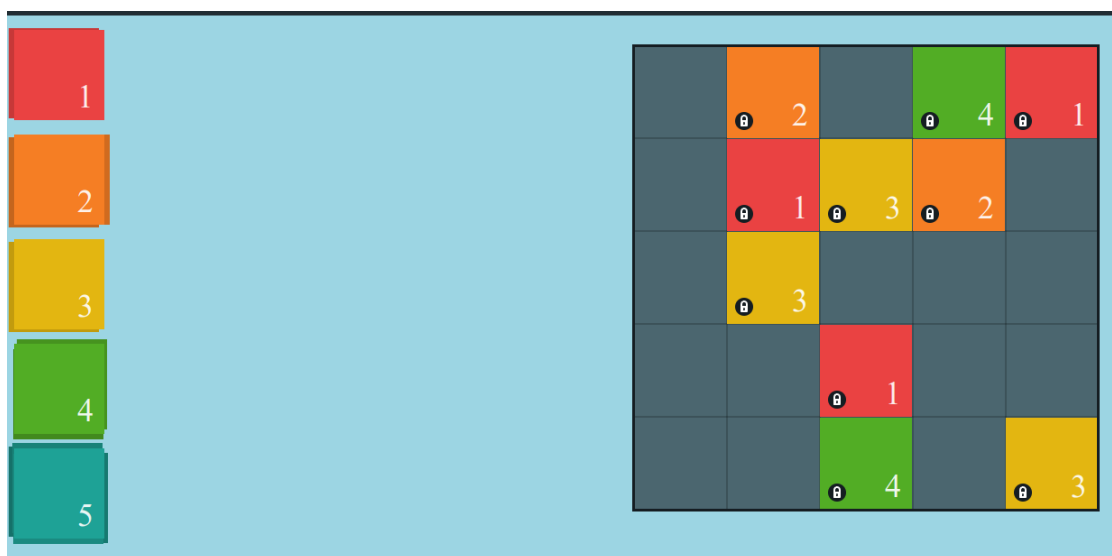


Рисунок 1.2. Приклад статичного латинського квадрату, який пропонує ресурс <http://dobmathsnumberpuzzles.weebly.com/>

Також деякі інтернет ресурси пропонують просто набір елементів з яких самому потрібно зібрати латинський квадрат.

Прикладом такого підходу є додаток Magic Square Strategy Puzzle на платформі Google Play.

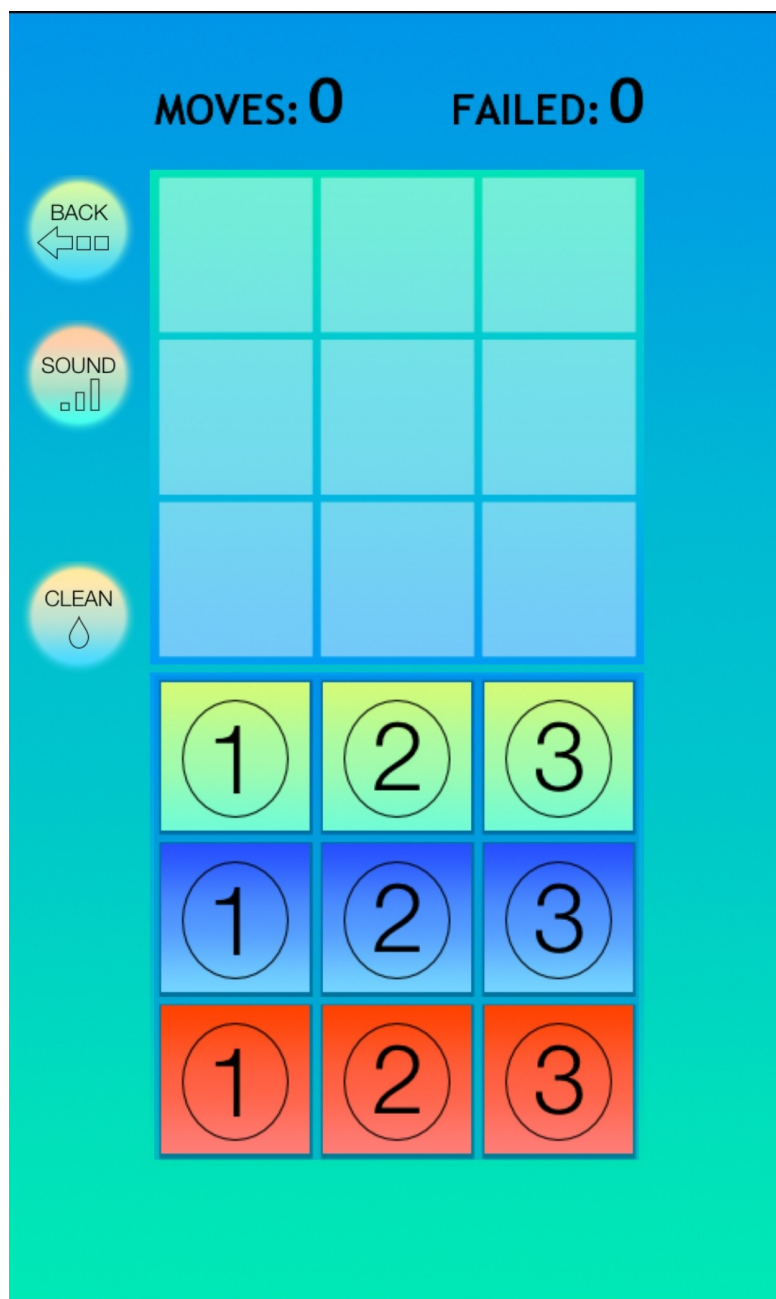


Рисунок 1.3. Приклад латинського квадрата, який потрібно самостійно зібрати

Іноді інтернет ресурси плутають латинські та прості математичні квадрати, в яких потрібно правильно підставити числа в математичний вираз.

