

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

**ФУНДАМЕНТАЛЬНА ОСНОВА
СТРАТЕГІЧНО ВАЖЛИВИХ НАПРЯМІВ ДІЯЛЬНОСТІ ЗВО
У ТВОРЧИХ МАТЕМАТИЧНИХ ЗДОБУТКАХ
УНІВЕРСИТЕТСЬКОЇ МОЛОДІ**

*Матеріали Всеукраїнської науково-практичної
конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених
04 квітня 2025 року*

Харків
ХНАДУ
2025

Редакційна колегія:

КИРИЧЕНКО Ігор Костянтинович - доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри вищої математики ХНАДУ (Україна).

ЯРХО Тетяна Олександрівна – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри вищої математики ХНАДУ (Україна).

Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих вчених проведена згідно з планом проведення міжнародних, всеукраїнських та науково-методичних конференцій та семінарів ХНАДУ у 2025 р. (Посвідчення УкрІНТЕІ № 778 від «09» грудня 2024 року)

Відповідальний редактор:

ЄМЕЛЬЯНОВА Тетяна Вікторівна – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри вищої математики ХНАДУ (Україна).

Фундаментальна основа стратегічно важливих напрямів діяльності ЗВО у творчих математичних здобутках університетської молоді: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених. – Харків: ХНАДУ. – 2025. – 275 с.

В збірку включені матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених, в яких розглянуто математичні методи у дослідженнях видатних вчених у технічних, транспортних та економічних галузях, новітні математичні та методичні підходи у вивченні природничо-математичних дисциплін, фундаментальні основи розв'язання професійно-прикладних задач.

Збірник матеріалів розраховано на здобувачів бакалаврату, магістратури, аспірантів і фахівців, діяльність яких пов'язана з науково-дослідною роботою в різних галузях сучасної науки і освіти. Він може бути корисним методистам, викладачам середніх і вищих навчальних закладів, аспірантам та стажерам.

© Харківський національний
автомобільно-дорожній
університет, 2025

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ У ДОСЛІДЖЕННЯХ ВИДАТНИХ ВЧЕНИХ У ТЕХНІЧНИХ, ТРАНСПОРТНИХ ТА ЕКОНОМІЧНИХ ГАЛУЗЯХ

Бензионович М.О., Ільїн О.Є. Приклад дослідження лінійного коду: твірна матриця і кодування	7
Безсонов В.І, Рябуха П.О. Про один спосіб наближеного обчислення значень функції при великих значеннях змінної	10
Желтобрюх М.В, Рожко І.Ю. Про існування та знаходження періодичних рішень математичних моделей, в яких збурююча сила є періодичною.....	13
Журавльов О. С., Шавро М.О. Вирішення проблем вантажоперевезень із використанням рівнянь у цілих числах	17
Каднай М. С., Руденко М.В. Застосування кореляційно-регресійного аналізу в дослідженні проблем функціонування автомобільно-транспортного підприємства	20
Кольчак А.О. Про геометричні доведення комбінаторних тотожностей	23
Лобаш К.Ю., Міщенко М.С. Приклад дослідження лінійного коду: перевірна матриця і декодування	26
Петров І.І., Слєпченко М.К. Математична модель задачі комплектування машинного парку	30
Сищенко І. Д. Історія прикладних стародавніх задач на екстремум та їх значення при вивченні вищої математики	33
Чуприна В.О. Застосування методів теорії ймовірностей та статистики у транспортній логістиці.....	38
Шевченко В. В. Внесок світових учених у розвиток математичних методів для інноваційних технологій	41
Шевєрдін Д. О., Агеєнко А.А. Окремі аспекти застосування визначеного інтеграла у вирішенні проблем економічного змісту.....	45

НОВІТНІ МАТЕМАТИЧНІ ТА ПЕДАГОГІЧНІ ПІДХОДИ У ВИВЧЕННІ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Білошицький Н. Д. Розроблення калькулятора обчислення інтегралів із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування	49
Бондаренко М. В. Розроблення програмної системи «GeoCalculator» із графічним супроводом із використанням технологій штучного інтелекту	54
Вавілов Д. Ю. Розроблення графіки в режимі реального часу "Марсіанський пейзаж" із використанням технології об'єктно орієнтованого	59
Валько Є. А. Проєктування і розроблення програмної системи обліку продукції на виробництві	63
Гнатко Д. С. Використання професійно-спрямованих задач у навчанні вищої математики майбутніх логістів	65
Гончарук Д. Б. Розроблення модуля серверної частини навчальної програми «Архітектурні проєкти ХХІ ст.» із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування	70
Гусєв А. В. Розроблення програмної системи «Магазин комплектуючих для персонального комп'ютера» із використанням технологій штучного інтелекту.....	75
Дяденчук А. Ф., Філіпович Є.В. Моделювання фізичних процесів у MATLAB як засіб цифрової трансформації освіти	80
Давидов А. С. Створення системи управління командною розробкою ІТ-проєкту	83
Дзюбенко І. О. Розроблення інформаційної системи бронювання автомобілів “Еко Таксі”	88
Дмитрієв В. О. Розроблення інформаційної системи для станції технічного обслуговування мотоциклетної техніки	94
Дроботун О. В. Розроблення гри «The Descent» із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування	98
Єнко І. С. Розроблення алгоритму ідентифікації цифрових зображень	102
Коломієць В. С. Застосування сучасних технологій розроблення чат-ботів на платформі Telegram для ігрової діяльності	107
Копчун Д. С. Розроблення інформаційної системи для вивчення комп'ютерної графіки	111
Коротєєва В. І. Розроблення гри «Знайди пару» з використанням технології об'єктно орієнтованого програмування	115
Красько К. В. Розроблення інформаційної системи візуальної ідентифікації та рекламного супроводу парфумерно-косметичного підприємства	118
Кукла М. Р. Розроблення програмного модуля планування траєкторії руху об'єкту на площині	121
Кумановський А. А. Розроблення інформаційної системи для вивчення програмування	130

Стенура І. В. Математична лінгвістика середини ХХ століття: взаємовплив наук та її роль в методиці викладання в природничих і гуманітарних науках	134
Ярош Р. П. Методи математичного аналізу в дослідженні транспортних потоків і навантажень на дороги	137

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОФЕСІЙНО-ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ

Blazhko H. Flow Equation as an Efficient Tool in the Theory of Differential Equations	141
Ptashnyi M., Horbunova Ye. Solution of the Black-Scholes Equation by Reducing it to the Heat-Conduction Equation	145
Zaczyk M. Solving Chosen Tasks of Differential Geometry by Using Monge-Ampere Equations	149
Бурлака О. О., Павленко І. С. Математичне обґрунтування вибору форми вікон будівель.....	153
Войтюк С. В., Красний А. В. Комп'ютерне моделювання пристрою для контролю прогину валів з використанням методу скінченних елементів....	157
Глоба М. А., Бажан С. В. Побудова фазового портрету диференціального рівняння 2-ого порядку з кубічною не лінійністю.....	161
Горохова А. А., Пташний М. О. Застосування теореми Ролля, у задачах теорії апроксимації.....	166
Єсінов О. А. Розрахунок динаміки гідропривода бурильно-кранової машини.....	170
Капула Т. Е., Гузема Д. В. Розв'язання прикладних завдань інженерного спрямування під час вивчення фізико-математичних дисциплін.....	180
Ксенофонов Є. Р., Клягін П. В., Земляной О. А. Статистичні критерії виявлення надмірних похибок вимірювань: огляд	184
Лексін А. О. Розроблення інформаційної системи аналізу та візуалізації прогнозу погоди.....	191
Лунчев Г. О. Розроблення ігрової програмної системи «Змійка» із використанням технології об'єктно-орієнтованого програмування.....	195
Мельник М. В. Технології проектування гри "Space Path" із використанням геймдизайн орієнтованих підходів.....	201
Могильницький М. В. До питання методів аналізу та оцінки професійної діяльності на виробництві і в технічній освіті.....	204
Олійник А. Т. Розроблення розважального чат-боту на платформі Telegram.....	208
Пилипенко Д. Д. Розроблення інтерпретатора арифметичних виразів із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування.....	211

Посмаренко О. С. Розроблення ігрової програмної системи «Арканойд» із використанням технологій штучного інтелекту.....	217
Саркісов М. Г., Веретельникова Ю. Ю. Про зв'язок між стійкістю ненульових і тривіальних розв'язків системи.....	221
Стуга Р. Л. Розроблення системи аналізу та розпізнавання зображень із використанням бібліотеки Face API.....	225
Тарасюк Д. Ю. Розроблення гри «Spider Jump» із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування	229
Терновий Д. С. Розроблення генератора випадкових чисел із використанням технологій об'єктно орієнтованого програмування.....	233
Тітула І. Д. Використання диференціального числення для логістичної оцінки різних видів транспорту.....	238
Турушева М. В. Розроблення гри «Футбол» із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування.....	244
Фурдецький В. А., Рабенко А. А., Шпагін П. А., Шостак А. В. Технологія створення кросплатформеної інформаційної системи для персональної багатофункціональної електронної бібліотеки з використанням технологій штучного інтелекту	248
Чертков М. С. Розроблення гри «Flower Dance» з використанням технології об'єктно орієнтованого програмування	256
Шалімова А. М., Чубенко А. Ю. Побудова фазового портрету диференціального рівняння 2-ого порядку з квадратичною нелінійністю.....	262
Шитова М. Д. Розроблення 2D платформера з використанням технології об'єктно орієнтованого програмування	267

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ У ДОСЛІДЖЕННЯХ ВИДАТНИХ ВЧЕНИХ У ТЕХНІЧНИХ, ТРАНСПОРТНИХ ТА ЕКОНОМІЧНИХ ГАЛУЗЯХ

Бензионович М.О. (здобувач бакалаврату, 1 курс),
Ільїн О.Є. (здобувач бакалаврату, 1 курс),
Науковий керівник – доц. Вишневецький О. Л.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПРИКЛАД ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНОГО КОДУ: ТВІРНА МАТРИЦЯ І КОДУВАННЯ

Кодування інформації

При передачі по каналах зв'язку завжди виникають помилки. Причини їх можуть бути різні, але результат один – дані спотворюються і не можуть бути використані на прийомній стороні для подальшого опрацювання. Для боротьби з помилками, які виникають, відомо багато способів. Основним є завадостійке кодування.

К. Шеннон сформулював теорему для випадку передачі дискретної інформації по каналу із завадами, яка стверджує, що ймовірність помилкового декодування прийнятих сигналів може бути забезпечена як завгодно малою шляхом вибору відповідного способу кодування сигналів.

Завадостійкі коди

Це коди, що дозволяють виявляти або виявляти і (бажано) виправляти помилки, які виникають у результаті впливу завад. Завадостійкість кодування забезпечується за рахунок введення надмірності в кодові слова, тобто за рахунок того, що не всі комбінації символів в кодових словах використовуються для передачі інформації.

Кожному повідомленню (або елементу повідомлення) відповідає кодове слово, що містить фіксовану кількість n символів, тобто 0 та 1. Зауважимо, що у комп'ютері вся інформація зберігається у вигляді 0 та 1. Число n , однакове для всіх кодових слів, називають довжиною коду. Кількість одиниць у

кодовому слові називають вагою цього слова і позначають w . Символи 0 та 1 можна додавати:

$$0+1=1+0=1, \quad 1+1=0 \quad (1)$$

і множити: $0 \cdot 1 = 1 \cdot 0 = 0$. З останньої рівності в (1) випливає, що символи 0 та 1 не є числами. З усіх цих рівностей виходить, що дії додавання та множення символів 0 та 1 дають ізнов символ 0 чи 1.

Основні принципи завадостійкого кодування

Помилки, що виникають внаслідок впливу завад, виявляються в тому, що декількох розрядах (координатах) кодового слова нулі переходять в одиниці і, навпаки, одиниці переходять у нулі. В результаті створюється нове, помилкове слово.

Кодові слова можна вважати векторами, тому визначена операція їх додавання (покоординатного) та множення на символи 0 та 1. Множина усіх векторів з n координатами (які можуть бути 0 та 1) є векторним простором V_n . Лінійним кодом називається лінійний (векторний) підпростір простору V_n . Базис підпростору містить рівно k векторів для деякого цілого k . Будь-який підпростір простору V_n містить 2^k елементів (векторів) і позначається $[n,k]$ -код. Число k є розмірністю цього підпростору.

Якщо вектори будь-якого базису підпростору записати у вигляді рядків матриці, одержимо $n \times k$ матрицю G . Вона називається породжувальною. Простір V_n містить багато підпросторів, причому підпростір розмірності k містить 2^k кодових слів. Тому код доцільно визначати (задавати) його породжувальною матрицею, а не переліком його слів. Наприклад, при $k=10$ код містить $2^{10}=1024$ кодових слів, але може бути завданим 10 базисними словами (векторами).

Пристрій, що виконує кодування, називається кодером. На його вхід поступає вектор, координати якого – довільна комбінація k символів (0 та 1). Таку комбінацію називають інформаційним словом довжини k .

Ступінь відмінності будь-яких двох кодових слів даного коду характеризується відстанню d між словами. Вона дорівнює числу позицій або символів, у яких слова відрізняються одне від одного. Можна довести, що вона дорівнює числу одиниць у сумі цих двох векторів.

Породжувальну матрицю за допомогою елементарних перетворень її рядків можна звести до виду, коли перші її k стовпців утворюють одиничну матрицю. Елементарні перетворення – це переставлення і додавання рядків. Матриці, одержані одна з іншої елементарними перетвореннями, називають еквівалентними.

Розглянемо приклад.

Нехай породжувальна матриця кода ($n = 6, k = 3$) така:

$$G = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Робимо елементарні перетворення: переставляємо перший та другий рядки:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \sim$$

додаємо третій та другий рядки до першого:

$$\sim \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

перші три стовпці утворюють одиничну 3×3 матрицю.

Кодування.

Воно виконується множенням: вектор (довільне інформаційне слово a з координатами 0 та 1) довжини k множиться зліва на породжувальну матрицю G : $a \cdot G = b$. Виходить кодове слово b довжини $n > k$.

Продовжимо розгляд прикладу $[6,3]$ -кода, введенного вище ($n = 6, k = 3$).

На вхід кодера поступає довільний (інформаційний) вектор довжини $k = 3$, наприклад, вектор $a = (1,1,0)$. Кодер множить його зліва на породжувальну матрицю G . Одержуємо кодове слово довжини $n = 6$:

$$b = (1,1,0) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} = (1,1,0,1,0,0)$$

Зауважимо, що кодування за допомогою еквівалентних породжувальних матриць, мають однакові характеристики, але можуть відрізнятися складністю кодування.

Слово b і передається по каналу зв'язку, в якому у результаті впливу завад виникають помилки.

Таким чином, кодування у розглядуваному коді виконується матричними методами, а теоретичною основою є лінійна алгебра. Елементами матриць є символи 0 та 1 (не числа!).

Література

1. F. J. MacWilliams, Neil J. A. Sloane. The theory of error correcting codes, 1993, North-Holland Pub. Co. 762 с.
2. В.В. Парфило, А.Е. Бекіров, В.В. Парфило, С.А. Ковтуненко, Метод завадостійкого кодування мовного повідомлення з прихованим вбудовуванням додаткової інформації. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, 2020, 3(65), с. 66-72

Безсонов В.І. (здобувач бакалаврату, 1 курс),
Рябуха П.О. (здобувач бакалаврату, 1 курс),
Науковий керівник – ст. викл. Нестеренко В. О.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПРО ОДИН СПОСІБ НАБЛИЖЕНОГО ОБЧИСЛЕННЯ ЗНАЧЕНЬ ФУНКЦІЇ ПРИ ВЕЛИКИХ ЗНАЧЕННЯХ ЗМІНОЇ

При обчисленні значень функції при великих значеннях змінної виникає питання про оцінку точності наближених значень. В якості точності при

наближеному обчисленні застосовують асимптотичний розклад функції при достатньо великих значеннях змінної.

Розглянемо цей спосіб. Нехай маємо ряд (можливо й розбіжний)

$$B_0 + \frac{B_1}{x} + \frac{B_2}{x^2} + \dots + \frac{B_n}{x^n} + \dots \quad (1)$$

Позначимо через $S_n(x)$ суму перших $n + 1$ членів ряду.

Будемо казати, що ряд (1) відображає собою асимптотичне розкладення функції $f(x)$ для достатньо великих $|x|$, якщо вираз

$$R_n(x) = x^n(f(x) - S_n(x))$$

задовольняє умові

$$\lim_{|x| \rightarrow \infty} R_n(x) = 0, \text{ або } R_n(x) = o\left(\frac{1}{x^n}\right) \quad (2)$$

(n – довільне фіксоване число, $o\left(\frac{1}{x^n}\right)$ – нескінченна мала величин вищого порядку ніж $\frac{1}{x^n}$), навіть якщо

$\lim_{n \rightarrow \infty} R_n(x) = \infty$ (x – фіксоване число). Та обставина, що даний ряд є асимптотичним розкладом функції $f(x)$ (асимптотичний степеневий ряд), позначається таким чином

$$f(x) \sim \sum_{n=0}^{\infty} B_n x^{-n} \quad (3)$$

Зміст асимптотичного розкладення полягає в тому, що ряд (1) може слугувати джерелом наближених формул

$$f(x) \approx B_0 + \frac{B_1}{x} + \frac{B_2}{x^2} + \dots + \frac{B_n}{x^n}, \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

так, що різниця $f(x) - S_n(x) = \alpha_n(x)$ при $|x| \rightarrow \infty$ буде нескінченно малою порядку вище n , тобто

$$\lim_{|x| \rightarrow \infty} \frac{\alpha_n(x)}{|x|^{-n}} = 0, \text{ або } \lim_{|x| \rightarrow \infty} |x|^n \alpha_n(x) = 0. \quad (4)$$

$$\text{Приклад. Для функції } f(x) = \int_x^{+\infty} t^{-1} e^{x-t} dt, \quad x > 0, \quad (5)$$

знайти асимптотичне розкладення та знайти точність оцінки обчислення значення функції при великих значеннях змінної.