Прикладом цього є сайт <https://www.transum.org/>, а конкретно його ресурс із доменом <https://www.transum.org/Maths/Puzzles/Latin/Square.asp>, з якого видно що мається на увазі саме латинський квадрат, а насправді там простий математичний квадрат.

Latin Square Puzzle 1

4	×		+		-	2	=	35
×		×		×				
	×	5	+	8	-		=	14
+		+		+		+		
	×	4	+	2	-		=	14
-		-		-		-		
8	×		+		-	5	=	15
=		=		=		=		
5		42		38		11		

Puzzle 1: Drag the digits onto the grid (instructions below).

Clear

Рисунок 1.4. Приклад “латинського” квадрату, який пропонує ресурс <https://www.transum.org/>

РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА БАЗА

2.1 Латинський квадрат

Латинський (повний) квадрат L порядку n — це матриця розміром $n \times n$, $n \in \mathbb{N}$. $\mathbb{N}$ — це множина натуральних чисел, від 1 до ∞ . L складається з множини елементів M , при цьому кількість елементів в множині M дорівнює n , де кожний елемент зустрічається в кожному рядку та стовпцю лише один раз. Також латинський квадрат іноді позначають як (i, j, k) — ця трійка означає, що елемент k з множини M знаходиться в рядку i та стовпчику j .

0	1	2
2	0	1
1	2	0

Рисунок 2.1. Приклад латинського квадрату

Нехай $L_1(i, j, k_1)$ та $L_2(i, j, k_2)$ — це латинські квадрати порядку n , які складаються з множини елементів M та M' відповідно.

Якщо L містить меншу матрицю S порядку s та розміром $s \times s$, тоді S — це латинський підквадрат (підквадрат — квадрат, що входить до більшого квадрату) квадрату L .

L має стандартну форму, якщо у першому рядку квадрата елементи розташовані у природньому порядку.

1	2	3
2	3	1
3	1	2

Рисунок 2.2. Приклад латинського квадрату зі стандартною формою

Якщо L має порожні клітинки, $k \in \emptyset$ в позиції i, j , то такий квадрат називається неповним латинським квадратом. Позначається P .

2		1
	2	3

Рисунок 2.3. Приклад неповного латинського квадрату

Якщо $(i, j, k) = i$ для всіх i , то такий L називається ідемпотентним.

Два латинські квадрати $L_1(i_1, j_1, k_1)$ та $L_2(i_2, j_2, k_2)$ називаються ізотопними, якщо один з них може бути отриманий в результаті перестановки рядків, перестановки стовпчиків та заміни елементів з множини M згідно підстановці із

симетричної групи $S(M)$. Тобто, якщо існують такі перестановки α, β і γ , що $L_2 = (i_1\alpha, j_1\beta; k_1\gamma) \mid (i_1, j_1; k_1 \in L_1)$.

0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	2	3	4	0	1	0	3	4	2
2	3	4	0	1	2	3	4	0	1
3	4	0	1	2	3	4	1	2	0
4	0	1	2	3	4	2	0	1	3

Рисунок 2.4. Приклад ізотопних латинських квадратів

L_1 та L_2 називаються ортогональними, якщо кожен елемент їх множини MUM з'являється тільки один раз серед n^2 пар $((i, j, k_1), (i, j, k_2))$, $1 \leq i, j \leq n$.

L_1 та L_2 називаються псевдоортогональними, якщо для будь-яких $1 \leq i, j \leq n$, існує таке p , $1 \leq p \leq n$, що $L_1(i, p, k) = L_2(p, j, k)$.

$$L_1 = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 2 & 3 \\ 3 & 2 & 4 & 1 \\ 4 & 1 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 1 & 4 \end{pmatrix}, \quad L_2 = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 4 & 2 \\ 4 & 2 & 1 & 3 \\ 2 & 4 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & 2 & 4 \end{pmatrix}$$

Рисунок 2.5. Приклад одночасно ортогональних і псевдоортогональних латинських квадратів

Лема 1: Якщо L_1 та L_2 псевдоортогональні, то для будь-яких $1 \leq i, j \leq n$, існує єдине число p , що $L_1(i, p, k) = L_2(p, j, k)$.

2.2 Критична множина латинського квадрату та її властивості

Критична множина C латинського квадрату L — це неповний латинський квадрат, який точно має доповнення до повного латинського квадрату, при цьому ніяка підмножина C не відповідає умові однозначності. Тобто, C не має жодної підмножини, що може бути однозначно доповненою до того ж L .

0	1	2	3	4	0	1	–	–	–
1	2	3	4	0	1	–	–	–	–
2	3	4	0	1	–	–	–	–	–
3	4	0	1	2	–	–	–	–	2
4	0	1	2	3	–	–	–	2	3

Рисунок 2.6. Приклад критичної множини

Мінімальна критична множина — це критична множина з найменшою можливою кількістю заповнених клітинок. Часто позначається як $scs(n)$ (з англ. *smallest critical set*), де n — порядок квадрату.

1	2	3	4	1	2	*	*
2	1	4	3	*	*	4	*
3	4	1	2	*	*	*	2
4	3	2	1	*	3	*	*

Рисунок 2.7. Приклад мінімальної критичної множини

Лема 2: Нехай L — латинський квадрат з мінімальною критичною множиною $scs(n)$ та множиною латинських підквадратів $S = \{S_i \mid i = 1, \dots, r\}$, яка розбиває L . Також, нехай C_i — це мінімальна критична множина для S_i , для всіх $i = 1, \dots, r$. Тоді $|scs(n)| \geq \sum_{i=1}^r c_i$.

Критична множина називається міцною критичною множиною (з англ. *strong critical set*) A , якщо існує множина неповних латинських квадратів $\{P_1, \dots, P_m\}$, де $m = n^2 - |A|$, порядку n , яка задовільняє наступним вимогам:

1. $L \supset P_m \supset P_{m-1} \supset P_2 \supset P_1 = A$
2. $\forall i, 1 \leq i \leq m - 1, P_d \cup \{(i_d, j_d, k_d)\} = P_{d+1}, d \in \mathbb{N}$, при цьому $P_d \cup \{(i_d, j_d, k_d)\}$ не є латинським квадратом для $\forall k \in \mathbb{N} \setminus \{k_d\}$

Лема 3: Нехай E_d - це множина елементів в рядку i_d та стовпчику j_d в міцній критичній множині A_d . Тоді $|E_d| = n - 1$.

Доведення: $P_d \cup \{(i_d, j_d, k_d)\}$, де $k \in \mathbb{N} \setminus \{k_d\}$ не може бути неповним латинським квадратом, якщо i_d або j_d вже містить елемент k .

Теорема про нижню границю розмірності міцної критичної множини:

Нехай A — це міцна критична множина латинського квадрату L порядку n , тоді $|A| \geq n^2/4$.

Доведення: З послідовності $P_1, \dots, P_m$ візьмемо підмножину $P_{(r, 1)}, P_{(r, 2)}, \dots, P_{(r, n/2)}$, де $(r, 1)$ дорівнює 1, $(r, 2)$ є першим індексом d таким, що $i_d \neq i_{(r, 1)}$ та $j_d \neq j_{(r, 1)}$.

Взагалі (r, t) є першим індексом d таким, що $i_d \neq i_{(r, 1)}, i_{(r, 2)}, \dots, i_{(r, t-1)}$ та $j_d \neq j_{(r, 1)}, j_{(r, 2)}, \dots, j_{(r, t-1)}$. Якщо таких (r, t) не існує через те, що всі інші квадрати заповнені, то $|A| \geq n^2/4$. Тому припустимо що всі можливі індекси (r, t) існують. З леми 2, всі $|E_{(r, 1)}| = n - 1$, A повинна мати щонайменше $n - 1$ елементів в об'єднанні з елементами рядка $i_{(r, 1)}$ та стовпця $j_{(r, 1)}$. $|E_{(r, 2)}|$ теж дорівнює $n - 1$. З цих $n - 1$ елементів принаймні $n - 1 - 2$ з них не знаходяться в рядку $i_{(r, 1)}$ або в стовпчику $j_{(r, 1)}$. Отже, міцна критична множина містить щонайменше $(n - 1) + (n - 3)$ елементів з рядків $i_{(r, 1)}, i_{(r, 2)}$, та стовпчиків $j_{(r, 1)}, j_{(r, 2)}$. Також $|E_{(r, t)}| = n - 1$. З цих $n - 1$, принаймні $n - 1 - 2(t - 1)$ з них не знаходяться в рядках $i_{(r, 1)}, \dots, i_{(r, t-1)}$ або стовпцях $j_{(r, 1)}, \dots, j_{(r, t-1)}$. Отже, A містить щонайменше $(n - 1) + (n - 3) + \dots + (n - 1 - 2(t - 1))$ елементів в рядках $i_{(r, 1)}, \dots, i_{(r, t)}$ та стовпцях $j_{(r, 1)}, \dots, j_{(r, t)}$. Якщо розглянути усі $E_{(r, t)}$, то ми отримаємо $|A| \geq n^2/4$.

Критична множина називається напівміцною A' , якщо існує множина неповних латинських квадратів $\{P_1, \dots, P_m\}$, де $m = n^2 - |A'|$, порядку n , яка задовільняє наступним вимогам:

1. $L \supset P_m \supset P_{m-1} \supset P_2 \supset P_1 = A'$
2. $\forall i, 1 \leq i \leq m - 1, P_d \cup \{(i_d, j_d, k_d)\} = P_{d+1}, d \in \mathbb{N}$, при цьому $P_d \cup \{(i_d, j_d, k_d)\}$ не є латинським квадратом для $\forall k \in \mathbb{N} \setminus \{k_d\}$ або $\forall i \in \mathbb{N} \setminus \{i_d\}$ або $\forall j \in \mathbb{N} \setminus \{j_d\}$

Нехай J_d — це множина стовпчиків в рядку i_d , яка або є не пустою, або якщо порожня, то це стовпчик містить k_d . Нехай I_d — це множина рядків в стовпчику j_d , яка або є не пустою, або якщо порожня, то це рядок містить k_d .

Через подібність термінів для напівміцної критичної множини легко вивести наступну теорему та лему.

Лема 4: Нехай E'_d — це множина елементів в рядку i_d та стовпчику j_d в напівміцній критичній множині A'_d . Тоді $|E'_d| = n - 1$ або $|J_d| = n - 1$ або $|I_d| = n - 1$.

Теорема про нижню границю розмірності напівміцної критичної множини: Нехай A' — це напівміцна критична множина латинського квадрату L порядку n , тоді $|A'| \geq n^2/4$.

Лема 5: Якщо латинський квадрат L містить латинський підквадрат S порядку $n \geq 2$, тоді будь-яка критична C квадрату L повина мати щонайменше $scs(n)$ елементів з S .

Доведення: Якщо існує менше ніж $scs(n)$ елементів із S у C , тоді буде більше одного способу заповнити підквадрат S , що призведе до більш ніж одного можливого заповнення самого L , що суперечить твердженню, що C є критичним набором.

2.3 Зворотно циркулюючий латинський квадрат

Латинський квадрат називається зворотно циркулюючим латинським квадратом, якщо елемент k у позиції i, j є цілим числом $(i + j) \bmod n$.