Застосовуємо для даного інтеграла метод інтегрування частинами n разів, одержимо

$$f(x) = \frac{1}{x} - \frac{1}{x^2} + \frac{2!}{x^3} - \dots + (-1)^{n-1} \frac{(n+1)!}{x^n} + (-1)^n n! \int_x^{+\infty} \frac{e^{x-t}}{t^{n+1}} dt. \quad (6)$$

Позначимо $v_{n-1} = \frac{(-1)^{n-1}(n-1)!}{x^n}$, тоді дістанемо, що

$$S_n(x) = \frac{1}{x} - \frac{1}{x^2} + \frac{2!}{x^3} - \dots + (-1)^{n-1} \frac{(n+1)!}{x^n} = \sum_{m=0}^n v_m$$

Маємо $\left| \frac{v_m}{v_{m-1}} \right| = \frac{m}{x} \rightarrow \infty$ при $m \rightarrow \infty$ те, що ряд $\sum_{m=0}^{\infty} v_m$ буде розбіжним для всіх значень x . Проте цей ряд може бути застосованим для обчислення значень $f(x)$ при великих значеннях x . Дійсно, фіксуємо деякі значення n в ряді (6), тоді:

$$f(x) - S_n(x) = (-1)^{n+1}(n+1)! \int_x^{+\infty} \frac{e^{x-t}}{t^{n+2}} dt \quad (7)$$

звідси, оскільки $e^{x-t} \leq 1$ ($t \geq x$), будемо мати

$$|f(x) - S_n(x)| = (n+1)! \int_x^{+\infty} \frac{e^{x-t}}{t^{n+2}} dt < (n+1)! \int_x^{+\infty} \frac{1}{t^{n+2}} dt = \frac{n!}{x^{n+1}}. \quad (8)$$

Для значень x , достатньо великих, права частина нерівності (8) може бути зроблена як завгодно малою. Так, для $x \geq 2n$ будемо мати

$$|f(x) - S_n(x)| < \frac{1}{2^{n+1} \cdot n^2}, \quad (9)$$

тому значення $f(x)$ може бути обчислено з більш великою точністю для великих значень x , якщо взяти суму певного числа членів ряду $\sum_{m=0}^{\infty} v_m$. З оцінки (8) випливає, що

$R_n(x) = x^n(f(x) - S_n(x)) \rightarrow 0$ при $x \rightarrow \infty$ для будь якого фіксованого n , так що ряд $\sum_{m=0}^{\infty} v_m$ дає асимптотичний розклад даної функції $f(x)$.

Якщо виконується умова (2), то для коефіцієнтів B_n ряду (1) за умов (2) дістанемо

$$\begin{aligned} B_0 &= \lim_{x \rightarrow \infty} f(x), \\ B_n &= \lim_{x \rightarrow \infty} x^n(f(x) - S_n(x)), \quad n = 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (10)$$

Звідси, випливає, що, якщо функція $f(x)$ має асимптотичний розклад, то він єдиний.

Навпаки, один й той самий ряд вигляду (1) може слугувати асимптотичним розкладом для різних функцій. Наприклад, для функції

$$f(x) = e^{-x} \quad (0 < x < +\infty).$$

За умови (10) асимптотичним розкладом є ряд (1), в якому усі коефіцієнти

B_n дорівнюють нулю: $B_n = 0$ ($n = 0, 1, 2, \dots$). Очевидно, що цей самий ряд є асимптотичним розкладом і для функції $f(x) \equiv 0$. Кажуть, що асимптотичний ряд зображує не одну функцію, а клас асимптотичних рівних функцій.

Поняття асимптотичного розкладу були введені Анрі Пуанкаре при розв'язанні задач небесної механіки. Окремі випадки асимптотичного розкладу були відкриті ще в 18 столітті. Асимптотичні розклади і ряди відіграють важливу роль в різних задачах математики, механіки і фізики.

Анотація. Розглядається розкладання функції у асимптотичний ряд та застосування його до наближеного обчислення значень функції при великих значеннях аргументу.

Література

Барабаш О.В. Вступ до асимптотичних методів. Інтеграли та ряди: конспект лекцій/ О.В.Барабаш. – К.: Київський університет, 2010, - 111с.

Желтобрюх М.В. (здобувач бакалаврату, 1 курс),

Рожко І. Ю. (здобувач бакалаврату, 1 курс),

Науковий керівник – ст. викл. Нестеренко В. О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПРО ІСНУВАННЯ ТА ЗНАХОДЖЕННЯ ПЕРІОДИЧНИХ РІШЕНЬ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ, ЗБУРЮЮЧА СИЛА В ЯКИХ Є ПЕРІОДИЧНОЮ

Будемо розглядати математичну модель у вигляді лінійного неоднорідного диференціального рівняння другого порядку зі сталими коефіцієнтами

$$y'' + l_1 y' + l_2 y = f(x), \quad (1)$$

де $f(x)$ – функція, яка задовольняє наступним умовам: вона є періодичною з періодом 2π , на періоді неперервна або має скінчене число точок розриву першого роду, та на періоді має скінченне число екстремумів. За таких умов функція має розкладення у вигляді тригонометричного ряду:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \quad (2)$$

Коефіцієнти якого знаходяться за формулами:

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx, \quad a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx,$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx dx.$$

Виникає питання, коли рівняння (1) має періодичні розв'язки та як їх знаходити. Отже, періодичні розв'язки рівняння (1) будемо знаходити теж у вигляді тригонометричного ряду

$$y(x) = \frac{T_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (T_n \cos nx + P_n \sin nx) \quad (3)$$

Підставляємо його у рівняння (1), замість функції підставляємо її ряд (2). Прирівнюємо коефіцієнти при $\cos nx$ та $\sin nx$, а також при вільних членах у лівих та правих частинах рівності, яку при цьому дістанемо.

Тоді знаходимо коефіцієнти ряду (3):

$$T_0 = \frac{a_0}{l_2}; \quad T_n = \frac{(l_2 - n^2)a_n - l_1 n b_n}{(l_2 - n^2)^2 + l_1^2 n^2}$$

$$P_n = \frac{(l_2 - n^2)b_n + l_1 n a_n}{(l_2 - n^2)^2 + l_1^2 n^2}, \quad n = 1, 2, \dots \quad (4)$$

Перша з рівностей (4) дає необхідну умову існування розв'язків вигляду (3): якщо $a_0 \neq 0$, то необхідно, щоб $l_2 \neq 0$. Підставляємо (4) в (3), дістанемо

$$y(x) = \frac{a_0}{2l_2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{(l_2 - n^2)a_n - l_1 n b_n}{(l_2 - n^2)^2 + l_1^2 n^2} \cos nx + \frac{(l_2 - n^2)b_n + l_1 n a_n}{(l_2 - n^2)^2 + l_1^2 n^2} \sin nx \right).$$

Коли $l_1 = 0$ та $l_2 = n^2$, де $n = 1, 2, \dots$, періодичний розв'язок буде існувати за умови

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx, \quad b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx \quad (5)$$

Коефіцієнти T_k і P_k при $k \neq n$ знаходяться за формулами (4), а коефіцієнти T_n і P_n залишаються довільними, оскільки вираз $T_n \cos nx + P_n \sin nx$ є загальним розв'язком відповідного однорідного рівняння.

У випадку, якщо умова (5) не виконуються, то рівняння (1) періодичних розв'язків немає (виникає явище - резонанс). При $l_2 = 0, a_0 = 0$, коефіцієнт T_0 залишається невизначеним і рівняння (1) має нескінченне число

періодичних розв'язків, які відрізняються одне від іншого сталими доданками.

Якщо функція $f(x)$ у рівнянні (1) має період $2s = 2\pi$, то тригонометричний ряд для цієї функції має вигляд

$$f(x) = \frac{a'_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a'_n \cos \frac{n\pi x}{s} + b'_n \sin \frac{n\pi x}{s} \right)$$

і треба шукати періодичний розв'язок у вигляді

$$y = \frac{T_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(T_n \cos \frac{n\pi x}{s} + P_n \sin \frac{n\pi x}{s} \right)$$

Формули (4) та необхідні умови при цьому дещо зміняться.

Розглянемо приклади.

Приклад 1. Знайти періодичні розв'язки рівняння

$$y'' + 4y = \sum_{n=3}^{\infty} \frac{\sin nx}{n^2}.$$

Розв'язання. Маємо $l_1 = 0, l_2 = 4, a_0 = 0, a_n = 0, b_n = \frac{1}{n^2}$.

Функція $f(x) = \sum_{n=3}^{\infty} \frac{\sin nx}{n^2}$, не містить члена ряду $a_2 \cos 2x + b_2 \sin 2x$, який дає резонанс, значить, рівняння має періодичний розв'язок, причому нескінчену множину.

За формулами (4) знаходимо коефіцієнти

$$T_0 = T_n = 0, T_1 = 0, P_1 = 0, P_n = \frac{1}{n^2(4-n^2)}, n = 3, 4, \dots$$

Усі періодичні розв'язки знаходяться за формулою

$$y(x) = T_2 \cos 2x + P_2 \sin 2x + \sum_{n=3}^{\infty} \frac{\sin nx}{n^2(4-n^2)}.$$

Приклад 2. Знайти періодичні розв'язки рівняння $y'' + y = \cos x$.

Розв'язання. У даному рівнянні $l_1 = 0, l_2 = 1$.

Перевіримо виконання необхідних умов (5). Маємо

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos x \cdot \cos x \, dx = 2 \int_0^{\pi} (\cos x)^2 \, dx = \int_0^{\pi} (1 + \cos 2x) \, dx = \pi \neq 0$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos x \cdot \sin x \, dx = 0, \text{ (тут } n = 1 \text{).}$$

Умова (5) існування періодичного розв'язку не виконується. Отже, задане рівняння періодичного розв'язку немає.

Дійсно, загальний розв'язок рівняння $y'' + y = \cos x$ є, а саме

$$y = C_1 \cos x + C_2 \sin x + \frac{1}{2} x \sin x.$$

Цей розв'язок не є періодичним за наявності доданка $\frac{1}{2} x \sin x$.

Приклад 3. Знайти періодичний розв'язок рівняння

$$y'' - y = |\sin x|.$$

Розв'язання. Маємо, $f(x) = |\sin x|$, функція періодична з періодом π .

Тригонометричний ряд для цієї функції на $(-\pi, \pi)$ має вигляд:

$$|\sin x| = \frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos 2nx}{4n^2 - 1}.$$

Розв'язок рівняння знаходимо у вигляді

$$y(x) = \frac{T_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (T_n \cos nx + P_n \sin nx).$$

Маємо: $l_1 = 0, l_2 = -1, a_0 = \frac{4}{\pi}, a_{2n-1} = 0,$

$$a_{2n} = -\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{4n^2 - 1}, b_n = 0 \quad (n = 1, 2, \dots).$$

За формулами (4) дістанемо:

$$T_0 = -\frac{4}{\pi}, T_{2n-1} = 0, T_{2n} = -\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{16n^2 - 1}, P_n = 0..$$

Отже, рівняння має періодичний розв'язок

$$y(x) = -\frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos 2nx}{16n^2 - 1}.$$

Анотація. В роботі розглядаються: перевірка про існування періодичних рішень лінійних неоднорідних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами, а, також, приклади знаходження таких рішень.

Література

1. Дубовик В.П., Юрик І.І. Вища математика. Навч. посібник.-К. : Вища шк., 2015 – 648 с.
2. Диференціальні рівняння: Навч. посіб./[Каленюк П.І. та ін.]; Нац. ун – т «Львів. політехніка» - Львів: вид-во Львів. політехніки. 2014. – 378 с.

Журавльов О. С. (здобувач бакалаврату, 2 курс),
Шавро М.О. (здобувач бакалаврату, 2 курс),
Науковий керівник – доц. Гадецька С. В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РІВНЯНЬ У ЦІЛИХ ЧИСЛАХ

Різноманітні задачі прикладного змісту часто зводяться до рівнянь, у яких невідомі за своїм змістом можуть набувати лише цілих значень, тобто до рівнянь у цілих числах. Такі рівняння розглядали ще у давнину. Особливо багато займався ними давньогрецький математик Діофант, тому рівняння у цілих числах називають ще *діофантовими* рівняннями. Найпростішим прикладом діофантового рівняння є рівняння $ax+by=c$, де a, b, c – задані цілі числа, причому a та b є взаємно простими числами, тобто вони мають єдиний спільний дільник 1, і жодне з цих чисел не дорівнює нулю.

Нехай $c=0$, $ax+by=0$. Звідси $x=-by/a$. Число x є цілим лише якщо y ділиться націло на a . Отже, $y=at$, $t \in \mathbb{Z}$. Тоді

$$x = -\frac{b}{a}y = -\frac{b}{a}at = -bt.$$

Отже, формули, що визначають цілі розв'язки (x, y) рівняння $ax+by=0$, мають вигляд: $x=-bt$, $y=at$, $t \in \mathbb{Z}$.

Нехай тепер $c \neq 0$. Покажемо, що для знаходження всіх цілих розв'язків рівняння $ax + by = c$ достатньо знати який-небудь один його розв'язок $(x_0; y_0)$, для якого $ax_0+by_0=c$. Тоді маємо:

$$a(x - x_0) + b(y - y_0) = 0.$$

Цілочисельні розв'язки останнього рівняння мають вигляд:

$$x - x_0 = -bt, y - y_0 = at, t \in \mathbb{Z}.$$

Звідси знаходимо розв'язки рівняння $ax + by = c$ у вигляді:

$$x = x_0 - bt, y = y_0 + at, t \in \mathbb{Z}.$$

Реалізацію наведеного методу розв'язання діофантових рівнянь розглянемо на прикладі прикладного змісту, а саме, при вирішенні проблем вантажоперевезень.

Приклад. Для перевезення великої кількості контейнерів по 170 кг та 190 кг виділено машини вантажопідйомністю 3 т. Чи можна завантажити такими контейнерами машину повністю?

Розв'язання. Складемо математичну модель задачі. Нехай x – кількість контейнерів по 170 кг, y – по 190 кг. Тоді, згідно з умовою задачі, виконується рівність

$$170x + 190y = 3000$$

або

$$17x + 19y = 300, \quad x \in \mathbb{N}, y \in \mathbb{N}.$$

Знайдемо один з можливих цілочисельних розв'язків цього рівняння, використавши розвинення відношення $17/19$ у ланцюговий дріб:

$$\frac{17}{19} = \frac{1}{\frac{19}{17}} = \frac{1}{1 + \frac{2}{17}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{8 + \frac{1}{2}}}.$$

Відкинувши останню ланку $1/2$ у ланцюговому дробу, отримаємо:

$$\frac{1}{1 + \frac{1}{8}} = \frac{8}{9}.$$

Знаходимо різницю:

$$\frac{17}{19} - \frac{8}{9} = \frac{17 \cdot 9 + 19 \cdot (-8)}{19 \cdot 9} = \frac{1}{19 \cdot 9},$$

$$17 \cdot 9 \cdot 300 + 19 \cdot (-8) \cdot 300 = 300.$$

Порівнявши отриману рівність з рівнянням $17x+19y=300$, бачимо, що $x_0=9\cdot 300=2700$, $y_0=-8\cdot 300=-2400$. Отже, загальний розв'язок рівняння визначається формулами

$$x = 2700 - 19t, y = -2400 + 17t, t \in \mathbb{Z}.$$

Порівнявши отриману рівність з рівнянням $17x+19y=300$, бачимо, що $x_0 = 9 \cdot 300 = 2700$, $y_0 = -8 \cdot 300 = -2400$. Отже, загальний розв'язок рівняння визначається формулами $x = 2700 - 19t, y = -2400 + 17t, t \in \mathbb{Z}$.

За умовою задачі $x>0, y>0$. Тому отримуємо систему нерівностей

$$\begin{cases} 2700 - 19t > 0, \\ -2400 + 17t > 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t < \frac{2700}{19}, \\ t > \frac{2400}{17}. \end{cases}$$

Виділивши цілу частину у неправильних дробах, маємо:

$$141\frac{3}{17} < t < 142\frac{2}{19}.$$

Єдине ціле значення t , що задовольняє цій умові, - це $t=142$. При цьому значенні t :

$$x = 2700 - 19 \cdot 142 = 2, y = -2400 + 17 \cdot 142 = 14.$$

Отже, щоб завантажити машину повністю, потрібно помістити у неї 2 контейнери по 170 кг та 14 контейнерів по 190 кг.

Анотація. У роботі представлено можливості застосування класичної теорії рівнянь у цілих числах до аналізу окремих проблем вантажоперевезень.

Ключові слова: діофантові рівняння, ланцюговий дріб, проблеми вантажоперевезень.

Література

1. Клименко М.І., Панасенко Є.В., Ткаченко І.Г. Застосування математичного апарату в економічних дослідженнях : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Математика» освітньо-професійної програми «Математика». Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 100с.
2. Бородін О. І. Теорія чисел. / О. І. Бородін. – К.: Вища школа, 2020. 275 с.

Каднай М. С (здобувач бакалаврату, 2 курс),
Руденко М. В. (здобувач бакалаврату, 2 курс),
Науковий керівник – доц. Гадецька С.В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАСТОСУВАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ В ДОСЛІДЖЕННІ ПРОБЛЕМ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНО- ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Регресійний і кореляційний аналіз дозволяє встановити та оцінити залежність досліджуваної випадкової величини Y від однієї або декількох інших величин X , а також робити прогнози значень Y . Параметр Y , значення якого потрібно передбачити, є залежною змінною. Параметр X , значення якого відомі заздалегідь і який впливає на Y , є незалежною змінною.

Кореляційна залежність Y від X – це функціональна залежність середнього арифметичного всіх можливих значень параметра Y , що відповідають значенню $X = x$:

$$\bar{y}_x = f(x)$$

Це рівняння називається рівнянням регресії Y на X , функція $f(x)$ – регресією Y на X , а її графік – лінією регресії Y на X .

Основне завдання регресійного аналізу – встановлення форми кореляційного зв'язку, тобто виду функції регресії (лінійна, квадратична, експоненціальна тощо). Метод найменших квадратів дозволяє визначити коефіцієнти рівняння регресії таким чином, щоб точки (x_i, y_i) , побудовані за початковими даними, знаходилися якнайближче до точок лінії регресії.

Основне завдання кореляційного аналізу – оцінка тісноти кореляційного зв'язку. Тіснота кореляційної залежності Y від X оцінюється за величиною розсіювання значень параметра Y навколо умовного середнього. Велике розсіювання свідчить про слабку залежність або її відсутність, мале – про наявність достатньо сильного зв'язку.

Для проведення регресійного аналізу та прогнозування необхідно:

1) побудувати графік початкових даних і наочно оцінити характер залежності; 2) обрати вигляд функції регресії, яка може описувати зв'язок;

3) визначити числові коефіцієнти функції регресії; 4) оцінити силу знайденої регресійної залежності за допомогою коефіцієнта детермінації; 5) зробити прогноз або висновок про неможливість прогнозування.

Не рекомендується використовувати модель для значень X , що не належать інтервалу вхідних даних.

Наведемо приклад реалізації кореляційно-регресійного аналізу в дослідженні проблем функціонування автомобільно-транспортного підприємства.

Задача. Деяка фірма здійснює доставку різних вантажів на короткі відстані в межах міста. Менеджер має оцінити вартість послуг, що залежить від часу доставки. Як головний фактор, що впливає на час, обрано пройдену відстань. Зібрано дані про десять доставок (табл. 1).

Таблиця 1

Відстань, км	3,5	2,4	4,9	4,2	3,0	1,3	1,0	3,0	1,5	4,1
Час, хв	16	13	19	18	12	11	8	14	9	16

Необхідно побудувати графік даних, визначити характер залежності, проаналізувати можливість застосування методу найменших квадратів, побудувати рівняння регресії, оцінити силу зв'язку та зробити прогноз для 2 км.