Лема 6: (1) Зворотно циркулюючий латинський квадрат парного порядку є єдиним латинським квадратом, що містить критичну множину C ,
 $C = \{(i + j, i, j) \mid j = n/2, n/2 + 1, \dots, n - 1 - i \text{ та } i = 0, 1, \dots, n/2 - 1\} \cup \{(n - i + j, n - i, j) \mid j = i, i + 1, n/2 - 1 \text{ та } i = 1, 2, \dots, n/2 - 1\}$, де доданок першого елемента береться за модулем n . Потужність цієї множини $n^2/4$.

(2) Зворотно циркулюючий латинський квадрат непарного порядку є єдиним латинським квадратом, що містить критичну множину C , $C = \{(i + j, i, j) \mid j = (n + 1)/2, (n + 1)/2 + 1, \dots, n - 1 - i \text{ та } i = 0, 1, \dots, (n - 1)/2 - 1\} \cup \{(n - i + j, n - i, j) \mid j = i, i + 1, \dots, (n - 1)/2 \text{ та } i = 1, 2, \dots, (n - 1)/2\}$, де доданок першого елемента береться за модулем n . Потужність цієї множини $(n^2 - 1)/4$.

Теорема про нижню границю розмірності зворотно циркулюючого латинського квадрату: Нехай L — це зворотно циркулюючий латинський квадрат:

(1) Якщо n парне, то L містить мінімальну критичну множину розміром $n^2/4$.

(2) Якщо n непарне, то L містить мінімальну критичну множину розміром $(n^2 - 1)/4$.

Доведення: (1) Якщо n парне, то L містить $(n/2) \cdot (n/2) = n^2/4$ латинських підквадратів порядку 2. Ці підквадрати мають елемент k в позиції (i, j) та $(i + n/2, j + n/2)$, а також елемент $(k + n/2) \bmod n$ в позиції $(i, j + n/2)$ та $(i + n/2, j)$, де $1 \leq i, j \leq n/2$. Ця множина підквадратів ділить L . Потужність мінімальної критичної множини для латинського порядку 2 це 1, та згідно леми 6 потужність мінімальної критичної множини для L це щонайменше $n^2/4$.

(2) Легко довести те що L містить підквадрати потужністю $((n - 1)/2 + 1) \cdot ((n + 1)/2 + 1)$, які мають наступні елементи. Елемент x в позиції (i, j) та $(i + (n - 1)/2, j + (n + 1)/2)$. Елемент y в позиції $(i + s, j + (n - 1)/2 - s)$ для $s = 0, \dots, (n - 1)/2$. Елемент z в позиції $(i + s, j + (n + 1)/2 - s)$ для $s = 0, \dots, (n - 1)/2$. Мають наступні властивості $y = (x + (n - 1)/2) \bmod n$, $z = (x + (n + 1)/2) \bmod n$. Тобто L має, наприклад, такі підквадрати:

x	.	.	.	.	.	.	.	y	z
.	.	.	.	.	.	.	y	z	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	y	z	.	.	.	.	.	.	.
y	z	.	.	.	.	.	.	.	x

Рисунок 2.8. Приклад підквадратів

Підквадрати такого типу можуть бути замінені підквадратами з такими елементами: x в позиції $(i, j + (n + 1)/2)$ та $(i + (n - 1)/2, j)$, y в позиції $(i, j) (i + s, j + (n + 1)/2 - s)$ для $s = 1, \dots, (n - 1)/2$, z в позиції $(i + (n - 1)/2, j + (n + 1)/2)$ та $(i + s, j + (n - 1)/2 - s)$ для $s = 1, \dots, (n - 3)/2$.

y	.	.	.	.	.	.	.	z	x
.	.	.	.	.	.	.	z	y	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	z	y	.	.	.	.	.	.	.
x	y	.	.	.	.	.	.	.	z.

Рисунок 2.9. Приклад заміни підквадратів

Результатом заміни буде латинський квадрат L' , який відрізняється від L в позиціях згаданих вище. Якщо ми візьмемо множину з леми 6 частини 2 та приберемо з неї будь-яку підмножину потужністю $(n^2 - 1)/4 - 1$, тоді отримаємо принаймні два латинських квадрата L та L' , які містять цю підмножину. Тобто, якщо ми видалимо елемент x з позиції (i, j) , тоді ми зможемо заповнити підмножину принаймні до двох латинських квадратів, кожен з яких має один із наведених вище підквадратів.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ВЕБ-ДОДАТКА

3.1 Вимоги до додатка

Перед розробкою архітектури та структури веб-додатка були дослідженні вимоги до них від видавництва “Ранок” та платформи IZZI. Було визначено наступні функціональні та нефункціональні вимоги.

Функціональні вимоги:

1. додаток повинен генерувати неповні латинські квадрати та доповнення до них;
2. додаток повинен мати функцію вибору типу латинського квадрата (картинки, цифри, українські або англійські літери);
3. додаток повинен мати функцію введення елементів латинського квадрата;
4. додаток повинен мати рівні складності (легкий, середній та важкий);
5. додаток повинен мати функцію введення порядку (розміру) латинського квадрата;
6. додаток повинен мати функцію перевірки заповненого квадрата чи є він латинським квадратом;
7. додаток повинен мати функцію скидання, яка відновлює останній згенерований неповний латинський квадрат;
8. додаток повинен мати функцію розгортання на повний екран та навпаки.

Нефункціональні вимоги:

1. додаток повинен мати українську локалізацію;
2. користування додатком повинно відбуватись за допомогою браузера;
3. додаток не повинен залежати від пристрою;
4. додаток повинен відповідати вимогам видавництва, а саме:

1. мати розмір функціональної частини додатка 746x446 px;
2. використовувати шрифт IBM Plex Sans;
3. використовувати зображення Google Material Icons;
4. переважаючим кольором додатку, окрім чорного та білого, повинен бути волошково-синій (HEX-код #4A90E2) або дуже подібні до нього;
5. колір виділення тексту повинен бути пряно-фіолетовий (HEX-код #C30E60);
6. кнопки та перемикачі (радіо-кнопки) повинні мати подібний вигляд та структуру до тих, що використовує видавництво.