Розв'язання. На рисунку 1 наведено початкові дані десяти поїздок. Крім відстані, на час доставки впливають затори, час доби, ремонтні роботи, погода, кваліфікація водія, тип транспорту. Точки не лежать точно на прямій через ці фактори, але згруповані навколо неї, що свідчить про лінійну залежність. Їх розташування дозволяє застосувати метод найменших квадратів.

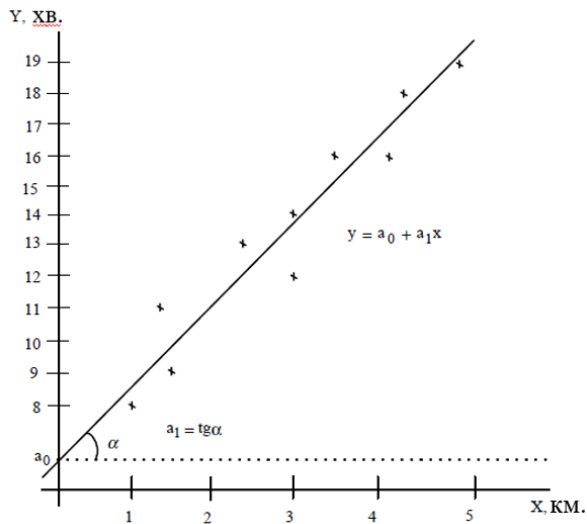


Рис. 1. Початкові дані

Після обчислень отримано рівняння регресії:

$$y^P = 5,913 + 2,660x.$$

Кут нахилу $a_1 = 2,66$ – це кількість хвилин на 1 км. Вільний член $a_0 = 5,913$ – це час, що не залежить від відстані й зумовлений іншими факторами. Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,918$. Це означає, що модель пояснює 91,8% варіації часу доставки. Решта 8,2% зумовлена не врахованими у моделі чинниками. Оскільки коефіцієнт детермінації високий, а 2 км належить інтервалу даних, можна скористатися рівнянням для прогнозу:

$$y^*(2 \text{ км}) = 5,913 + 2,660 \cdot 2 = 11,2 \text{ хвилин.}$$

Зауважимо, що при спробі прогнозування для відстаней, що не входять до представленого діапазону, модель може бути неточною через появу нових факторів, наприклад, використання трас, зупинки тощо.

Анотація. У роботі представлено дослідження проблем поставок різних вантажів на короткі відстані засобами кореляційно-регресійного аналізу. Проаналізовано можливість застосування методу найменших квадратів, виконано оцінку сили регресійного зв'язку, зроблений прогноз.

Ключові слова: регрессионный анализ, корреляционный анализ, коэффициент детерминации, прогнозное значение.

Література

1. Клименко М.І., Панасенко Є.В., Ткаченко І.Г. Застосування математичного апарату в економічних дослідженнях. Запоріжжя: ЗНУ, 2023.
2. Моделювання в транспортних технологіях. Частина І: монографія / за ред. А.В.Сохацького. – Дніпро : УМСФ, 2022.– 182 с.

Кольчак А.О. (здобувач бакалаврату, 3 курс),
Науковий керівник – доц. Рашевський М. О.
*Криворізький фаховий коледж державного некомерційного
підприємства «Державний університет «Київський авіаційний
інститут», Кривий Ріг*

ПРО ГЕОМЕТРИЧНІ ДОВЕДЕННЯ КОМБІНАТОРНИХ ТОТОЖНОСТЕЙ

Дискретна математика має спеціальні методи розв'язування комбінаторних задач – метод твірних (продуктивних) функцій, метод рекурентних співвідношень, метод траєкторій. Останній із них ґрунтується на геометричній ілюстрації біномних коефіцієнтів C_n^m , в інших позначеннях $\binom{n}{m}$. Згаданий біномний коефіцієнт дорівнює кількості найкоротших шляхів на цілочислових ґратках площини (Рис. 1), що сполучають точки $(0; 0)$ і $(m; n - m)$.



Рис.1. Біномні коефіцієнти та їхні геометричні інтерпретації

Геометричний метод ефективно використовувався у різноманітних прикладних питаннях, зокрема у задачах статистики [2; 5], дослідженні чисел Каталана, шляхів Моцкіна та чисел Ріордана [1]. У заданих працях йшлося про траєкторії, пов'язані із біномними коефіцієнтами. Траєкторну ілюстрацію можна надати всім відомим комбінаторним структурам: комбінаціям з повтореннями, вибіркам, перестановкам з повтореннями [3; 4].

У статті [3] описано просторовий аналог методу траєкторій, а також доведено деякі комбінаторні тотожності. У цій доповіді розглянемо просторовий метод як узагальнення методу траєкторій на площині та

проаналізуємо можливі обмеження, пов'язані із обмеженнями його застосування.

Розглянемо у просторовій системі координат куб із цілочисловими сторонами n_1, n_2, n_3 . Згідно із [3] кількість ламаних, що проходять сторонами цілочислової ґратки від початку координат до точки $A(n_1; n_2; n_3)$ дорівнює числу перестановок із повтореннями $P_n(n_1; n_2; n_3)$ (Рис. 2а).

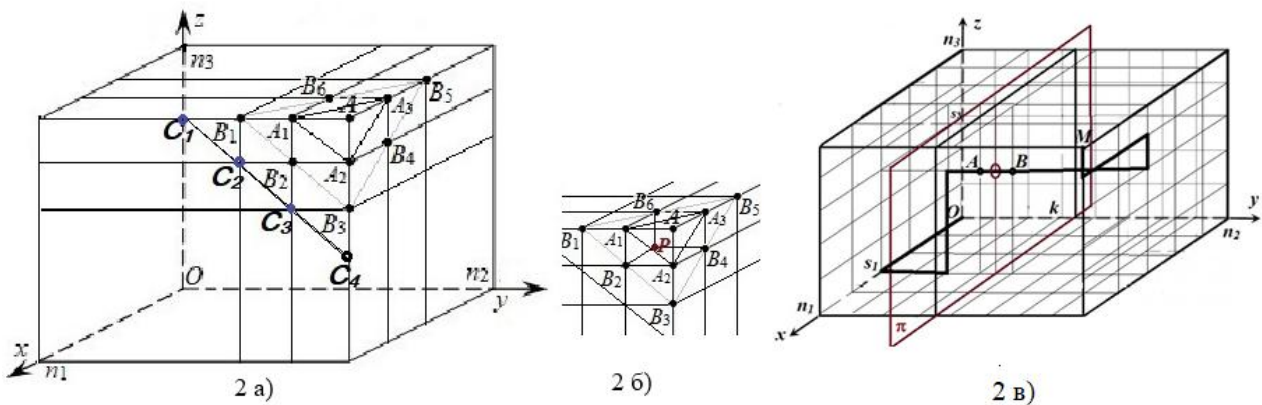


Рис.2. Геометрична інтерпретація перестановок із повтореннями

Використовуючи рисунок 2, а саме – геометричну інтерпретацію перестановок із повтореннями, можна довести деякі узагальнення відомих комбінаторних тотожностей. Так, використання рисунка 1б) доводить тотожність $C_n^m = C_{n-1}^m + C_{n-1}^{m-1}$. Її узагальнення можна отримати із рисунка 2а), записавши співвідношення для точок площини $A_1A_2A_3$. Якщо повторити міркування [3] для площини $B_1B_3B_5$, то знову дістаємо правильну тотожність. Але перенесення міркувань на наступний крок, а саме – для площини, що містить пряму C_1C_4 , призведе до помилкового результату. Причиною є те, що одна із точок із цілочисловими координатами – точка $P(n_1 - 1; n_2 - 1; n_3 - 1)$ на рисунку 2б), міститиме частину траєкторій, які не будуть враховані повторенням міркувань для попередніх двох випадків. Описані міркування потребують дослідження наявності цілочислових точок на площині, що використовується при доведенні тієї чи іншої тотожності.

Розглянемо застосування просторових траєкторій (Рис. 2в) для доведення комбінаторної однієї тотожності. Кожна траєкторія OM перетне площину π , що проходить паралельно до площини Oxz між площинами $y = k$ та $y = k + 1$.

Траєкторій, що сполучають точку O з точкою $A(s_1; k; s_3)$ всього існує $P_{s_1+s_3+k}(s_1, k, s_3)$. Траєкторій, що сполучають точку $B(s_1; k+1; s_3)$ $M(n_1; n_2; n_3)$ існує $P_{n_1+n_3+k-s_1-s_3-1}(n_1-s_1-1, k+1, n_3-s_3-1)$. За правилом добутку дістаємо:

$$P_{s_1+s_3+k}(s_1, k, s_3) \cdot P_{n_1+n_3+k-s_1-s_3-1}(n_1-s_1-1, k+1, n_3-s_3-1),$$

що містять ланку AB . За правилом суми отримуємо таку тотожність:

$$\sum_{i_1=0}^{n_1} \sum_{i_3=0}^{n_3} P_{i_1+i_3+k}(i_1, k, i_3) \cdot P_{n_1+n_3+k-i_1-i_3-1}(n_1-i_1-1, k+1, n_3-i_3-1) =$$

$$= P_{n_1+n_2+n_3}(n_1, n_2, n_3).$$

Переписавши останню тотожність для біномних коефіцієнтів, дістанемо:

$$\sum_{i_1=0}^{n_1} \sum_{i_3=0}^{n_3} C_{i_1+i_3+k}^{i_1} \cdot C_{i_3+k}^{i_3} \cdot C_{n_1+n_3+k-i_1-i_3-1}^{n_1-i_1} \cdot C_{n_3+k-i_3-1}^{n_3-i_3} = C_{n_1+n_2+n_3}^{n_1} \cdot C_{n_2+n_3}^{n_2}.$$

Анотація. Описано просторовий аналог методу траєкторій. Застосовано описаний метод для доведення комбінаторних тотожностей та досліджується питання про узагальнення відомих методів на випадок просторової системи координат.

Ключові слова: біномні коефіцієнти, траєкторії, комбінаторні тотожності, цілочислова ґратка.

Література

1. Frank R. B. Catalan, Motzkin, and Riordan numbers. *Discrete Mathematics*. 1999. 204. P. 73-112. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0012-365X\(99\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0012-365X(99)00054-0)
2. Гнєденко Б.В. Курс теорії ймовірностей. ВПЦ Київський університет. Київ. 2010. 464 с. <https://1lib.sk/book/3227322/53c4e4/Курс-теорії-ймовірностей.html>
3. Даниліна Г.В., Рашевський М.О., Семеріков С.О. Геометричні моделі комбінаторних тотожностей. *Математичне моделювання*. Том 6, № 1 (50). 2024. С. 32-40. URL: <http://matmod.dstu.dp.ua/article/view/304784>
4. Рашевський М. О. Про викладання комбінаторики у закладах вищої освіти. *Фізико-математична освіта*. 2018. Випуск 4(18). С. 136-142. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/187497188.pdf>
5. Renault M. Four Proofs of the Ballot Theorem. *Mathematics Magazine*. 2007. Vol. 80, No. 5, P. 345-352. URL: <https://www.jstor.org/stable/27643060>

Лобаш К. Ю. (здобувач бакалаврату, 1 курс),
Міщенко М. С. (здобувач бакалаврату, 1 курс),
Науковий керівник – доц. Вишневецький О. Л.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПРИКЛАД ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНОГО КОДУ: ТВІРНА МАТРИЦЯ І КОДУВАННЯ

Вступ

При передачі по каналах зв'язку завжди виникають помилки. Причини їх можуть бути різні, але результат один – дані спотворюються і не можуть бути використані на прийомній стороні для подальшого опрацювання. Для боротьби з помилками, які виникають, відомо багато способів. Основним є завадостійке кодування.

Завадостійкі коди - це коди, що дозволяють виявляти або виявляти і (бажано) виправляти помилки, які виникають у результаті впливу завад. Завадостійкість кодування забезпечується за рахунок введення надлишковості в кодові слова, тобто за рахунок того, що не всі комбінації символів в кодових словах використовуються для передачі інформації.

Вважаємо, що повідомлення, які треба передавати, складаються з символів 0 та 1. У комп'ютері, наприклад, це завжди має місце. Кожному елементу повідомлення зіставляється кодове слово, що містить фіксовану кількість n символів, тобто 0 та 1. Число n , однакове для всіх кодових слів, називають довжиною коду. Кількість одиниць у кодовому слові називають вагою цього слова і позначають w . Символи 0 та 1 можна додавати:

$$0+1=1+0=1, \quad 1+1=0 \quad (2)$$

і множити: $0 \cdot 1 = 1 \cdot 0 = 0$. З останньої рівності в (1) випливає, що символи 0 та 1 не є числами. З усіх цих рівностей виходить, що дії додавання та множення символів 0 та 1 дають ізнов символ 0 чи 1.

Основні принципи завадостійкого кодування

Помилки, що виникають внаслідок впливу завад, проявляються в тому, що декількох розрядах (координатах) кодового слова нулі переходять в одиниці і, навпаки, одиниці переходять у нулі. В результаті створюється нове, помилкове слово.

Кодові слова можна вважати векторами, тому визначена операція їх додавання (покоординатного) та множення на символи 0 та 1. Множина усіх векторів з n координатами (тобто 0 та 1) є векторним простором V_n .

Лінійним кодом називається лінійний (векторний) підпростір простору V_n . Базис підпростору містить рівно k векторів для деякого цілого k . Будь-який підпростір простору V_n містить 2^k елементів (векторів) і позначається $[n,k]$ -код. Число k є розмірністю цього підпростору.

Будь-який підпростір V простору V_n можна задати або його базисом, або базисом ортогонального до V підпростору W (W називається ортогональним доповненням V в V_n). Як відомо, вектори називаються ортогональними, якщо їхній скалярний добуток дорівнює нулю. Підпростори V_1, V_2 називаються ортогональними, якщо скалярний добуток будь-яких векторів $u_1 \in V_1, u_2 \in V_2$ дорівнює нулю.

Якщо вектори будь-якого базису підпростору записати у вигляді рядків матриці, одержимо $k \times n$ матрицю H . Вона називається перевіркою. Простір V_n містить багато підпросторів, причому підпростір розмірності k містить 2^k кодових слів. Тому код доцільно визначати (задавати) його перевіркою матрицею, а не переліком його слів. Наприклад, підпростір розмірності $k=12$ код містить $2^{12} = 4096$ кодових слів, але може бути завданим 12 базисними словами (векторами). Це економить пам'ять.

Пристрій, що виконує кодування, називається кодером. На його вхід поступає вектор, координати якого – довільна комбінація k символів (0 та 1). Таку комбінацію називають інформаційним словом довжини k .

Ступінь відмінності будь-яких двох кодових слів даного коду характеризується відстанню d між словами. Вона дорівнює числу позицій або символів, у яких слова відрізняються одне від одного. Можна довести, що вона дорівнює сумі цих двох векторів.

Перевірну матрицю за допомогою елементарних перетворень її рядків можна звести до виду, коли перші її k стовпців утворюють одиничну матрицю. Елементарні перетворення – це переставлення і додавання стовпців. Матриці, одержані одна з іншої елементарними перетвореннями, називають еквівалентними. Так само коди, перевірні матриці яких еквівалентні, називають еквівалентними (позначення $\sim$). Усі їх параметри є однаковими.

Розглянемо приклад.

Нехай перевірна матриця кода ($n = 7, k = 3$) така:

$$H = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Робимо елементарні перетворення: переставляємо перший стовпець на останнє місце, другий – на передостаннє і т.д. :

$$H \sim \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = H_1$$

Неважко перевірити, що матриці H та H_1 мають однакові стовпці, але записані у різному порядку. Отже, коди з перевірними матрицями H та H_1 мають однакові параметри. Зокрема, обидва коди можуть виправити або виявити однакову кількість помилок.

Декодування

Пристрій, що виконує декодування, називається декодером. На його вхід поступає прийняте слово (вектор), яке може містити помилки. Декодування виконується множенням матриці на вектор: прийняте слово (вектор-рядок) b довжини n , яке може мати помилки, транспонуємо (позначимо транспонований

вектор-стовпець b^T) і множимо справа на перевірну матрицю H : $H \cdot b^T = s$. Виходить слово s , яке називають синдромом. Якщо $s = \bar{0}$ (нульове слово), то вважають, що помилок у слові b немає. В протилежному випадку b містить помилки. Тоді знайдена помилка. Бажано, окрім цього, її виправити.

Синдром дорівнює сумі тих стовпців матриці H , в яких є помилки.

Покажемо приклад декодування розглянутого вище $[7,3]$ -кода з перевірною матрицею H_1 ($n=7, k=3$). Нехай прийняте слово $b=(0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0)$. Тоді

$$s = H_1 \cdot b^T = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Оскільки синдром ненульовий: $s \neq \bar{0}$, виявлена помилка. Оскільки синдром дорівнює другому стовпцю матриці H_1 , то ця помилка у другій координаті. Для її виправлення змінюємо символ 1 у цій координаті нулем. Виходить

$$b=(0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0),$$

і помилка не тільки знайдена, але навіть виправлена.

Можна довести, що розглянутий код може виправити тільки одну помилку або виявити дві помилки. Теоретично може бути виявлена більша кількість помилок, але ймовірність більшої кількості помилок мала, тому нею нехтуємо.

Взагалі виправлення помилок є більш важливою, але математично більш складною задачею. Спроможність кода виправляти та (або) виявляти помилки визначається мінімальною вагою кодових слів кода (вагою будь-якого слова називається кількість його одиниць). Але ми не будемо викладати цю складну тему. Таким чином, декодування у розглядуваному коді виконується

матричними методами, а теоретичною їх основою є лінійна алгебра. Елементами матриць є символи 0 та 1 (це не числа).

Література

1. F. J. MacWilliams, Neil J. A. Sloane. The theory of error correcting codes, 1993, North-Holland Pub. Co. 762 с.

Петров І.І. (здобувач бакалаврату, 2 курс),
Слепченко М.К. (здобувач бакалаврату, 2 курс),
Науковий керівник – доц. Гадецька С.В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАДАЧІ КОМПЛЕКТУВАННЯ МАШИННОГО ПАРКУ

Раціональне формування машинних парків відповідних підприємств є одним із можливих шляхів підвищення ефективності використання їх техніко-технологічного потенціалу. Повне оснащення підприємств сучасною технікою потребує великих капіталовкладень, тому особливо важливо, щоб ця техніка використовувалася з максимальним ефектом. Одним з найважливіших завдань фахівців інженерно-технічної служби є визначення для кожного окремого господарства або машинно-технічної станції такої мінімальної, але достатньої кількості машин і машинного парку в цілому, яка забезпечить найефективніше його використання. Задача про визначення оптимального з точки зору встановленого критерію складу машинного парку певного підприємства - одна з найважливіших задач розвитку відповідної галузі. В якості критерію оптимальності в цій задачі можна обрати мінімум грошових витрат на придбання техніки та виконання всіх робіт або мінімум машин і мінімум витрат пального тощо. Таким чином, задача планування потреби підприємства в техніці полягає у виборі такого складу машинного парку та такого плану його використання, при якому дотримуються технологічні вимоги, забезпечується виконання всіх заданих обсягів робіт у визначені терміни з мінімальними загальними витратами.

Отже, в умовах конкретного господарства ця математична модель задачі планування потреби в техніці передбачає різні варіанти. Для визначеності оберемо сільсько-господарську галузь і будемо розглядати задачу визначення оптимального складу машинно-тракторного парку за умови, що в господарстві повністю відсутні машини, тобто задачу комплектування парку, найбільш доцільного для його придбання. Розглянемо в якості оптимального варіанту машинно-тракторного парку такий, при якому виконуються всі задані обсяги робіт у визначені терміни при мінімальних витратах і дотриманні агротехнічних умов.

Введемо наступні позначення. Нехай $i=1, \dots, n$ - кількість марок тракторів і сільськогосподарських машин, з яких буде комплектуватися машинно-тракторний парк (МТП); $j=1, \dots, m$ - кількість всіх сільськогосподарських робіт, які виконуються в даному господарстві; $t=1, \dots, T$ - номери розрахункових періодів, на які потрібно розбити весь термін, що відводиться на виконання всього комплексу робіт. Обсяг кожної роботи передбачається заданим. Зручно вважати його заданим для роботи з номером j в розрахунковому періоді t і позначити P_{jt} ; $k=1, \dots, l$ - кількість всіх можливих агрегатів в господарстві. Припустимо, що з кожною маркою трактора можуть агрегатуватися на кожній роботі різні сільськогосподарські машини, тобто для кожної марки трактора можливі різні способи агрегування. Задамо продуктивність агрегатів на кожній роботі за кожен розрахунковий період. Позначимо продуктивність агрегату k на роботі j за період t через a_{kjt} , а кількість агрегатів з номером k , потрібних для виконання роботи j за період t , - через x_{kjt} .

Умова, що гарантує виконання всього заданого обсягу робіт, записується таким співвідношенням:

$$\sum_{k=1}^{l_j} a_{kjt} x_{kjt} = P_{jt}, \quad (j = 1, 2, \dots, m; t = 1, 2, \dots, T) \quad (1)$$

де l_j – загальна кількість одиниць, які можуть виконувати j -ту роботу.

Позначимо через x_i загальну кількість машин марки i , що необхідні для даного господарства, і через b_{ij}^i – кількість машин марки з номером i , що

входить в k -й агрегат, який виконує j -у роботу. Умова, що кількість машин марки i , що виконують усі роботи за період t , не повинно перевищувати їх загального числа, запишеться так:

$$\sum_{j \in J_t} \sum_{k=1}^{l_j} b_{kj}^i x_{kjt} \leq x_i, (i = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2, \dots, T) \quad (2)$$

де J_t – підмножина, якій належать всі роботи, що виконуються за період t .

Врахуємо очевидні обмеження:

$$\begin{aligned} x_i &\geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n); \\ x_{kjt} &\geq 0 \quad (k = 1, 2, \dots, l_j; j \in J_t; t = 1, 2, \dots, T) \end{aligned} \quad (3)$$

Позначимо також через c_{kjt} прямі витрати на один агрегат k , що виконує роботу j за період t . Тоді сума прямих виробничих витрат на виконання всіх тракторних робіт і витрат на придбання техніки запишеться у вигляді:

$$F = \sum_{t=1}^T \sum_{j \in J_t} \sum_{k=1}^{l_j} c_{kjt} x_{kjt} + \sum_{i=1}^n (\alpha c_i + p_i) x_i, \quad (4)$$

де α – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; c_i – балансова вартість машини марки i ; p_i – вартість утримання машини марки i .

Задача визначення оптимального складу машинно-тракторного парку тепер може бути сформульована так: визначити склад парку (всі x_i) і план його використання протягом всього року (всі x_{ijt}), при якому досягається мінімум (4), якщо виконуються обмеження (1)–(3). Отже, співвідношення (1)–(4) є математичною постановкою задачі оптимізації машинно-тракторного парку.

Задача щодо визначення оптимального складу машинно-тракторного парку та вибору найбільш раціонального графіку його роботи звелася до розв’язання задачі лінійного програмування, тобто до знаходження такого розв’язку системи обмежень, при якому досягається мінімум функції (4).

Анотація. У роботі розглянуто задачу визначення оптимального складу машинного парку за умови, що в господарстві повністю відсутні машини, тобто вивчено задачу комплектування парку, що є найбільш доцільним для його придбання.

Ключові слова: задача лінійного програмування, оптимальний склад машинного парку, критерій оптимальності, математична модель задачі планування.

Література

1. Моделювання в транспортних технологіях. Частина I: монографія / за ред. А.В.Сохацького. – Дніпро : УМСФ, 2022. – 182 с.
2. Математичні методи дослідження операцій: підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрик та ін. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 212 с.

Сищенко І. Д. (здобувач бакалаврату, 1 курс),
Науковий керівник - доц. Михайленко І.В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ІСТОРІЯ ПРИКЛАДНИХ СТАРОДАВНІХ ЗАДАЧ НА ЕКСТРЕМУМ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ

Протягом усього історичного розвитку математики задачі на екстремум та методи їх розв'язування незмінно викликали інтерес як професіоналів, так і ентузіастів. Можливо, це захоплення можна пояснити вродженим прагненням людства до досконалості, а також властивою елегантністю та привабливістю екстремальних викликів. Ідею про те, що природа діє на основі екстремальних принципів, вперше запропонував давньогрецький вчений Герон. Спочатку до кожної екстремальної проблеми підходили особливо та розв'язували її різними методами. Проте з часом у різних дисциплінах, таких як геометрія, алгебра та фізика, з'явилося безліч переконливих і важливих проблем, які оберталися навколо пошуку максимумів і мінімумів. Відомі діячі минулих епох, включаючи Евкліда, Архімеда та Ньютона, зробили внесок у дослідження та вирішення цих конкретних проблем. Процес розв'язування окремих проблем зрештою стимулював розвиток теорії та розробку методів, які можна було б універсально застосовувати для розв'язання широкого кола різноманітних проблем.

Перші задачі на максимум і мінімум з'явилися в дуже далекі часи: класична ізопериметрична задача обговорювалась ще в V ст. до н. е. Довгий час кожна задача на екстремум розв'язувалась індивідуально. В XVII ст. виникла необхідність створення загальних методів їх розв'язання. Такі методи були розроблені П. Ферма, І. Ньютоном, Г. Лейбніцем та іншими – спочатку для однієї, а пізніше для нескінченної кількості змінних.

Історія дослідження екстремальних задач налічує приблизно три тисячоліття. У період з 14 по 18 століття численні відомі математики, зокрема Снелліус, Ферма, Ньютон, Лейбніц, Ейлер, Лагранж, Бернуллі, Лежандр, Якобі, Вейерштрасс, Гамільтон і Гільберт, присвятили свої зусилля дослідженню цих 6 проблем. Саме в 17 столітті П'єр де Ферма сформулював фундаментальний принцип для аналізу екстремальних задач [1].

Протягом усієї еволюції математики, дослідження екстремумів мало важливе значення. Різноманітні інтригуючі екстремальні проблеми були сформульовані та вирішені в сферах геометрії, алгебри та фізики в різні моменти часу. Нижче наведено збірку деяких із цих проблем.

Задача Дідони. Розповідь з «Енеїди» Вергілія свідчить про те, що в 9 столітті до нашої ери фінікійська принцеса Дідона втекла від переслідувань свого брата та подорожувала на захід уздовж узбережжя Середземного моря в пошуках притулку. Досягнувши Туніської затоки, Дідона почала переговори з місцевим лідером Ярбом щодо купівлі землі, яку вона бажала. Вимагаючи лише стільки землі, скільки могла охопити волова шкіра, Дідона успішно переконала Ярба погодитися на її умови. Потім вона розрізала шкіру бика на смуги, які зв'язала разом, щоб оточити велику територію, на якій вона заснувала фортецю та місто Карфаген. Цей епізод спонукає до роздумів над інтригуючим питанням про обмеження землі, яку можна обгородити однією воловою шкірою. У сучасному математичному представленні це питання зображується наступним чином: серед замкнених плоских кривих, заданої довжини, знайти таку, яка охоплює найбільшу площу. Цю задачу зазвичай називають задачею Дідони або традиційною ізопериметричною задачею, яка стосується фігур з рівними периметрами. Рішення цієї проблеми передбачає кругову криву. У описі Вергілієм дій Дідони використовується дієслово «*circumdare*» (оточити), що відображає корінь «*circus*» (коло). Отже, можна зробити висновок, що Дідона успішно розв'язала класичну ізопериметричну задачу.

Задачі Кеплера. Йоганн Кеплер, видатний вчений 17 століття, представив новаторські концепції у своїй публікації 1615 року «Нова стереометрія винних

бочок», включаючи перші вичерпні вказівки щодо вирішення екстремальних математичних проблем. Методи Кеплера, які пізніше були вдосконалені та розширені такими видатними діячами, як П'єр де Ферма, Ісаак Ньютон і Готфрід Вільгельм Лейбніц, запропонували вирішення різноманітних складних проблем, таких як визначення максимального об'єму циліндра, який може поміститися в певній сфері. Подібна проблема у планіметричному варіанті полягає в тому, щоб знайти найбільшу можливу площу прямокутника, який можна вписати в дане коло. Рішення початкової задачі передбачає циліндричну форму з відношенням діаметра основи до висоти, еквівалентним квадратному кореню з двох, тоді як наступна задача стосується квадрату. Згодом цей принцип був розширений відомими математиками І. Ньютоном і Г. Лейбніцем, що поклало початок математичного аналізу. У 18 столітті внесок Л. Ейлера та Дж. Лагранжа привів до розробки методів вирішення багатовимірних екстремальних задач, як без обмежень, так і з обмеженнями. Серед цих методів особливо важливим став метод множників Лагранжа [2].

Задача про максимальну швидкодію (задача про брахістохрону). Однією з перших задач варіаційного числення була задача Івана Бернуллі про брахістохрону (1696 р.). У вертикальній площині задано дві точки $A(a; y_a)$ і $B(b; y_b)$ (рис.1).

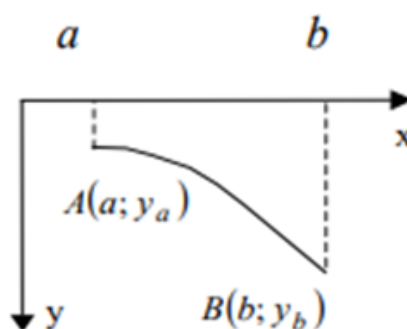


Рис. 1. Задача Бернуллі

Необхідно визначити криву, яка може ефективно з'єднати дві дані точки, дозволяючи матеріальній точці рухатися вздовж неї під дією сили тяжіння з точки A без будь-якої початкової швидкості, щоб досягти точки B за мінімально

можливий час. Аналітичне формулювання цієї задачі: серед неперервно диференційовних функцій $y(x)$ знайти таку, яка досягає мінімуму функціоналу

$$I[y] = \int_a^b \frac{\sqrt{1+y^2}}{\sqrt{y}} dx$$

при крайових умовах

$$y(a) = y_a ; y(b) = y_b$$

Ізопериметрична задача (задача Дідо) [3]. Розглянемо дві точки $A(a;0)$ і $B(b;0)$ на осі координат. За заданої довжини l виберемо пряму на декартовій площині, яка сполучає точки A і B і обмежує найбільшу площу в поєднанні з відрізком AB (рис.2).

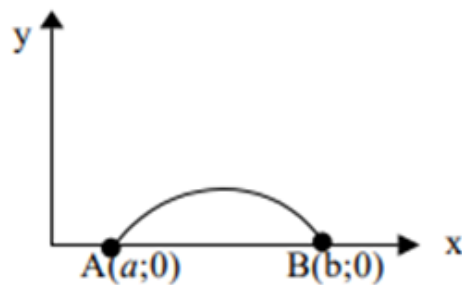


Рис. 2. Ізопериметрична задача

Аналітичне формулювання цієї задачі: серед неперервно диференційовних функцій $y(x)$ вибрати таку, яка задовольняє рівняння зв'язку

$$\int_a^b \sqrt{1+y'^2} dx = l$$

і досягає максимуму функціонала

$$I[y] = \int_a^b y(x) dx$$

при крайових умовах

$$y(a) = 0; y(b) = 0.$$

Задачі на пошук оптимального розв'язку, тобто знаходження такого значення змінної (декількох змінних), при яких цільова функція досягає максимуму чи мінімуму на певному відрізку, використовуються в багатьох розділах математики та суміжних галузей. У недалекому майбутньому особи, які здобули освіту в Україні, займуть керівні посади в промислових, фінансових

чи наукових організаціях, що потребуватиме виконання управлінських обов'язків майбутніми фахівцями. Це завдання є складним, оскільки ефективне управління вимагає розгляду взаємодії між різними елементами як всередині організації, так і за її межами [4].

Висновки. Прикладні задачі на екстремум відображають суть математики в реальному світі. Такі задачі є не лише основою для теорії оптимізації, але і ключовим інструментом для вирішення різноманітних проблем у різних сферах, від виробництва до фінансів та медицини. Завдяки прикладним задачам людина вчиться аналізувати ситуації, моделювати проблеми, шукати оптимальні рішення та враховувати обмеження. Це важливі навички як у повсякденному житті, так і в професійній діяльності.

***Анотація.** Важливість вивчення мінімального та максимального значення в математичній освіті є значною, оскільки вона дозволяє досліджувати як базові, так і складні розв'язання математичних задач. Тому у статті розглядається історія прикладних задач на екстремум, оскільки вона є цікавою і пізнавальною. Дані задачі дозволяють ознайомити здобувачів освіти із широкою застосовністю та універсальністю прикладних задач. У статті ми розглядаємо декілька стародавніх задач.*

Ключові слова: прикладні задачі, задачі на екстремум, математична освіта, історія стародавніх задач.

Література

1. Ачкан В.В., Ніколаєва О.В. Використання прикладних задач у процесі вивчення похідної у курсі алгебри та початків аналізу в класах різних профілів : зб. наук. праць Бердянського державного педагогічного університету (Педагогічні науки). Бердянськ: БДПУ, 2011. № 2. 360 с.
2. Крисак І.М. Прикладні задачі на екстремум. Електронний ресурс: [krysak_2024.pdf](#).
3. Корольський В.В. Математичний аналіз. Диференціальне та інтегральне числення функції однієї змінної. Кривий Ріг, 2013. ч. 2-а. 393 с.
4. Науменко А.А. Екстремальні задачі як засіб активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів під час вивчення геометричних перетворень. Матеріали конференції «Єдність навчання і наукових досліджень – головний принцип університету», УДУ ім. М.Драгоманова. 2013. 250-251с.

Чуприна В.О. (здобувач бакалаврату, 1 курс),
Науковий керівник - доц. Михайленко І. В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ ТА СТАТИСТИКИ У ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ

Інтеграція України до спільноти європейських країн передбачає розбудову системи постачань товарів, особливо у міжнародному сполученні, на засадах логістики для швидкого та якісного задоволення потреб споживачів у відповідності з їхніми вимогами. Логістика є однією з найважливіших галузей економіки сучасного світу. Вона відповідає за управління потоками матеріальних, інформаційних та фінансових ресурсів від постачальників до споживачів. Логістика відіграє ключову роль у забезпеченні ефективності та конкурентоспроможності підприємств, а також у розвитку світової економіки.

Сучасні підприємства постійно стикаються з проблемою доставки товарів одному або декільком клієнтам в декількох місцях одночасно. Таким чином, процес постачання та продажу безпосередньо пов'язаний з логістичними проблемами, які доводиться вирішувати за допомогою транспорту. Отже, транспорт — найважливіший фактор розвитку економіки й торгівлі. Виробництво практично неможливе без перевезення з різних районів сировини, палива, продукції тощо.

Транспортна логістика є складним процесом, який включає в себе планування, організацію та контроль руху товарів, послуг та інформації. Одним з ключових елементів успішної логістичної діяльності є застосування математичних методів, зокрема теорії ймовірностей та статистики. Ці методи дозволяють оптимізувати логістичні процеси, підвищити ефективність транспортування та зменшити ризики.

Теорія ймовірностей застосовується у логістиці для аналізу випадкових процесів та оцінки ризиків. Наприклад, при плануванні маршрутів транспортування використовуються ймовірнісні моделі для прогнозування часу

доставки та оцінки ризиків затримок [1]. Теореми множення і додавання ймовірностей дозволяють розрахувати ймовірності різних подій, таких як збої в роботі транспорту або несприятливі погодні умови [2].

Статистичні методи використовуються для аналізу даних про логістичні процеси. Дисперсійний аналіз дозволяє оцінити варіативність часу доставки або вартості транспортування, що допомагає оптимізувати логістичні системи. Крім того, статистичні методи застосовуються для прогнозування процесів у сфері транспорту та логістики, наприклад, для передбачення попиту на певні товари [2].

У практиці застосування теорії ймовірностей та статистики у транспортній логістиці дозволяє підвищити ефективність транспортування та знижувати ризики. Наприклад, використання ймовірнісних моделей для оптимізації маршрутів транспортування дозволяє зменшити витрати на паливо та підвищити швидкість доставки товарів [1]. Статистичні методи допомагають аналізувати дані про логістичні процеси та приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації цих процесів [3].

Досить часто в управлінні логістикою фахівцям доводиться приймати рішення в умовах невизначеності. Прийняття рішення відбувається на основі можливості вибору стратегій.

Прогнозування вантажних перевезень у логістиці – це передбачення економічного стану функціонуючого об'єкта у майбутньому. Прогнозування є важливим етапом, оскільки слугує вихідною базою розробки планів. Як правило, використовуються методи прогнозування у логістиці, що мають складну структуру. Зокрема, методи прогнозування можуть ґрунтуватися на репрезентативних опитуваннях та опитуваннях експертів.

Оцінити той чи інший метод прогнозування вантажних перевезень в логістиці є можливим лише тоді, коли прогнозоване явище відбудеться. Для подальшої оцінки точності прогнозу доцільно використовувати верифікацію прогнозу. Методи верифікації прогнозу загалом зводяться до оцінювання довірчих інтервалів розрахункових прогнозних значень. При цьому є

можливість визначити в подальшому два типи помилок: помилки, що були допущені при описі об'єкта за наявною інформацією та помилки, які виникають при виборі методу прогнозування. Процес верифікації необхідно проводити на завершальній стадії прогнозування.

У сучасних умовах невизначеності застосовуються не тільки традиційні ймовірнісні моделі, але й методи нечіткої математики. Нечітка математика дозволяє обробляти нечіткі дані та приймати рішення в умовах невизначеності. Оптимізаційні завдання в умовах невизначеності розв'язуються за допомогою спеціальних методів, таких як континуальне лінійне програмування, яке дозволяє вирішувати завдання з нечіткими вихідними даними [1].