Постановка задачі: потрібно розробити веб-додаток, який генерує неповні латинські квадрати, доповнення до них, має рівні складності, порядок (розмір) та надати змогу користувачеві обрати тип елементів (картинки, цифри, українські та англійські літери) та ввести їх. Сам додаток повинен відповідати стандартам видавництва “Ранок” та платформи IZZI, а також бути сумісним з цією платформою.

3.2 Діаграма використання та діаграма діяльності

Згідно з вимогами була розроблена діаграма використання та діаграма діяльності додатка.

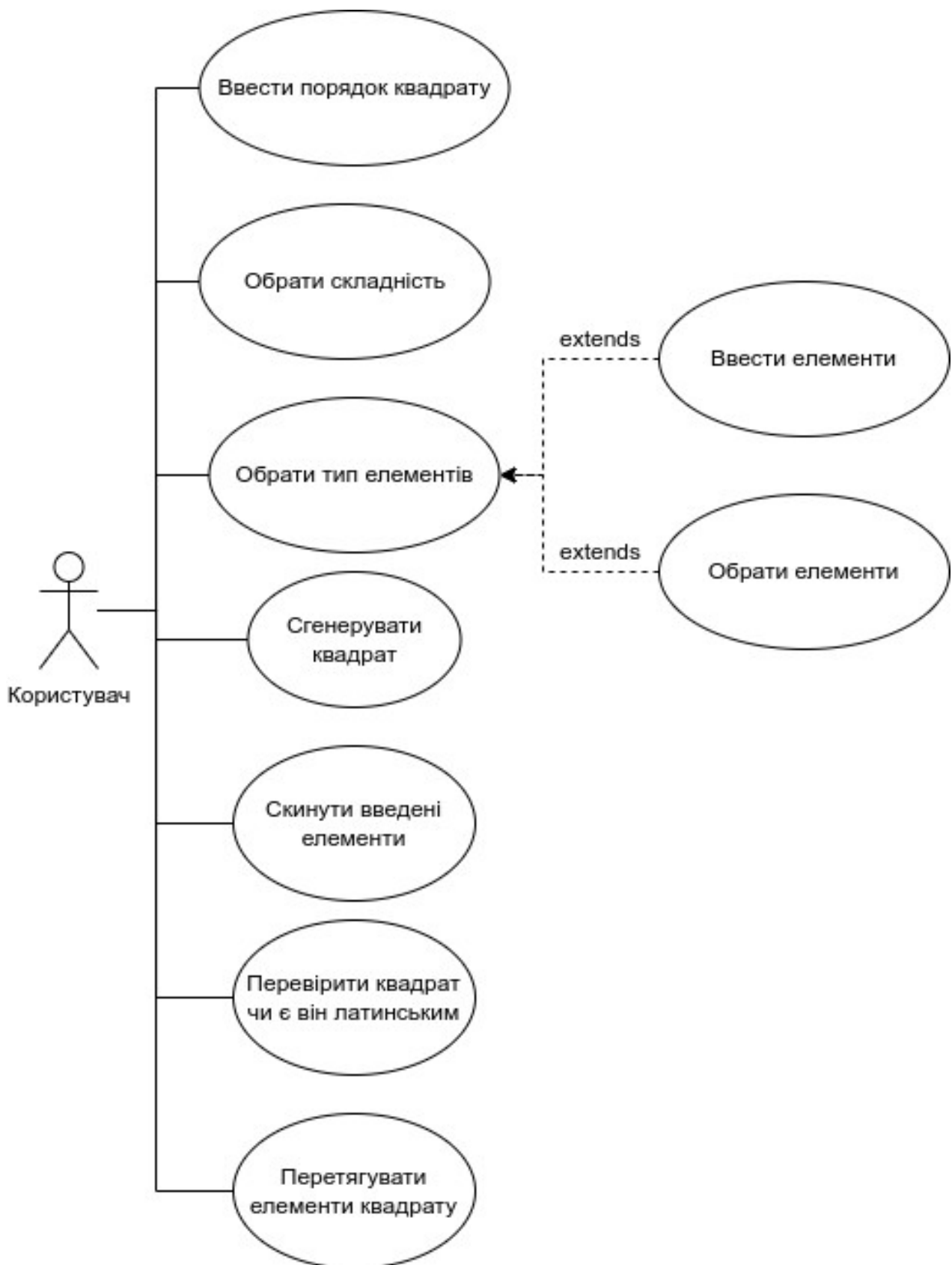


Рисунок 3.1 Діаграма використання

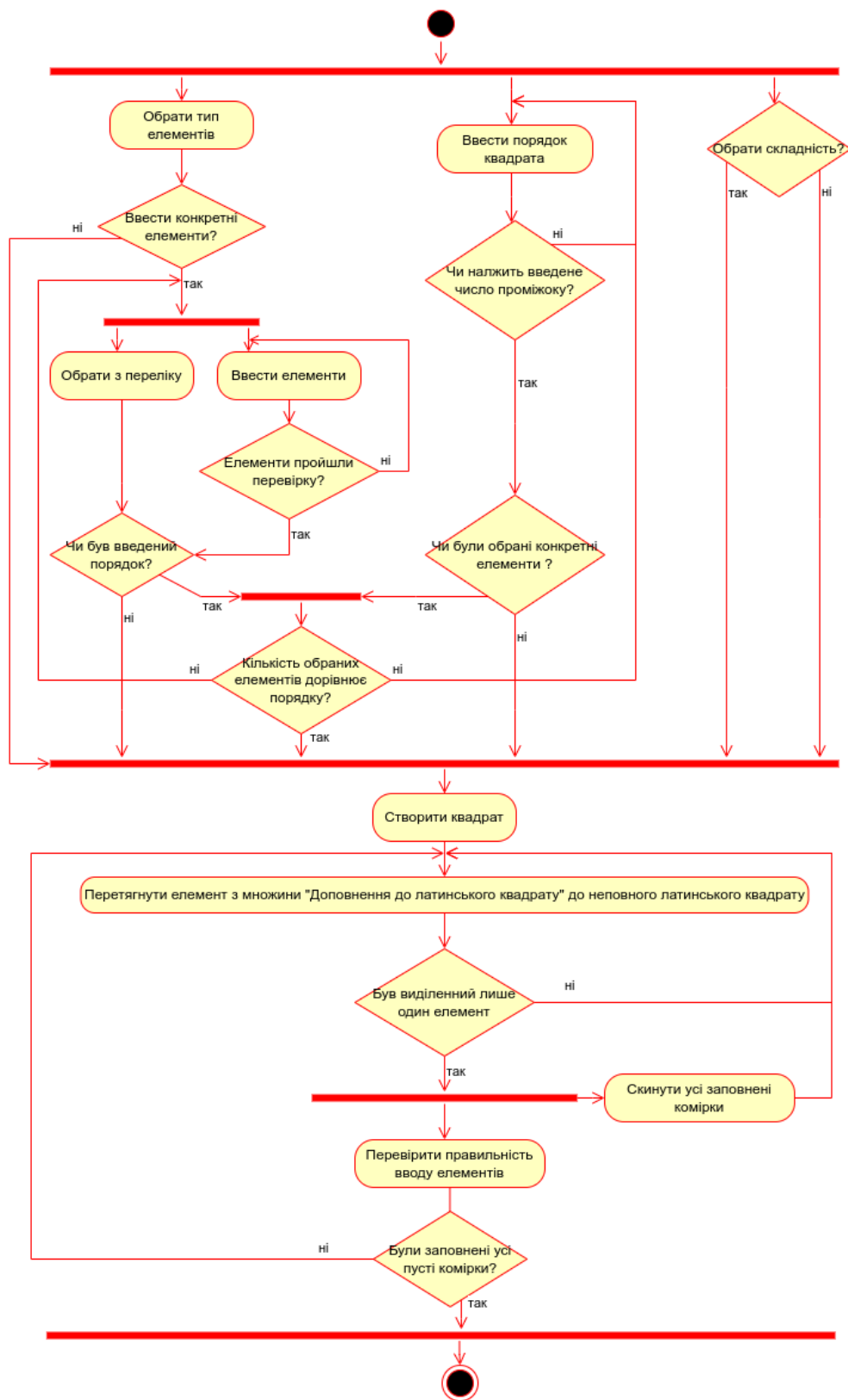


Рисунок 3.2 Діаграма діяльності

3.3 IZZI Server його архітектура та логіка роботи

IZZI Server — сервер на якому розгорнута платформа, розташований в країні розробників Хорватії. Також існує IZZI Proxy Server, який розташований в Україні, метою якого є зберігання даних українських користувачів. Основною задачею IZZI Server є передача необхідних даних на клієнтську частину у вигляді JSON-файлів. Цей сервер використовує REST(Representational State Transfer)-архітектуру, яка передбачає:

1. використання стандартних методів протоколу HTTP (HyperText Transfer Protocol): GET, HEAD, POST, PUT, PATCH, DELETE;
2. використання єдиної угоди про іменування в універсальних кодах ресурсів, тому, якщо дотримуватися цієї угоди, то клієнтська та серверна частини зможуть дуже легко взаємодіяти одна з одною;
3. можливість розподілити навантаження на сервер шляхом додавання додаткових серверів, при цьому ніяк не змінюючи клієнтську частину;
4. використання різних типів файлів (таких як JSON та XML) для взаємодії між клієнтом та сервером;
5. можливість кешування запитів, які часто повторюються за короткий проміжок часу;
6. можливість використання різних стандартів безпеки;