Застосування методів теорії ймовірностей та статистики у транспортній логістиці є важливим елементом сучасної логістичної діяльності. Ці методи дозволяють оптимізувати логістичні процеси, підвищити ефективність транспортування та знижувати ризики. Використання нечіткої математики та оптимізаційних методів у умовах невизначеності розширює можливості логістичної діяльності та дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення.

Анотація. *Стаття присвячена застосуванню методів теорії ймовірностей та статистики у транспортній логістиці. Розглянуто роль цих методів у оптимізації логістичних процесів, зниженні ризиків та підвищенні ефективності транспортування. Також обговорюються сучасні підходи до оптимізації у умовах невизначеності за допомогою нечіткої математики.*

Ключові слова: *теорія ймовірностей, статистика, транспортна логістика, оптимізація, нечітка математика.*

Література

1. Парфенюк Ю. Л. Моделі та методи управління багатоступеневою транспортною логістикою. Дисертаційна робота, 2024.
2. Черняк О. І., Кравець Т. В., Ляшенко О. І. [та ін.]. Теорія ймовірностей та математична статистика. Практикум. Тернопіль: ТНЕУ, 2019.
3. Лєгеца Д. Г., Нєхай В. В., Лобанов М. І. Логістика: навчальний посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2011.

Шевченко В. В. (здобувач бакалаврату, 1 курс),
Науковий керівник - доц. Михайленко І. В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВНЕСОК СВІТОВИХ УЧЕНИХ У РОЗВИТОК МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Математичні методи відіграють ключову роль у дослідженнях в цілому. Це не обійшло стороною і дослідження у технічних, транспортних та економічних галузях. Вони допомагають краще зрозуміти, а також оптимізувати роботу тих чи інших пристроїв, логістичних та економічних систем. Від того це і відіграє ключову роль у сучасному світі, де без математики неможливий подальший розвиток будь-якої науки.

Математичні методи дослідження в галузі технічних інновацій мають велике значення, можна сказати, що це основа, на якій тримається створення нових технологій.

Михайло Леонідович Угрюмов – український вчений, який зробив великий внесок у галузі математичного моделювання. Він працював над безліччю пропозицій щодо вдосконалення математичного моделювання. Прикладами його робіт можуть бути: «вдосконалення складних технічних систем шляхом зворотніх задач»[1], «чисельне моделювання детонації у газових сумішах» [2], а також «математичні методи, моделі та технології дослідження складних систем» [3]. У своїх дослідженнях М. Л. Угрюмов використовував такі методи, як математичне моделювання, методи оптимізації, методи машинного навчання та ін. Він також працював над створенням алгоритмів, які гарантують стабільні результати навіть при невизначеності вступних даних, що вкрай важливо для складних обчислювальних систем, де точність даних може бути обмежена з тих чи інших причин.

Найбільш відомим у математичних науках є Алан Т'юрінг, він відомий своїми дослідженнями в галузі обчислювальних машин, розшифровкою повідомлень німецької шифрувальної машини «Енігма» в роки Другої світової війни, а деякі, не безпідставно, називають його батьком сучасних комп'ютерів.

Він видав такі книжки та збірки, як «Гра в імітацію. Про шифри, коди та штучний інтелект» [1], «Обчислювальні машини та розум» [2] та ін. У ході роботи над розшифровкою повідомлень «Енігми» Тьюрінг використовував знання, які застосовуються в криптоаналізі. Сам криптоаналіз являє собою науку як про методи дешифрування зашифрованої інформації без призначеного для цього ключа, так і сам процес такого дешифрування. Роботи Тьюрінга в цьому напрямі заклали міцний фундамент для подальшого розвитку цифрового шифрування, яке багато де використовується, яскравим прикладом можуть стати криптовалюти. Також Т'юрінг працював у галузі математичної біології. Його дослідження у цьому напрямі розписані у його роботі під назвою «Хімічна основа морфогенезу» [3, 4], вони включали використання диференціальних рівнянь для моделювання зростання і розвитку біологічних структур.

Математичні дослідження у сфері транспортних систем грають найважливішу роль в вирішенні сучасних інфраструктурних проблем. Методи математичного моделювання дозволяють аналізувати та прогнозувати транспортні потоки, оптимізувати маршрути та проектувати ефективні дорожні мережі. Ці підходи знаходять застосування у розробці правил дорожнього руху, покращенні логістичних процесів та підвищенні безпеки на дорогах.

Анатолій Сохацький – український науковець, який працював у цьому напрямку. Його роботи стосувалися гідродинамічної аналогії для аналізу та оптимізації транспортних систем, макроскопічного моделювання, чисельного моделювання та ін. Серед його робіт є: «Математичне моделювання транспортних потоків дорожньої мережі на основі гідродинамічної аналогії» [1], «Чисельне моделювання та експериментальне дослідження біляекранних течій» [2].

Ще одним ученим, який використовував математику в транспортних системах, був Мартін Бекманн. Його найвідоміша робота «Studies in the Economics of Transportation» [1] описує математичні моделі, що стали основою аналізу транспортних систем. У книзі описуються принципи рівноваги

транспортних потоків, які стали відомі як принципи Вордроп. Самі принципи описують, як транспортні потоки розподіляються у мережі, щоб досягти рівноваги, у якому жоден учасник неспроможен поліпшити свої умови, змінивши маршрут. Вардроп запропонував два принципи, що описують можливу поведінку водіїв. Перший припускає, що всі водії вважають власний вплив незначним. Другий принцип навпаки говорить, що водії можуть діяти узгоджено з метою мінімізувати суспільні витрати. Розглядаються численні оптимізаційні моделі, моделі затримок пропускної спроможності, економічний аналіз транспортних систем та ін.

Математичний аналіз є невід'ємною частиною функціонування економіки загалом. Це необхідно для розуміння процесу зростання економіки та вдосконалення існуючих економічних моделей.

Леонтьєв Василь Васильович – американський економіст, творець міжгалузевого аналізу [1]. Міжгалузовий аналіз є вкрай важливою розробкою, яка стала революційною. Міжгалузовий аналіз ґрунтується на таблиці, яка показує, як продукція одного сектора використовується в інших секторах. Наприклад, сталь, вироблена у металургійній галузі, може бути використана в автомобільній промисловості. Модель враховує, що обсяг випуску продукції кожному секторі має відповідати сумі витрат за виробництво і кінцевого споживання. Метод також дозволяє прогнозувати поведінку ціни, якщо, наприклад, попит на автомобілі впаде, то як це позначиться на інших секторах економіки.

Джей Форрестер – американський інженер, системолог, автор теорії системної динаміки [1]. Модель системної динаміки включає моделювання зворотних зв'язків (як зміни в одній частині системи впливають на інші її частини), використання диференціальних рівнянь (для опису змін змінних з часом) і імітаційне моделювання (створення комп'ютерних моделей для аналізу складних систем).

Висновки. Математичні методи є невід'ємною частиною технічних, транспортних і економічних галузей. Методи, що використовуються в

економіці, як, наприклад, міжгалузевий аналіз, надають можливість змодельовати певні умови для визначення наслідків, у разі підвищення цін на кінцевий продукт або сировину з якого цей продукт зроблено, і як це підвищення позначиться на інших галузях економіки. Це дуже важливо, оскільки в сучасному глобалістичному світі все взаємопов'язано. Методи використовувані у техніці, як криптоаналіз, грають роль як технічну, так й економічну, він дозволяє зрозуміти як покращити приватність даних, використовується в кібертехнологіях тощо. Методи ж, за допомогою яких такі вчені як М.М. Бекманн дозволяють підійти до проблем логістики по сучасному і більш ефективно їх вирішувати.

Література

1.

https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=list_works&hl=ru&hl=ru&user=ZBsZd2QAAAAJ

2.

https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=276nDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Игра+в+имитацию.+О+шифрах,+кодах+и+искусственном+интеллекте&ots=Oem6CMk-Kb&sig=d53J9aBfB82XVISYK-tNdnMGTTa&redir_esc=y#v=onepage&q=Игра%20в%20имитацию.%20О%20шифрах%20и%20кодах%20и%20искусственном%20интеллекте&f=false

3. https://ru.wikipedia.org/wiki/Вычислительные_машины_и_разум

4. https://ru.wikipedia.org/wiki/Химическая_основа_морфогенеза

5. <https://itconfdoc.nuwm.edu.ua/index.php/ITConf/article/view/516/354>

6. <https://referat.co/referat/120746-drugoe-chiselne-modelyuvannya-ta-eksperimentalne-doslidzhennya-bilyaekrannih-techiy-avto-ref-dis-kand-fiz-mat-nauk-av-sohatskiy-dnipropetr-derzhun-t/read?p=1>

7. <https://cowles.yale.edu/sites/default/files/2022-08/specpub-beckmann-mcguire-winsten.pdf>

8. https://ru.wikipedia.org/wiki/Леонтьев,_Василий_Васильевич

9. https://ru.wikipedia.org/wiki/Форрестер,_Джей

Шевердін Д. О. (здобувач бакалаврату, 2 курс),
Агеєнко А.А. (здобувач бакалаврату, 2 курс),
Науковий керівник – доц. Гадецька С.В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОКРЕМІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ВИЗНАЧЕНОГО ІНТЕГРАЛА У ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМ ЕКОНОМІЧНОГО ЗМІСТУ

Інтегральне числення є потужним математичним апаратом для моделювання й дослідження процесів, що відбуваються в економіці. Застосування визначеного інтеграла у економічних дослідженнях ґрунтується на можливості подання багатьох економічних величин у вигляді інтегральних сум. Наприклад, розглянемо задачу про обчислення кількості товару, виробленого за певний проміжок часу.

Нехай функція $y=f(t)$ описує зміну інтенсивності деякого виробництва. Знайдемо кількість товару Q , виготовлену за проміжок часу $[0;T]$. Для цього розіб'ємо відрізок $[0;T]$ на n проміжків точками $0 = t_1 < t_2 < \dots < t_n = T$. Кількість товару ΔQ , вироблена за проміжок часу $[t_{i-1}; t_i]$, наближено можна знайти за формулою:

$$\Delta Q_i \approx f(c_i) \cdot \Delta t_i, c_i \in [t_{i-1}, t_i], \Delta t_i = t_i - t_{i-1}, i = 1, 2, \dots, n.$$

Тоді кількість товару:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \approx \sum_{i=1}^n f(c_i) \cdot \Delta t_i.$$

За означенням визначеного інтеграла отримуємо вираз для визначення кількості товару, виробленого за проміжок часу $[0;T]$:

$$Q = \lim_{\max \Delta t_i \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n f(c_i) \Delta t_i = \int_0^T f(t) dt.$$

При вивченні проблем мікроекономіки часто розглядають граничні величини, відповідно до чого для даної величини, що подана деякою функцією $f(x)$, вводять її похідну $f'(x)$. Так, граничні (маргінальні) витрати $MC(x)$, дохід

$MR(x)$ і прибуток $MPR(x)$ зв'язані із загальними витратами $TC(x)$, доходом $TR(x)$ і прибутком $PR(x)$ такими співвідношеннями:

$$MC(x) = TC'(x), \quad MR(x) = PR'(x), \quad MPR(x) = PR'(x),$$

де x – кількість одиниць виготовленої продукції.

За допомогою невизначеного інтеграла функції загальних витрат, доходу і прибутку представляються наступним чином:

$$TC(x) = \int MC(x)dx + C, \quad TR(x) = \int MR(x)dx + C, \quad PR(x) = \int MPR(x)dx + C.$$

При обчисленні $TC(x)$ стала інтегрування дорівнює постійним витратам, а при обчисленні $TR(x)$ вона дорівнює нулю. За допомогою визначеного інтеграла обчислюють додаткові витрати ΔTC , дохід ΔTR і прибуток ΔPR при збільшенні обсягу виробленої продукції від a до b одиниць:

$$\Delta TC = TC(b) - TC(a) = \int_a^b MC(x)dx, \quad \Delta TR = TR(b) - TR(a) = \int_a^b MR(x)dx,$$

$$\Delta PR = PR(b) - PR(a) = \int_a^b MPR(x)dx.$$

Перейдемо до опису застосування інтегрального числення у аналізі фінансово-кредитної діяльності, пов'язаного із визначенням економічної ефективності капітальних вкладів (інвестицій). Для цього виконують дисконтування, знаходячи початкову суму за її кінцевою величиною, яку отримано за час t (років) за умови річної процентної ставки $p\%$.

Якщо K_t – кінцева сума за t років, і K – початкова сума (сума, яка дисконтується), то у випадку складних процентів p

$$K = \frac{K_t}{\left(1 + \frac{p}{100}t\right)^t}.$$

Якщо проценти нараховуються неперервно і капіталовкладення за t років характеризуються функцією $f(t)$, то дисконтована сума доходу K за час T обчислюється за формулою:

$$K = \int_0^T f(t) e^{-\frac{p}{100}t} dt.$$

Це означає, що ми отримаємо однакову нарощену суму за T років, якщо щорічні капіталовкладення за час T виражатимуться значеннями функції $f(t)$ або обсяг початкового вкладення капіталу дорівнюватиме K .

Зауважимо, що, виходячи із економічного змісту визначеного інтегралу, розраховують величину зміни капіталу за встановлений проміжок часу. Отже, якщо $I(t)$ – швидкість зміни інвестицій, $A(t)$ – капітал підприємства, то $I(t) = A'(t)$. Знаючи швидкість зміни інвестицій, можна знайти зміну капіталу за проміжок часу від $t=t_1$ до $t=t_2$ за формулою:

$$\Delta A = \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt.$$

Перейдемо до розгляду ще одного важливого застосування інтегрального числення до економічного аналізу, що стосується обчислення коефіцієнтів нерівномірного розподілу доходів населення. Залежність процента сукупного доходу від процента населення, що його отримує, характеризують так званою кривою Лоренца $y = f(x)$, де x – частка населення, а y – частка сукупного доходу, який отримує ця частка населення. Наприклад, якщо $f(0,4) = 0,6$, то це означає, що 40% населення отримує 60% сукупного доходу.

На рисунку прийнято, що все населення і весь сукупний дохід становлять 100%. Якщо кривою Лоренца є пряма $y = x$, то розподіл сукупного доходу є рівномірним, тобто 10% населення отримує 10% доходу, 40% населення отримує 40% доходу тощо. Якщо розподіл доходів серед населення є нерівномірним, то крива Лоренца $y = f(x)$ відхиляється від діагоналі OB квадрата $OABC$, і чим більше вона відхиляється від цієї діагоналі, тим нерівномірнішим є розподіл доходів серед населення.

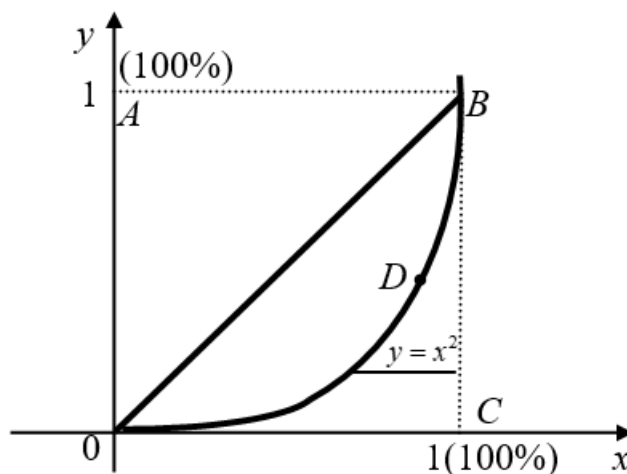


Рис. 1. Крива Лоренца

Це відхилення характеризують коефіцієнтом K – коефіцієнтом Джині. Цей коефіцієнт обчислюється за формулою:

$$K = \frac{S_{OBD}}{S_{\Delta OBC}},$$

де $0 \leq K \leq 1$, а зазначені в формулі площі фігур обчислюються за допомогою визначеного інтегралу. Очевидно, коли число K є близьким до нуля, то розподіл сукупного доходу серед населення є близьким до рівномірного. При цьому зрозуміло, що 0% населення отримують 0%, а 100% населення – 100% сукупного доходу.

Анотація. У роботі здійснено аналіз різноманітних застосувань визначеного інтеграла у вирішенні проблем економічного змісту.

Ключові слова: інтегральне числення, маргінальні витрати, економічна ефективність інвестицій, дисконтування, крива Лоренца.

Література

1. Валєєв К. Г., Джалладова І. А. Вища математика: Навч. посібник: У 2-х ч. – К.: КНЕУ, 2021. – Ч. 1. – 546 с.
2. Барковський В. В. Вища математика для економістів / В. В. Барковський, Н. В. Барковська. – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 448 с.
3. Клименко М.І., Панасенко Є.В., Ткаченко І.Г. Застосування математичного апарату в економічних дослідженнях: Навч. посібник. - Запоріжжя: ЗНУ, 2023. – 100 с.

НОВІТНІ МАТЕМАТИЧНІ ТА ПЕДАГОГІЧНІ ПІДХОДИ У ВИВЧЕННІ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Білошицький Н. Д. (здобувач бакалаврату, 3 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ КАЛЬКУЛЯТОРА ОБЧИСЛЕННЯ ІНТЕГРАЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

У рамках дослідження передбачено, що програмна система приймає на вхід рядок із математичним виразом, змінну інтегрування та (за потреби) нижню й верхню межі, виконує синтаксичну перевірку й перетворює вираз у внутрішнє представлення. Символічне інтегрування реалізовано через бібліотеку SymPy, що забезпечує точний аналітичний результат там, де це можливо. Чисельне інтегрування виконано методом Сімпсона з адаптивним розбиттям інтервалу для оптимального балансу між точністю й продуктивністю [1]. Графічний інтерфейс створено на кросплатформному фреймворку Flet, що дозволяє будувати інтерактивні GUI без залучення веб-технологій.

Мета дослідження полягає у створенні зручного застосунку для здійснення інтегрування математичних функцій із можливістю графічної візуалізації шляхом використання технологій об'єктно орієнтованого програмування. Візуалізація результатів здійснюється за допомогою Matplotlib: будується графік функції з підсвіченою інтегральною областю, після чого зображення кодується в Base64 для відображення в інтерфейсі.

Архітектура додатку модульна: модуль обчислень (IntegralCalculator): парсинг виразу, виклик методів інтегрування; модуль інтерфейсу: обробка вводу/виводу та взаємодія з користувачем; модуль візуалізації: побудова графіків і конвертація результатів [2].

Основні завдання та функціональні можливості: 1. Введення даних: користувач заповнює поля для математичного виразу, змінної та (за потреби)

нижньої/верхньої меж інтегрування. 2. Обчислення: система аналізує введений вираз (парсинг із *sympy*) і визначає можливість символічного розв’язання. Якщо межі задані або інтеграл важко отримати аналітично – застосовується чисельний метод [3]. 3. Візуалізація: результати відображаються у текстовому форматі, а також формується графік функції із виділенням інтегрованої області (за допомогою *matplotlib*, *numpy* та конвертації в base64 для відображення у Flet). Для вирішення завдань розглядаються [4]: метод прямокутників, простий у реалізації, але дає меншу точність; метод трапецій, що забезпечує краще наближення, ніж прямокутники; метод Сімпсона використовується для здійснення наближення, забезпечуючи високу точність для гладких функцій.