7. незалежність від мов програмування на клієнтській або серверній частині.

Отже, IZZI Server — це простий, гнучкий, безпечний, незалежний сервер з можливістю масштабування.

3.4 Клієнтська частина на платформі IZZI її архітектура та логіка роботи

Клієнтська частина на платформі IZZI є інтерактивним уроком до певних освітніх підручників чи на якусь освітню тему. Вона надсилає певні запити до IZZI Server, який повертає інформацію у вигляді JSON-файлів (REST-

архітектура). Вже цю інформацію у гарному вигляді відображає клієнтська частина, будуючи цим веб-інтерфейс. Веб-інтерфейс має SPA-архітектуру, яка передбачає, що інтерфейс розташований не більше ніж на одній веб-сторінці та стан елементів на цій сторінці (інтерактивні елементи) оновлюються без перезавантаження сторінки. SPA — Single page application (укр. односторінковий додаток) — передбачає:

1. завантаження інтерфейсу лише один раз, через що елементам на цій сторінці доводиться змінюватися динамічно тільки на клієнтській частині (без запиту на сервер) і завдяки цьому досягається розвантаження сервера;
2. можливість легко розробити чутливий інтерфейс, який реагує на дії користувача;
3. можливість легкого масштабування.

Таким чином, платформа IZZI має швидкодіючий, чутливий та легко масштабований веб-інтерфейс.

3.5 Взаємодія клієнтської та серверної частин

Знаючи, що являє собою клієнтська та серверна частини, можна чітко сказати, що платформа IZZI має архітектуру “Клієнт-Сервер”. Клієнтська частина, як вже було зазначено, це інтерфейс на основі SPA-архітектури, а серверна — RESTful IZZI Server (сервер, який реалізує REST-архітектуру називається RESTful). Клієнтська частина надсилає запит до серверу (згідно єдиної угоди про іменування в універсальних кодах ресурсів) і у відповідь отримує JSON-файл з даними, які відображаються у веб-інтерфейсі.