Модуль обчислень (рис. 1): реалізовано клас `IntegralCalculator`, який використовує *sympy* для парсингу виразів та обчислення інтегралу.

Рис. 1. Модуль обчислень
Джерело: опрацювання власне

Вбудована обробка помилок для захисту від некоректного вводу (рис. 2).

Рис. 2. Модуль обробки помилок
Джерело: опрацювання власне

Модуль інтерфейсу (рис. 3): графічний інтерфейс створено за допомогою *Flet*. Елементи інтерфейсу: поля введення для виразів та меж інтегрування, кнопки запуску обчислень, зона виведення результатів та повідомлень.

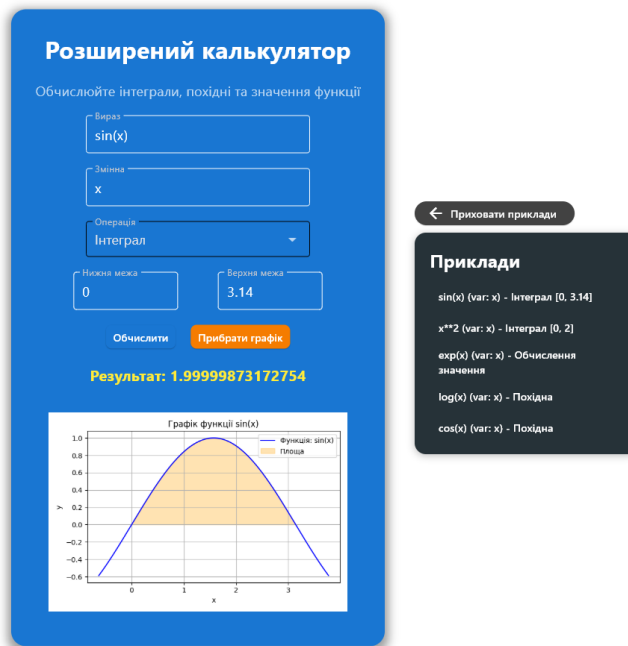


Рис. 3. Модуль інтерфейсу
Джерело: опрацювання власне

Модуль візуалізації: побудова графіку функції здійснюється за допомогою *matplotlib*. Зображення перетворюється у формат base64 (через *io* та *base64*) для відображення в інтерфейсі.

```
img_bytes = buf.read()
img_base64 = base64.b64encode(img_bytes).decode("utf-8")
graph_image.src_base64 = img_base64
graph_image.visible = True
toggle_graph_button.text = "Прибрати графік"
page.update()
```

Технологічний стек: 1. Мова програмування: Python. 2. Основні бібліотеки та інструменти: *Flet* – розробка графічного інтерфейсу. *SymPy* – символічні обчислення інтегралів. *Matplotlib* – побудова графіків. *NumPy* – числові обчислення. *io* та *base64* – робота із зображеннями.

```
main.py > ...
1  import flet as ft
2  import sympy as sp
3  import matplotlib.pyplot as plt
4  import io
5  import base64
6  import numpy as np
7
```

Проект розділено на окремі модулі: 1. Модуль обчислень: містить клас *IntegralCalculator*. 2. Модуль інтерфейсу: відповідає за відображення та взаємодію з користувачем. 3. Модуль візуалізації: містить функції для побудови графіків. Використовується об'єктно-орієнтований підхід для забезпечення гнучкості та масштабованості. Код супроводжується коментарями для полегшення підтримки та розширення функціоналу.

```
class AdvancedCalculator:
    def __init__(self) -> None:
        pass

    def calculate_integral(self, expression_str: str, variable_str: str = "x",
                           lower_limit: float = None, upper_limit: float = None) -> sp.Basic:
        try:
            var = sp.symbols(variable_str)
            expression = sp.sympify(expression_str)
            if lower_limit is not None and upper_limit is not None:
                result = sp.integrate(expression, (var, lower_limit, upper_limit))
            else:
                result = sp.integrate(expression, var)
            return result
        except Exception as e:
            return f"Помилка при обчисленні інтегралу"
```

Переваги обраного підходу: можливість комбінувати символічне та чисельне інтегрування. Гнучкий та інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс. Модульна архітектура, що полегшує подальше розширення функціоналу (додавання нових чисельних методів, адаптація під специфічні задачі). Реалізація відповідає принципам ООП [5]: інкапсуляція даних у класах, модульність, поліморфізм методів інтегрування та відкритість до розширення новими алгоритмами.

Анотація. У рамках дослідження розроблено інтерактивний калькулятор обчислення визначених і невизначених інтегралів мовою Python із застосуванням об'єктно-орієнтованого підходу. Проект розділено на окремі модулі: модуль обчислень: містить клас *IntegralCalculator*; модуль інтерфейсу: відповідає за відображення та взаємодію з користувачем; модуль візуалізації: містить функції для побудови графіків. Використовується об'єктно-орієнтований підхід для забезпечення гнучкості та масштабованості.

Ключові слова: інтегральне числення, калькулятор, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, AI, Flet, Sympy, Matplotlib.

Література

1. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.
2. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32*, 2020. P. 770-785.
3. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie, Zeszyt Nr 79*, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.

Бондаренко М. В. (здобувач бакалаврату, 3 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
*Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-
технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)*

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ «GEOCALCULATOR» ІЗ ГРАФІЧНИМ СУПРОВОДОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Розроблення програмної системи «GeoCalculator» є актуальною через зростаючу потребу у швидкому та точному розрахунку геометричних параметрів у різних галузях. Інженери, архітектори, дизайнери, студенти та науковці часто стикаються з необхідністю обчислення площ та об'ємів складних фігур, що може бути трудомістким і схильним до помилок при виконанні вручну. Додаткова інтеграція функцій візуалізації та адаптивного інтерфейсу забезпечує універсальність застосування програми як для професіоналів, так і для початківців. Із звикористанням ПС «GeoCalculator» забезпечується не лише автоматизація цих процесів, але й можливість інтеграції математичних обчислень у щоденну практику, що робить її корисною у дослідницькому навчанні [1], проектуванні та вирішенні аналітичних задач.

Мета дослідження полягає у накопиченні, аналізі і визначенні високорівневих потреб, аналізі можливостей програмних систем «GeoCalculator» і розробленні зручної, ефективної та простої програмної системи «GeoCalculator».

У процесі дослідження розроблено вимоги до власної програмної системи, забезпечено зручний і ефективний доступ до інформаційних ресурсів (калькулятор, графічний дисплей) для користувачів задля ефективного користування цими ресурсами. Програмна система використовується для швидкого, точного та наочного обчислення площ і об'ємів різних геометричних фігур із використанням інтерактивної візуалізації [2]. Продукт буде корисний

для освітніх закладів, інженерів, архітекторів та також для звичайних користувачів.

Програмне забезпечення «GeoCalculator» розроблено з використанням об'єктно орієнтованих технологій, що дозволяє ефективно моделювати його структуру та функціональність. Основу системи складають класи, які представляють геометричні фігури, математичні операції, інтерфейсні компоненти та допоміжні модулі [3]. Діаграма класів (рис. 1) ілюструє зв'язки між об'єктами програми, включаючи успадкування, асоціації та залежності.

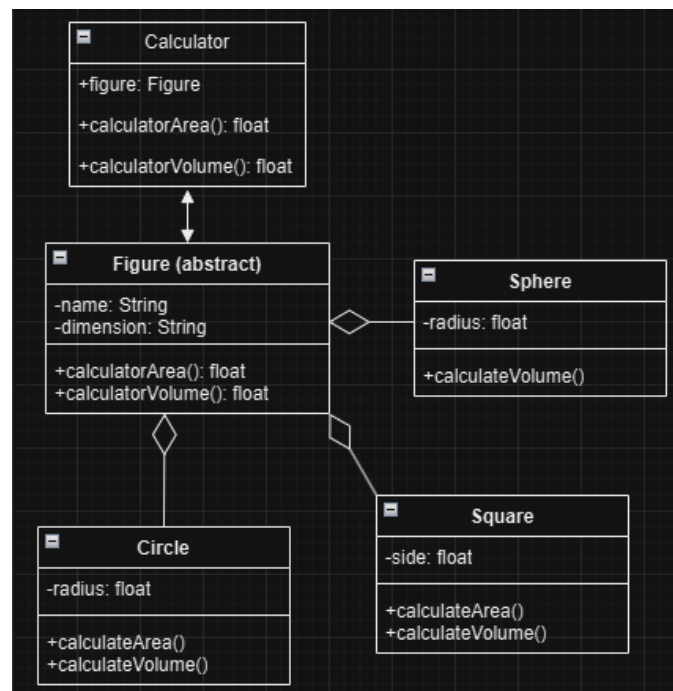


Рис. 1. Діаграма класів

Джерело: опрацювання власне

Графічний інтерфейс користувача (GUI) програми розроблений на основі Python Builder і забезпечує інтуїтивно зрозуміле взаємодія з користувачем. Програма має адаптивний дизайн, який автоматично підлаштовується під різні роздільні здатності екранів [4]. Користувач може налаштовувати кольори, шрифти та використовувати зображення для покращення візуального сприйняття програми (рис. 2). Окрім того, програма підтримує зміну теми інтерфейсу на світлу/темну, що дозволяє зробити використання ще більш зручним(рис. 3).

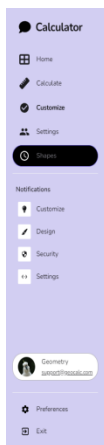


Рис. 2. Прототип екранної форми «Налаштування»

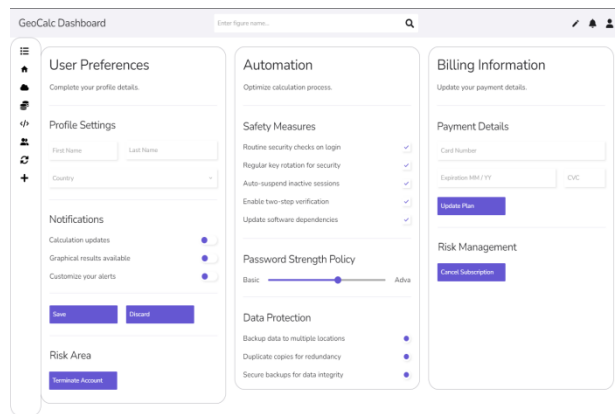


Рис. 3. Прототип екранної форми «Домашня сторінка»

У процесі розроблення програмної системи «GeoCalculator» передбачається можливість реалізації комплексного функціоналу за допомогою об'єктно-орієнтованого підходу та модульної архітектури (рис. 4).

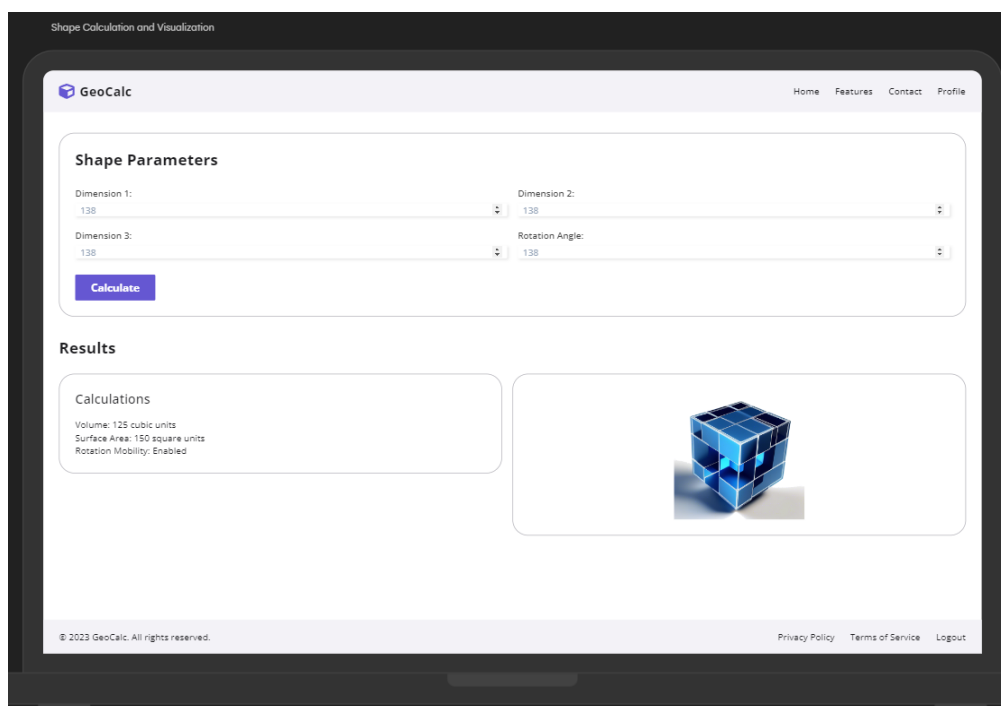


Рис. 4. Прототип екранної форми «Результати обчислення із візуалізацією фігури»

Джерело: опрацювання власне

Окремий модуль відповідає за обробку виключень і забезпечення стабільної роботи системи (рис. 5).

```

# Функція для створення графічного інтерфейсу з чат-ботом
Tabnine | Edit | Test | Explain | Document | Ask
def create_interface():
    root = tk.Tk()
    root.title("Калькулятор площі та об'ємів з чат-ботом")

    # Вивід повідомлень від чат-бота
    chat_history = tk.Text(root, height=10, width=50, state=tk.DISABLED)
    chat_history.pack(pady=10)

    def chat_response(message):
        chat_history.config(state=tk.NORMAL)
        chat_history.insert(tk.END, "Користувач: " + message + "\n")

        # Генерація відповіді бота
        if message.lower() == "привіт":
            bot_message = "Привіт! Як можу допомогти? Оберіть фігуру, щоб розрахувати площу або об'єм."
        elif message.lower() == "як розрахувати площу прямокутника?":
            bot_message = "Для розрахунку площі прямокутника потрібно ввести ширину і висоту."
        elif message.lower() == "як розрахувати об'єм конуса?":
            bot_message = "Для обчислення об'єму конуса потрібно ввести радіус основи та висоту."
        else:
            bot_message = "На жаль, я не розумію ваше запитання. Спробуйте запитати щось інше."

        chat_history.insert(tk.END, "Бот: " + bot_message + "\n")
        chat_history.config(state=tk.DISABLED)

    def on_enter(event):
        message = chat_entry.get()
        chat_entry.delete(0, tk.END)
        chat_response(message)

```

Рис. 5. Фрагмент лістингу щодо додавання чат-бота

Джерело: опрацювання власне

Наприклад, якщо користувач вводить некоректні дані, програма відображає відповідне повідомлення про помилку без завершення роботи. Така гнучкість робить «GeoCalculator» ефективним інструментом для вирішення різноманітних задач (рис. 6).

```

# Shape selection
shape_label = tk.Label(root, text="Select Shape", font=("Arial", 12), bg="#f7f7f7")
shape_label.pack(pady=5)
shape_combobox = ttk.Combobox(root, values=["Circle", "Rectangle", "Ellipse", "Triangle", "Cube", "Sphere", "Cone", "Cylinder"], state="readonly")
shape_combobox.set("Circle")
shape_combobox.pack(pady=5)
shape_combobox.bind("<<ComboboxSelected>>", lambda e: update_visualization(shape_combobox.get()))

# Calculation type
calc_type_label = tk.Label(root, text="Calculation Type", font=("Arial", 12), bg="#f7f7f7")
calc_type_label.pack(pady=5)
calc_type_var = tk.StringVar(value="Area")
area_radio = tk.Radiobutton(root, text="Area", variable=calc_type_var, value="Area", bg="#f7f7f7")
perimeter_radio = tk.Radiobutton(root, text="Perimeter", variable=calc_type_var, value="Perimeter", bg="#f7f7f7")
volume_radio = tk.Radiobutton(root, text="Volume", variable=calc_type_var, value="Volume", bg="#f7f7f7")
area_radio.pack()
perimeter_radio.pack()
volume_radio.pack()

# Parameters input
param_label = tk.Label(root, text="Enter Parameters", font=("Arial", 12), bg="#f7f7f7")
param_label.pack(pady=5)
param1_entry = tk.Entry(root, font=("Arial", 12), justify="center")
param1_entry.insert(0, "Parameter 1")
param1_entry.pack(pady=5)

param2_entry = tk.Entry(root, font=("Arial", 12), justify="center")
param2_entry.insert(0, "Parameter 2")
param2_entry.pack(pady=5)

```

Рис. 6. Фрагмент лістингу щодо розроблення інтерфейсу задля вибору фігури

Джерело: опрацювання власне

З використанням програмної системи «GeoCalculator» з'являється можливість вирішення задачі автоматизації геометричних обчислень, забезпечуючи користувачів точним, швидким та інтуїтивно зрозумілими засобами [5]. Завдяки використанню Python Builder та інтеграції веб-функціоналу на основі JavaScript система поєднує простоту використання з такими функціями, як обчислення площ та об'ємів, візуалізація результатів обчислень і налаштуванням зовнішнього вигляду інтерфейсу [6]. Підтримка візуалізації, адаптивного дизайну та інтегрованого чат-бота робить «GeoCalculator» зручним інструментом для широкої аудиторії. У перспективі, система має потенціал для подальшого розвитку, включаючи розширення функціоналу, інтеграцію з мобільними платформами та розроблення нових інструментів для професійного використання [7].

Анотація. *Інженери, архітектори, дизайнери, студенти та науковці часто стикаються з необхідністю обчислення площ та об'ємів складних фігур, що може бути трудомістким і схильним до помилок при виконанні вручну. Мета дослідження полягає у накопиченні, аналізі і визначенні високорівневих потреб, аналізі можливостей програмних систем і розробленні зручної, ефективної та простої програмної системи «GeoCalculator». Додаткова інтеграція функцій візуалізації та адаптивного інтерфейсу забезпечує універсальність застосування програми як для професіоналів, так і для початківців. Із звикористанням ПС «GeoCalculator» забезпечується не лише автоматизація цих процесів, але й можливість інтеграції математичних обчислень у щоденну практику.*

Ключові слова: *дослідницьке навчання, математика, варіативні моделі, об'єктно орієнтованого програмування, комп'ютерне моделювання, варіативні моделі, геометричний калькулятор, КОМСДН, AI, Python Builder, JavaScript.*

Література

1. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.
2. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
3. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.

4. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
5. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
6. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds). *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

УДК 004.942:[3275

Вавілов Д.Ю. (здобувач бакалаврату, 3 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ГРАФІКИ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ "МАРСІАНСЬКИЙ ПЕЙЗАЖ" ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО

Проектування і розроблення динамічних пейзажів включає проектування механік, створення взаємодій між об'єктами. Основна концепція програми полягає у створенні ситуацій, які потребують нестандартного вирішення, перетворюючи кожен момент геймплею на своєрідну головоломку [1]. У рамках дослідження створено візуальні ефекти у HTML та JavaScript, реалізовано прості механіки взаємодії з користувачем та 2D-анімацію.