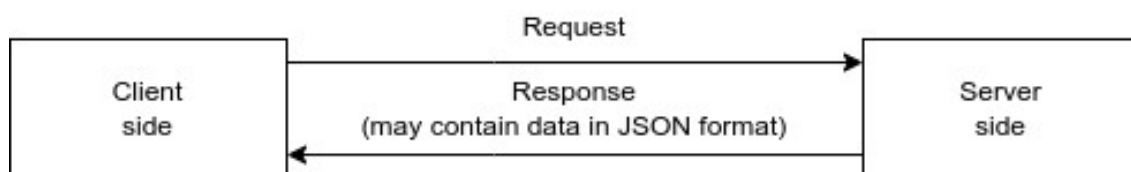


Рисунок 3.3. Взаємодія між клієнтською та серверною частинами

3.6 Архітектура та структура додатка

Наступним важливим кроком є визначення архітектури веб-додатка. Знаючи як побудовані клієнтська, серверна частини та їх взаємодія на платформі IZZI, можна більш упевнено обрати архітектуру додатка. Через те, що платформа IZZI має архітектуру “Клієнт-Сервер” та немає потреби зберігати будь-які дані, то веб-додаток буде мати дворівневу архітектуру “Клієнт-Сервер”. Таким чином, серверній частині потрібно надсилати всі дані про додаток, який потім інтерактивно та незалежно від сервера (не надсилає до нього додаткових запитів) функціонує як елемент веб-інтерфейсу.

Структура додатка складається з двох рівнів: рівень моделі (логіки) та рівень представлення (інтерфейсу). Перший рівень відповідальний за виконання всього функціоналу додатка, а другий за візуалізацію цього функціонала за стандартами видавництва та платформи.

Таким чином веб-додаток гарно підходить під клієнтську SPA-архітектуру та задовільняє всім вимогам до нього.

3.7 Реалізація додатка

Основним завданням додатка є генерація латинських квадратів. Оскільки не існує алгоритму генерації мінімального критичного набору для латинських квадратів, то додаток генерує правильний латинський квадрат, в якому потім, в залежності від складності, робиться певна кількість пропусків. І оскільки, від самого початку генерувався правильний латинський квадрат, в якому робляться пропуски і він стає неповним латинським квадратом, то він точно має доповнення до повного латинського квадрату. Додаток має три рівня складності: легкий, середній та важкий. В залежності від рівня додаток робить різну кількість пропусків в квадраті, за замовчуванням складність середня. Квадрат у свою чергу має порядок та тип елементів. Порядок може бути від 2 до 10, за замовчуванням порядок дорівнює 3. Цей діапазон був погоджений із

представником із видавництва. Через те, що додаток має певні обмеження в ширині та висоті, то в більшому порядку немає сенсу, адже стає складніше побачити елементи квадрата та попадати на них. Менший порядок не може бути тому, що латинський квадрат завжди буде повним та не буде мати доповнення. Також квадрат може мати один з чотирьох типів елементів: картинки, цифри, українські та англійські літери. Тип за замовчуванням картинки. Крім цього, користувачеві надається можливість ввести конкретні елементи. Якщо було обрано тип:

1. картинки, то користувачеві пропонується обрати з 10 (це максимальний порядок квадрата) картинок;
2. цифри, то користувачеві пропонується обрати з 10 цифр;
3. українські (або англійські) літери, то користувачеві пропонується ввести літери.

Якщо користувач вводить літери, то вони повинні бути розділені пробілом або комою та з тієї абетки, тип якої було обрано. Тобто, якщо було обрано тип українські літери, то літери повинні бути з української абетки. Для перевірки цього використовуються асоціативні масиви, які складаються з усіх елементів певного типу. Наприклад, для типу українські літери, асоціативний масив — це масив з усіх українських літер.

До того ж додаток має функції розгортання на повний екран, згортання з повного екрана, перевірки та скидання. При розгортанні на повний екран додаток адаптивно не розтягується, адже решта додатків на платформі IZZI від видавництва “Ранок” також не мають адаптивного розгортання. Більш того, такої функціональної вимоги немає. Функція перевірки оглядає кожний елемент квадрату та в залежності від його унікальності в рядку та стовпчику фарбує його в зелений або червоний колір. Функція скидання відтворює останній згенерований латинський квадрат.

Таким чином додаток реалізовує всі функціональні вимоги, які були до нього поставлені.

3.8 Дизайн додатка

Обери порядок (розмір) квадрата та рівень складності (легкий, середній, важкий). Потім обери тип елементів та познач або введи їх. Створи квадрат натиснувши кнопку "Створити". Перетягуванням заповни клітинки квадрата так, щоб кожен елемент зустрічався в кожному рядку та стовпчику тільки один раз.

☐ Картинки ☐ Цифри ☐ Укр. літери ☐ Англ. літери

Складність: ☐ Легк. ☐ Сер. ☐ Важк. Порядок: 3 Створити

Перевірити

Рисунок 3.4. Загальний дизайн додатка

Обери порядок (розмір) квадрата та рівень складності (легкий, середній, важкий). Потім обери тип елементів та познач або введи їх. Створи квадрат натиснувши кнопку "Створити". Перетягуванням заповни клітинки квадрата так, щоб кожен елемент зустрічався в кожному рядку та стовпчику тільки один раз.

Складність: ☐ Легк. ☒ Сер. ☐ Важк. Порядок: 3 Створити

Перевірити

Рисунок 3.5. Дизайн додатка зі згенерованим квадратом та з значеннями за замовчуванням

Обери порядок (розмір) квадрата та рівень складності (легкий, середній, важкий). Потім
обери тип елементів та познач або введи їх. Створи квадрат натиснувши кнопку
"Створити". Перетягуванням заповни клітинки квадрата так, щоб кожен елемент
зустрічався в кожному рядку та стовпчику тільки один раз.

і в с

Складність: ☐ Легк. ☒ Сер. ☐ Важк. Порядок: 3 Створити

і	с	в
в	і	с
с	в	і

і
в
с

Правильно

Рисунок 3.6. Дизайн додатка зі згенерованим та доповненим квадратом, з типом елементів — українські літери

Обери порядок (розмір) квадрата та рівень складності (легкий, середній, важкий). Потім
обери тип елементів та познач або введи їх. Створи квадрат натиснувши кнопку
"Створити". Перетягуванням заповни клітинки квадрата так, щоб кожен елемент
зустрічався в кожному рядку та стовпчику тільки один раз.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Складність: ☒ Легк. ☐ Сер. ☐ Важк. Порядок: 8 Створити

1	3	5	6	0	7	2	0
5	0	0	0	0	3	7	1
4	7	6	2	3	0	1	0
0	5	7	1	2	6	4	3
0	2	3	0	5	4	6	1
3	0	1	7	4	2	5	0
2	0	0	5	7	1	0	6
6	0	2	3	0	0	0	7

0
1
2
3
4
5
6
7

Неправильно

Рисунок 3.7. Дизайн додатка зі згенерованим та неправильно доповненим квадратом порядку 8, з типом елементів — цифри

Обери порядок (розмір) квадрата та рівень складності (легкий, середній, важкий). Потім
 обери тип елементів та познач або введи їх. Створи квадрат натиснувши кнопку
 "Створити". Перетягуванням заповни клітинки квадрата так, щоб кожен елемент
 зустрічався в кожному рядку та стовпчику тільки один раз.

● ▲ ★ ■ □ ▽ ◆ ○ ⬡ ⬢ ⬣ ⬤

⬆

Складність: ☐ Легк. ☒ Сер. ☐ Важк.

Порядок:

Виділіть будь-ласка тільки один елемент

●	★	▲
		●

●
▲
★

↺

Виділіть будь-ласка тільки один елемент

Рисунок 3.8. Приклад обробки різних нетривіальних ситуацій. Обробка ситуації коли було виділено декілька елементів.

ВИСНОВКИ

В результаті даної роботи було досліджено математичну базу щодо латинських квадратів. А саме були визначенні такі терміни: матриця, латинський квадрат (або повний латинський квадрат), неповний латинський квадрат, доповнення до латинського квадрату, ізотопні, ортогональні та псевдоортогональні латинські квадрати, мінімальна критична множина тощо. Також було досліджено їх властивості у вигляді теорем та лем.

Була розглянута архітектура і структура платформи IZZI та виявлено, що IZZI має основний сервер в Хорватії та сервер для зберігання даних українських користувачів в Україні. Платформа IZZI являє собою RESTful сервер, користувацький інтерфейс, який має SPA-архітектуру та взаємодію між ними за допомогою архітектури “Клієнт-Сервер”.

Після цього були визначенні функціональні та нефункціональні вимоги до додатка від видавництва “Ранок”. Спираючись на все це, було розроблено веб-додаток, який генерує латинські квадрати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *LatinSquare* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <https://ivanserhienko.github.io/latin-square/>
2. М. Є. Яременко. РОЗРОБКА ЛОГІЧНИХ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ІНТЕРАКТИВНИХ НАВЧАЛЬНИХ РЕСУРСІВ НА ПЛАТФОРМІ IZZI.
3. A. D. Keedwell J. Dénes. *Latin Squares and their Applications*.
4. A.D. Forbes. *Configurations and colouring problems in block designs*.
5. *Dobmaths* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://dobmathsnumberpuzzles.weebly.com/>.
6. B.D. McKay and I.M. Wanless . *On the number of latin squares*.
7. B. McKay and E. Rogoyski *Latin squares of order 10*.
8. J. A. Bate, G. H. J. van Rees. *The Size of the Smallest Strong Critical Set in a Latin Square*.
9. *Transum* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://www.transum.org/>.
10. I. M. Wanless. *Cycle switches in latin squares*.
11. I. M. Wanless. *Discussion of hitlon's problem*.
12. I. M. Wanless. *Diagonally cyclic latin squares*.
13. F. Harary. *Graph Theory*.
14. R. Häggkvist, A. Johansson. *Orthogonal latin rectangles*.
15. The GAP Group. *GAP – Groups, Algorithms, and Programming*, Version 4.4.12, 2008.
16. P.B. Gibbons. *Computing techniques for the construction and analysis of block designs*.

17. M.J. Grannell, T.S. Griggs, J.P. Murphy. *Switching cycles in steiner triple systems*.
18. M.J. Grannell, T.S. Griggs, J.P. Murphy. *Some new perfect steiner triple systems*.
19. M. J. Grannell, T. S. Griggs, C. A. Whitehead. *The resolution of the anti-pasch conjecture*.
20. J. Dinitz, D. Garnick, B. McKay. *There are 526,915,620 nonisomorphic one-factorizations of K_{12}* .
21. R. D. Yates, D. J. Goodman. *Probability and Stochastic Processes: A Friendly Introduction for Electrical and Computer Engineers*.
22. H. W. Norton. *The 7×7 squares*. *Annals of Human Genetics*.
23. W. J. Martin. *Mixed block designs*.
24. J. Seberry. *Secret sharing and group identification*.
25. J. Seberry. *Research and Development Studies*.
26. J. Cooper, D. Donovan and J. Seberry: *Latin squares and critical sets of minimal size* [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL : <https://ro.uow.edu.au/infopapers/1056>
27. *HTML: HyperText Markup Language* [Электронный ресурс]. –
Режим доступа: URL : <https://devdocs.io/html/>
28. N.J. Cavenagh. *Latin trades and critical sets in Latin squares*.
29. P. Adams, A. Khodkar. *Smallest critical sets for the groups of size eight*.
30. J.H. van Lint, R.M. Wilson, *A Course in Combinatorics*.