Метою дослідницької роботи є розроблення графіки в режимі реального часу «Марсіанський пейзаж» із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування, що має користувацький інтерфейс, представлений у дослідженні. У процесі дослідження здійснено ґрунтовний аналіз і визначено високорівневі потреби та аналіз можливостей ігрового застосунку, розроблення зручної, ефективної програмної системи [2].

Генерація програмного застосунку вимагає розумного підходу, оскільки успішність гри може значно залежати від того, наскільки добре спроектованими. Комбінування різних стратегій та алгоритмів може допомогти створити захоплюючий та різноманітний досвід гри для гравців [3]. Для досягнення були визначені такі завдання: 1. Створити та налаштувати основні механіки. 2. Реалізувати систему взаємодії персонажа з об'єктами та навколишнім середовищем [4]. 3. Оцінити можливості розширення механік і способи їх подальшого розвитку.

Нижче наведено фрагменти лістингів програмного коду проєкту.

```
<!-- index.html -->
<!DOCTYPE html>
<html lang="ru">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <title>Марсианский Пейзаж</title>
  <link rel="stylesheet" href="style.css">
</head>
<body>
  <canvas id="snow"></canvas>
  <div class="login-box">
    <h2>Вход</h2>
    <form>
      <input type="text" placeholder="Имя пользователя"><br>
      <input type="password" placeholder="Пароль"><br>
      <button type="submit">Войти</button>
    </form>
  </div>
  <script src="snow.js"></script>
</body>
</html>
```

```
Style css
body {
  margin: 0;
  overflow: hidden;
  background: url('mars.jpg') no-repeat center center fixed;
  background-size: cover;
  font-family: Arial, sans-serif;
}
.login-box {
  position: absolute;
  top: 30%;
  left: 50%;
  transform: translate(-50%, -50%);
  background: rgba(0,0,0,0.7);
  padding: 20px;
  border-radius: 10px;
  color: #fff;
```

```

    }
    canvas#snow {
      position: fixed;
      top: 0;
      left: 0;
      pointer-events: none;
      z-index: 1;
    }

    const canvas = document.getElementById('snow');
    const ctx = canvas.getContext('2d');
    canvas.width = window.innerWidth;
    canvas.height = window.innerHeight;

// game.js
const canvas = document.getElementById("gameCanvas");
const ctx = canvas.getContext("2d");

let bg = new Image();
bg.src = 'mars_bg.jpg';
let bgX = 0;

let player = { x: 100, y: 300, w: 40, h: 40 };

document.addEventListener("keydown", (e) => {
  if (e.key === "ArrowRight") player.x += 5;
  if (e.key === "ArrowLeft") player.x -= 5;
});

function draw() {
  ctx.clearRect(0, 0, canvas.width, canvas.height);
  bgX -= 2;
  if (bgX <= -canvas.width) bgX = 0;
  ctx.drawImage(bg, bgX, 0, canvas.width, canvas.height);
}

```

У процесі розроблення графіки в режимі реального часу «Марсіанський пейзаж» використано нижче наведені технології та інструменти: HTML5 та CSS3 – для створення структури та стилів сторінки. JavaScript - для реалізації логіки авторизації, снігопаду та міні-ігри. Canvas API - для відтворення 2D-ігри. Git та GitHub – для контролю версій проекту.

У дослідженні розглядаються теоретичні та практичні аспекти створення «Марсіанський пейзаж», включаючи реалізацію основних механік, методи їх оптимізації [5] і перспективи подальшого розвитку. Аналіз отриманих результатів дозволить не лише оцінити ефективність запропонованих підходів, а й визначити можливості для подальшого покращення ігрового процесу. Це

допоможе сформувати більш комплексне розуміння структури гри та її потенційного розвитку в майбутньому.

Анотація. Метою дослідницької роботи є розроблення графіки в режимі реального часу «Марсіанський пейзаж» із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування, що має користувацький інтерфейс, представлений у дослідженні. У процесі дослідження здійснено ґрунтовний аналіз і визначено високорівневі потреби та аналіз можливостей ігрового застосунку, розроблення зручної, ефективної програмної системи.

Ключові слова: об'єктно-орієнтованого програмування, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, варіативні моделі, ігрові застосунки, марсіанський пейзаж, AI, КОМСДН.

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
4. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
5. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds). *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

Валько Д. Ю. (здобувач бакалаврату, 4 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
*Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-
технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)*

ПРОЄКТУВАННЯ І РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВІ

У сучасних умовах розвитку економіки управління виробничими процесами є важливим фактором забезпечення конкурентоспроможності підприємств. Одним із головних напрямів цифровізації виробництва є впровадження автоматизованих систем обліку продукції, які дозволяють зменшити кількість помилок, пов'язаних із людським фактором та забезпечити оперативне отримання актуальної інформації для прийняття управлінських рішень [1]. В умовах зростаючих обсягів продукції, високої динаміки ринку та жорсткої конкуренції, впровадження таких інформаційних систем перестає бути перевагою – це стає необхідністю.

Актуальність дослідження зумовлена потребою підприємств у надійному інструменті для ведення обліку продукції, який би відповідав вимогам гнучкості, масштабованості, точності та зручності в користуванні [2]. Багато підприємств продовжують використовувати застарілі методи обліку на базі електронних таблиць, текстових документів або паперових журналів, що значно ускладнює контроль над процесами виготовлення, складування та відвантаження продукції. Це призводить до втрат часу, ресурсів та помилок у звітності. Запропонована система дозволяє вирішити ці проблеми шляхом повної або часткової автоматизації процесу обліку продукції.

Метою дослідження є проєктування та розроблення програмної системи, що забезпечить автоматизований облік продукції на підприємстві. Передбачається створення клієнт-серверного застосунку з графічним інтерфейсом користувача [3], реалізованого за допомогою мови програмування C# у середовищі Windows Forms, з використанням бази даних PostgreSQL як

основи для зберігання інформації. Система має забезпечити зручну реєстрацію надходження продукції, відстеження залишків, формування звітів, а також керування користувачами та їх правами доступу.

Основні проектні рішення включають побудову трирівневої архітектури програмної системи, використання принципів модульності, розробку структури реляційної бази даних, реалізацію функціоналу авторизації та аутентифікації користувачів, а також забезпечення можливості масштабування системи для майбутніх доопрацювань [4]. У ході реалізації проекту планується застосувати сучасні підходи до моделювання програмного забезпечення, наприклад, UML-діаграми, визначити взаємозв'язки між об'єктами та оптимізувати структуру даних відповідно до вимог предметної області.

Результати розробки можуть бути використані на будь-якому виробничому підприємстві незалежно від галузі, де ведеться облік номенклатурної продукції, зберігаються записи про залишки на складах, а також необхідно формувати періодичну звітність. Дана система може бути адаптована для підприємств харчової, текстильної, легкої, металообробної та інших промисловостей, а також для складів, логістичних компаній і торговельних підприємств.

У дослідженні проведено аналітичний огляд предметної області, визначено проблеми існуючих рішень, обґрунтовано необхідність створення нового програмного продукту, описано функціональні та нефункціональні вимоги до системи, а також здійснено вибір інструментальних засобів і технологій реалізації. Ґрунтовно здійснено проектування й розроблено програмну систему обліку продукції на виробництві. а також описано структуру БД, інтерфейс користувача, логіку взаємодії між модулями, проведено тестування програмної системи.

Анотація. Розроблене веб-застосування для замовлення таксі може працювати як автоматизована система. Воно доступне з будь-якого веб-браузера, має легкий для зрозуміння інтерфейс і є конкурентоспроможним серед інших сервісів. Функціонал системи розширений додатковими можливостями для оптимального управління та збору статистики. З

урахуванням отриманих результатів тестування можна впевнено стверджувати, що визначена мета дослідження досягнута, а завдання проекту виконані повністю. Дослідження сучасних засобів розробки дозволило побудувати оптимальну архітектуру веб-застосування та встановити чітку логіку комунікації між різними його частинами. Також це дозволило вибрати необхідні бібліотеки та фреймворки для проекту, уникнувши зайвого навантаження [5].

Ключові слова: облік продукції, дослідницьке навчання, виробництво продукції, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, програмна система, C#, PostgreSQL.

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. 2022.
4. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
5. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

Гнатко Д. С. (здобувач бакалаврату, 1 курс),
Науковий керівник – доц. Михайленко І. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИКОРИСТАННЯ ПРОФЕСІЙНО-СПРЯМОВАНИХ ЗАДАЧ У НАВЧАННІ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ МАЙБУТНІХ ЛОГІСТІВ

У сучасних умовах динамічного розвитку економіки та інтеграції логістичних процесів особливої уваги набуває підготовка висококваліфікованих фахівців, здатних ефективно вирішувати професійні завдання. Логістика як галузь потребує не лише практичних навичок, а й

високого рівня аналітичного мислення, що базується на знаннях вищої математики. Саме тому важливою складовою професійної підготовки майбутніх логістів є формування математичної компетентності, яка забезпечує ефективне управління матеріальними потоками, оптимізацію витрат і прийняття раціональних управлінських рішень

Вища математика займає важливе місце у сфері логістики, сприяючи ефективному управлінню товаропотоками, організації транспортування та оптимізації витрат. Основні математичні напрями, що активно використовуються в логістичних процесах, включають математичний аналіз, лінійну алгебру, теорію ймовірностей та методи математичного моделювання [1].

Математичний аналіз застосовується для вдосконалення логістичних процесів. Зокрема, диференціальне та інтегральне числення дозволяють знаходити оптимальні витрати на перевезення, аналізувати коливання попиту і пропозиції, а також обирати найефективніші маршрути доставки.

Лінійна алгебра використовується для відображення складних логістичних схем. Завдяки матричним обчисленням та системам лінійних рівнянь здійснюється розрахунок оптимальних шляхів транспортування й розміщення товарів на складах. Крім того, аналіз власних значень і векторів допомагає оцінити стабільність логістичних систем.

Теорія ймовірностей і математична статистика є важливими інструментами для прогнозування попиту, управління запасами та аналізу ризиків. Наприклад, статистичні підходи дозволяють визначати середні показники продажів, а ймовірнісні моделі — оцінювати ризики затримок у доставці [2].

Математичне моделювання застосовується для побудови моделей логістичних процесів, що допомагають прогнозувати їхню роботу в різних умовах. Зокрема, імітаційне моделювання дає змогу аналізувати функціонування складів і транспортних мереж.

Професійно-орієнтовані задачі – це задачі, зміст яких тісно пов'язаний із майбутньою професійною діяльністю студентів або спеціалістів. Вони спрямовані на розвиток професійних компетентностей, аналітичного мислення та навичок ухвалення рішень у реальних умовах виробничої практики [3].

Існує кілька типів професійно-орієнтованих задач:

- Оптимізаційні задачі – спрямовані на мінімізацію витрат та пошук найкращих рішень за заданих обмежень. Прикладом є транспортна задача, де необхідно оптимально розподілити перевезення між пунктами відправлення та призначення, зводячи витрати на транспортування до мінімуму.
- Балансові задачі – використовуються для досягнення рівноваги між різними показниками логістичної системи, наприклад, між обсягами виробництва, пропозицією, перевезеннями та попитом. Такі задачі допомагають студентам навчитися правильно розподіляти ресурси та координувати логістичні потоки.
- Задачі теорії черг – дозволяють аналізувати проблеми очікування та обслуговування, наприклад, визначати оптимальну кількість обслуговуючого персоналу на складах або мінімізувати час простою транспорту на митних пунктах.
- Задачі мережевого аналізу – використовуються для моделювання та оптимізації логістичних маршрутів. Наприклад, студентам можна запропонувати задачу на побудову найкоротшого маршруту перевезення товарів між складами з урахуванням транспортних витрат і часу доставки.
- Теорія ігор досліджує поведінку учасників логістичного ринку в умовах конкуренції або кооперації, її застосовують для оптимізації стосунків між постачальниками, перевізниками, отримувачами, клієнтами та іншими учасниками логістичного процесу, що допомагає розробити стратегії взаємодії [4].

Розробка професійно-орієнтованих задач передбачає кілька етапів. Спочатку визначається мета задачі відповідно до специфіки підготовки фахівців. Далі формується зміст задачі, що має відповідати реальним умовам

професійної діяльності та враховувати актуальні виклики галузі. Наступним кроком є визначення методів розв'язання, які можуть включати математичне моделювання, аналітичні обчислення, економічний аналіз або експертні оцінки. Завершальним етапом є аналіз ефективності розв'язання, який дозволяє оцінити рівень засвоєння знань і здатність застосовувати їх у професійній практиці [5].

Алгоритм Дейкстри є потужним інструментом для оптимізації логістичних процесів, який активно використовується в навчанні майбутніх логістів [6, с. 167]. Математична модель, заснована на цьому алгоритмі, дозволяє мінімізувати загальні витрати на транспортування, враховуючи різні фактори, такі як вартість доставки, час виконання та вимоги до контрактів. Завдяки такій моделі студенти здобувають практичні навички з оптимізації маршрутів, що значно підвищує ефективність логістичних операцій підприємства.

Алгоритм Дейкстри спрямований на знаходження найкоротших шляхів у графі, де вузли представляють точки відвантаження чи доставки, а ребра – маршрути з вагами, що відображають витрати на транспортування. Врахування всіх необхідних параметрів дозволяє виявити найбільш економічно вигідні маршрути для кожної точки продажу, що є важливим елементом для підготовки фахівців у галузі логістики [7].

Ця модель є класичним прикладом застосування теорії графів у логістиці, яка демонструє, як математичні методи можуть бути інтегровані з сучасними комп'ютерними технологіями для ефективної оптимізації складних логістичних систем. У навчальному процесі логістів застосування алгоритму Дейкстри допомагає студентам не тільки глибше зрозуміти принципи оптимізації, але й набути практичних навичок у використанні математичних моделей для вирішення реальних задач у сфері транспорту та логістики [8].

Висновки. Використання професійно-спрямованих задач у навчанні вищої математики є ефективним інструментом для підготовки конкурентоспроможних фахівців у галузі логістики. Такі задачі не лише

підвищують мотивацію студентів до вивчення теоретичного матеріалу, а й сприяють розвитку аналітичних здібностей та практичних навичок розв'язання реальних логістичних проблем. Впровадження професійно-орієнтованих задач у навчальний процес забезпечує тісний зв'язок між навчанням і майбутньою професійною діяльністю, формує здатність студентів ефективно застосовувати математичні знання в практиці логістичних операцій.

Анотація. У статті розглядається роль професійно-спрямованих задач у процесі навчання вищої математики студентів логістичних спеціальностей. Висвітлено основні напрями застосування математичного аналізу, лінійної алгебри, теорії ймовірностей та математичного моделювання у сфері логістики. Окрему увагу приділено типології професійно-спрямованих задач та методиці їх розробки. Показано значення таких задач для розвитку професійних компетентностей, аналітичного мислення та навичок прийняття рішень у реальних умовах виробничої практики.

Ключові слова: вища математика, логістика, професійно-спрямовані задачі, математичне моделювання, аналітичне мислення, оптимізація, компетентність.

Література

1. Базилевич В. Д. Вища математика: підручник. Київ: Знання, 2018.
2. Черкаський Ю. М. Математичні методи в економіці та логістиці. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2020.
3. Петухова О. В. Професійно-спрямовані задачі у вищій освіті. Київ: Наукова думка, 2019.
4. Лавров Є.А., Перхун Л.П., Шендрик В.В. Математичні методи дослідження операцій. Суми : Сумський державний університет, 2017. 212 с
5. https://npu.edu.ua/images/file/vidil_aspirant/dicer/%D0%94_26.053.06/Hryhorchuk.pdf
6. Ковальчук М., Бондаренко С. Моделювання функціонування логістичних процесів за допомогою математичних та комп'ютерних підходів. Вісник Хмельницького національного університету. 2024. № 4 (339). С. 165–168
7. Сергеев О., Ус С. Аналіз сучасних підходів до розв'язання дискретних та неперервних багатоетапних задач розміщення.
8. Ляшенко О. І. Практико-орієнтоване навчання: теорія і методика. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2021.

Гончарук Д. Б. (здобувач бакалаврату, 3 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ

РОЗРОБЛЕННЯ МОДУЛЯ СЕРВЕРНОЇ ЧАСТИНИ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ «АРХІТЕКТУРНІ ПРОЕКТИ ХХІ СТ.» ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

За останні декілька десятиліть технології змінилися докорінно, відповідно це вже відобразилось на багатьох аспектах дослідницького навчання [1]. Проте, для того, щоб продовжувати створювати актуальні та висококваліфіковані кадри, покращуватись потрібно постійно.

Метою дослідницької роботи є апробування методів об'єктно-орієнтованого програмування з виокремленням станів у процесі розроблення модуля серверної частини навчальної програми «Архітектурні проекти ХХІ ст.» із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування.

Основні результати роботи:

1. Здійснено ґрунтовний аналіз правил використання дизайну у процесі розроблення модуля серверної частини навчальної програми.
2. Розглянуто інструментарій задля ефективного розроблення модуля серверної частини навчальної програми.
3. Розроблено методичні аспекти проектування і створення модуля серверної частини навчальної програми.
4. Здійснено опитування користувачів щодо оптимізації створеного модуля серверної частини навчальної програми.
5. Проведено ітерації в дизайні з урахуванням відповідей користувачів.

Програмна система «Архітектурні проекти 21 століття» забезпечує користувачам доступ до бібліотеки архітектурних проектів [2]. Для розроблення проекту використовується Visual Studio Code (рис. 1).

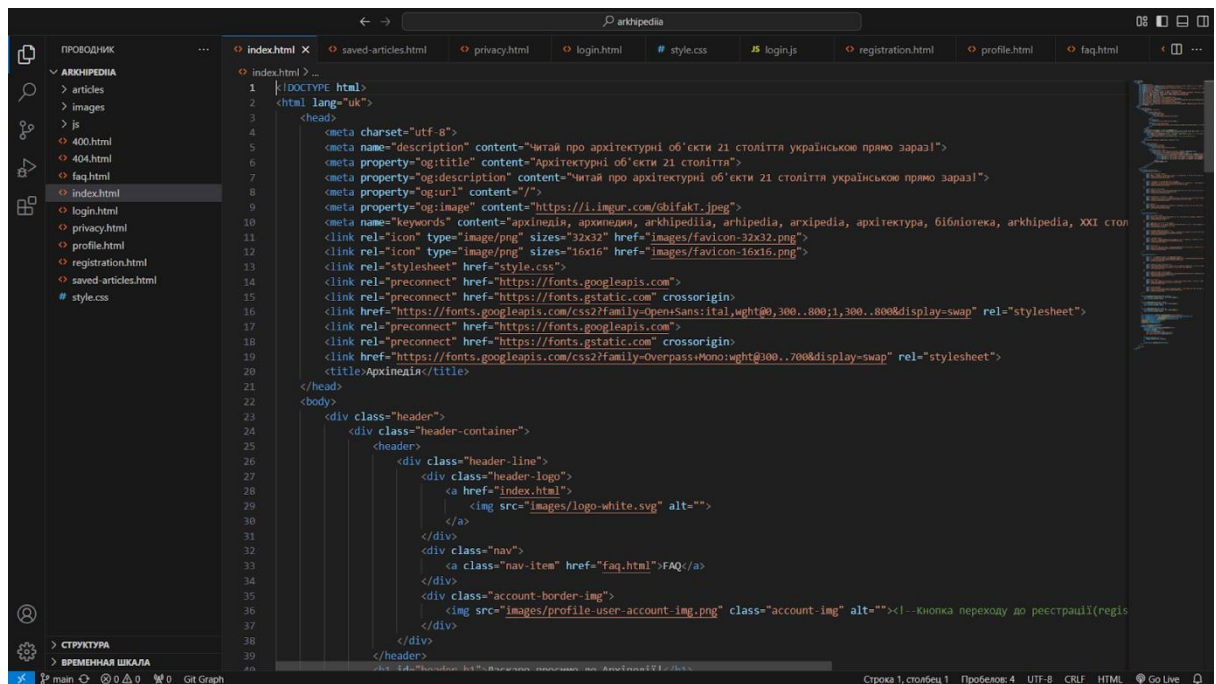


Рис. 1. Бібліотека архітектурних проєктів 21 століття в Visual Studio Code

Джерело: опрацювання власне

У відповідності до концепції розроблюваної системи, користувач має мати змогу реєстрації та подальшої авторизації для роботи з використанням функціоналу, розміщеного у власному кабінеті.

Опис можливостей програмного продукту

Можливість перегляду статей [3]: користувачі, як авторизовані, так і неавторизовані, можуть переглядати статті з інформацією про визначні архітектурні пам'ятки 21 століття. Статті містять текстові описи, зображення та інші довідкові матеріали.

Можливість зберігання статей: авторизовані користувачі мають можливість зберігати статті до персонального списку, що дозволяє їм швидко доступатися до потрібної інформації в майбутньому.

Можливість пошуку [4] за ключовими словами: система надає можливість пошуку статей за ключовими словами, що значно полегшує навігацію по великій кількості матеріалів. Користувачі можуть використовувати фільтри для сортування статей за різними критеріями, такими як географічне положення об'єктів, архітектурний стиль, рік побудови.

Авторизація користувачів (рис. 2): можливість збереження статей та перегляду історії доступна лише для авторизованих користувачів.

Неавторизовані користувачі можуть лише переглядати матеріали без можливості їх збереження.

Рис. 2. Прототип екранної форми головної сторінки проекту

Джерело: опрацювання власне

Обмеження вмісту (рис. 3): користувачі не мають можливості додавати власний контент або редагувати існуючі статті. Весь контент формується та додається виключно адміністраторами проекту.

Рис. 3. Прототип екранної форми сторінки профілю користувача

Джерело: опрацювання власне

Мережеве обмеження [5]: система функціонує за наявності стабільного інтернет-з'єднання. Високоякісні зображення та великий обсяг інформації вимагають постійного доступу до мережі для коректної роботи продукту.

```

.profile {
  display: flex;
  justify-content: center;
  align-items: center;
  margin-top: 10vh;
  top: 0;
  left: 0;
  width: 100%;
  height: 100%;
}

.profile .profile-content {
  background-color: white;
  padding: 20px;
  border-radius: 8px;
  width: 600px;
  box-shadow: 0 0px 20px rgba(0, 0, 0, 0.8);
}

.profile .profile-content .profile-header {
  text-align: center;
}

.profile .profile-content .profile-body {
  margin: 20px 0;
}

.profile .profile-content .profile-body p, .profile .profile-content .profile-body div {
  display: inline;
}

.profile .profile-content .profile-footer {
  display: flex;
  justify-content: space-between;
  gap: 10px;
}

```

У рамках дослідження розроблено облікову картку типів архітектурних проєктів навчальної програми «Архітектурні проєкти ХХІ ст.» із урахуванням типізації проєктів ЮНЕСКО [6]. Нижче проопнується прототип екранної форми зберігання статей проєкту (рис. 4)

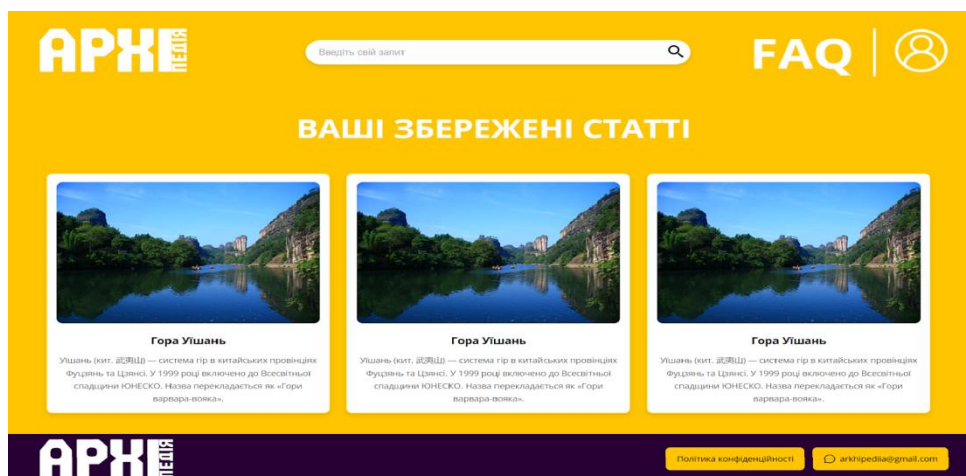


Рис. 4. Прототип екранної форми зберігання статей проєкту
Джерело: опрацювання власне

```

.header .header-container .cards__container .card, .article__container .card {
  width: 29%;
  background-color: #fff;
  border: 2px solid #ffcc00;
  border-radius: 10px;
  margin: 10px;
  padding: 15px;
  box-shadow: 0 4px 8px rgba(0, 0, 0, 0.1);
  text-align: center;
  display: inline-block;
  vertical-align: top;
  cursor: pointer;
}

.header .header-container .cards__container, .article__container {
  margin: 30px 0;
}

.header .header-container .cards__container .card img, .article__container .card img {
  width: 100%;
  border-radius: 10px;
}

.header .header-container .cards__container .card-title, .article__container .card .article-title {
  font-size: 18px;
  font-weight: bold;
  margin: 10px 0;
}

.header .header-container .cards__container .card-text, .article__container .card .article-text {
  font-size: 14px;
  color: #555;
}

```

Визначення обмежень щодо застосування продукту

Термін впровадження: система повинна бути впроваджена протягом 6 місяців, включаючи всі функціональні можливості, наприклад, перегляду, здійснення пошуку та збереження статей [7]. Формат продукту: проєкт розроблено у форматі веб-додатку, який орієнтований на використання ПК.

Анотація. Програмна система «Архітектурні проєкти 21 століття» забезпечує користувачам доступ до бібліотеки архітектурних проєктів. Метою дослідницької роботи є апробування методів об'єктно-орієнтованого програмування з виокремленням станів у процесі розроблення модуля серверної частини навчальної програми «Архітектурні проєкти XXI ст.» із використанням технології об'єктно-орієнтованого програмування.

У рамках дослідження здійснено ґрунтовний аналіз правил використання дизайну у процесі розроблення модуля серверної частини навчальної програми. Розглянуто інструментарій задля ефективного розроблення модуля серверної частини навчальної програми. Розроблено методичні аспекти проектування і створення модуля серверної частини навчальної програми. Здійснено опитування користувачів щодо оптимізації створеного модуля серверної частини навчальної програми. Проведено ітерації в дизайні з урахуванням відповідей користувачів.

Ключові слова: архітектурні проекти, дослідницьке навчання, варіативні моделі, об'єктно орієнтованого програмування, комп'ютерне моделювання, варіативні моделі, КОМСДН, IVR.

Література

1. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
2. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.
3. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
4. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
5. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
6. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds). *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

УДК 004.942:[327

Гусев А. В. (здобувач бакалаврату, 3 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ «МАГАЗИН КОМПЛЕКТУЮЧИХ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА» ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

ІТ-освіта є одним з інструментів підготовки фахівців майбутнього, здатних креативно мислити та створювати інноваційні продукти [1].

Розглядаються особливості проектування і розроблення програмної системи «Магазин комплектуючих для персонального комп'ютера», здійснено ґрунтовний аналіз вимог до програмного забезпечення і тестування у контексті використання ООП і ШІ як інструменту для розвитку майбутнього інженера.

Мета дослідження полягає у здійсненні ґрунтового аналізу, визначення високорівневих потреб, аналіз можливостей і розробленні зручної, ефективної програмної системи «Магазин комплектуючих для персонального комп'ютера» із використанням технологій штучного інтелекту доступне з будь-якого веб-браузера, має легкий для зрозуміння інтерфейс і є конкурентоспроможним серед інших сервісів [2].

Програмна система «Магазин комплектуючих для персонального комп'ютера» призначена для автоматизації процесів продажу, обліку та управління товарами в магазині, який спеціалізується на продажу комплектуючих для персональних комп'ютерів (рис. 1).

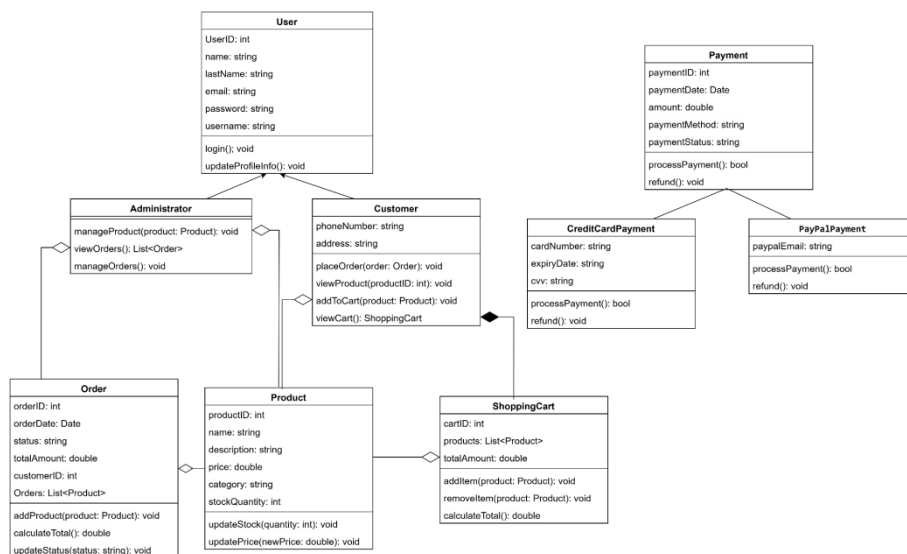


Рис. 1. Діаграма класів програмної системи
«Магазин комплектуючих для персонального комп'ютера»
Джерело: опрацювання власне

У процесі розроблення програмної системи враховано функціональні вимоги [3]:

Управління товарами: сервер повинен обробляти запити на додавання, редагування та видалення товарів, а також керувати категоріями та характеристиками товарів.

Обробка замовлень: сервер має обробляти замовлення, включаючи створення, збереження та зміну статусу замовлення.

Авторизація користувачів: сервер має надавати функцію реєстрації, входу в систему та управління акаунтом користувача (зміна пароля, перегляд історії замовлень).

Обробка оплат: сервер повинен інтегруватися з платіжними системами для обробки платежів і підтвердження транзакцій.

Пошук товарів: сервер має реалізувати для пошуку товарів за різними параметрами (ціна, категорія, характеристики).

Пошук та фільтрація товарів: користувач повинен мати можливість шукати товар за назвою, ціною, характеристиками та іншими параметрами.

Перегляд товарів: клієнт повинен мати доступ до детальної інформації про товари, включаючи опис, характеристики, ціни та зображення.

Кошик і оформлення замовлення: користувач повинен мати можливість додавати товари до кошика, змінювати кількість товарів і оформляти замовлення.

Авторизація: система повинна дозволяти користувачам реєструвати акаунти, входити в систему та зберігати історію своїх покупок.

Рекомендації товарів: клієнтська частина повинна надавати рекомендації на основі попередніх покупок або переглянутих товарів (рис. 2).

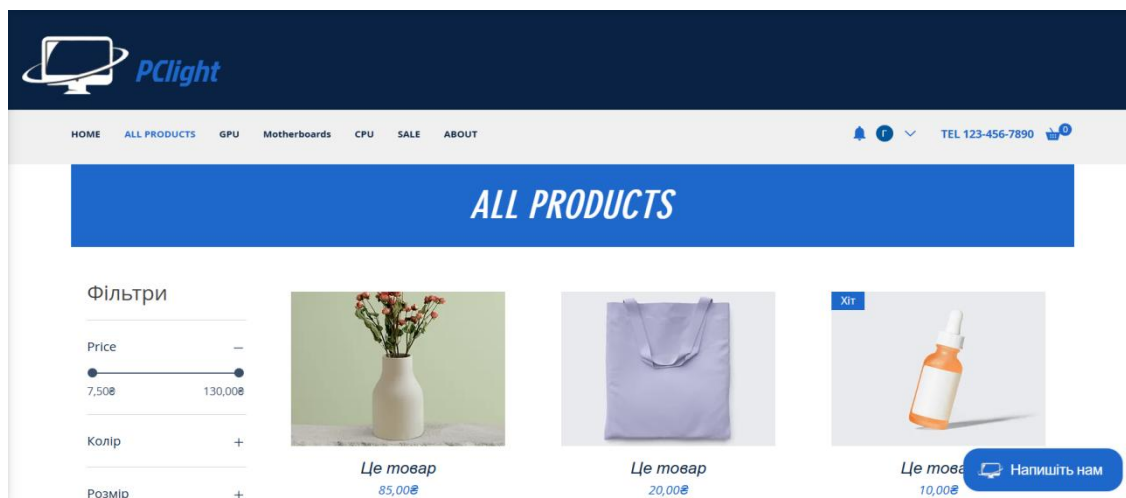


Рис. 2. Прототип екранної форми «Каталог» ПС «Магазин комплектуючих для персонального комп'ютера»

Джерело: опрацювання власне

У рамках проектування програмної системи враховано нижче наведені нефункціональні вимоги:

Продуктивність: сервер має бути здатний обробляти багато користувачів без затримок.

Безпека: всі дані, що передаються між клієнтом і сервером, повинні бути захищені. Система повинна підтримувати багатофакторну аутентифікацію для підвищення безпеки користувачів. Персональні дані користувачів повинні зберігатися відповідно до норм законодавства.

Масштабованість: система повинна мати можливість розширення, щоб зберігати й обробляти дані про більшу кількість товарів і користувачів.

Інтерфейс має бути інтуїтивно зрозумілим, щоб навіть новачки могли швидко зорієнтуватися (рис. 3).

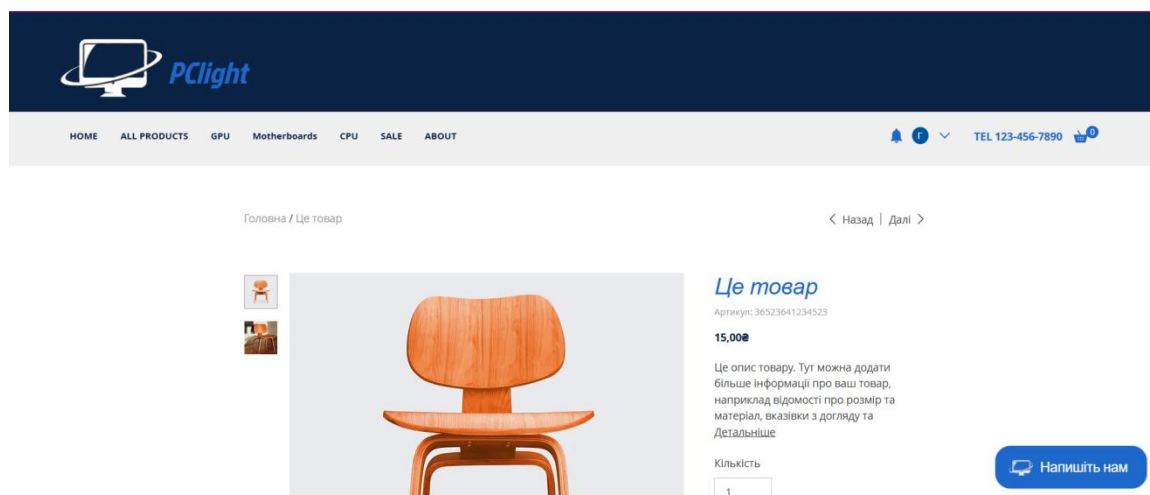


Рис. 3. Прототип екранної форми «Сторінка товару» ПС «Магазин комплектуючих для персонального комп'ютера»

Джерело: опрацювання власне

У рамках дослідження розроблена та апробована програмна система «Магазин комплектуючих для персонального комп'ютера» призначена для автоматизації процесів продажу, обліку та ефективного здійснення управління товарами в магазині, який спеціалізується на продажу комплектуючих для персональних комп'ютерів. Перед запуском тестуванням програмної системи здійснювалося ґрунтовне тестування специфікації вимог.

Тестування вимог ПС здійснювалося з використанням рецензування у формі перегляду та співставлення вимог до необхідних показників якості вимог

програмної системи [3]. У цьому проекті реалізовано можливість реєстрації користувачів з підтвердженням електронної пошти і авторизацією, яка зберігає сесію користувача на пристроях.

Анотація. Розроблена програмна система «Магазин комплектуючих для персонального комп'ютера» із використанням технологій штучного інтелекту доступне з будь-якого веб-браузера, має легкий для зрозуміння інтерфейс і є конкурентоспроможним серед інших сервісів. Функціонал системи розширений додатковими можливостями для оптимального управління і збору статистики [4]. З урахуванням отриманих результатів тестування можна впевнено стверджувати, що визначена мета дослідження досягнута, а завдання проекту виконані повністю. Дослідження сучасних засобів розробки дозволило побудувати оптимальну архітектуру застосунку та встановити чітку логіку комунікації між різними його частинами. Також це дозволило вибрати необхідні бібліотеки та фреймворки для проекту, уникнувши зайвого навантаження [5].

Ключові слова: дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, AI, програмна система, комплектуючі ПК.

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. 2022.
4. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
5. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

Дяденчук А. Ф. (к.т.н, доцент)
*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна,*
Філіпович Є. В. (здобувач бакалаврату, 1 курс),
*Національний університет «Запорізька політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У МАТЛАВ ЯК ЗАСІБ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТИ

Сучасні цифрові технології активно впливають на всі сфери діяльності, включаючи освіту. Одним із ефективних інструментів такої трансформації в освітньому процесі є комп'ютерне моделювання фізичних процесів, яке відкриває нові можливості для підвищення якості викладання, залучення здобувачів освіти до активного навчання, покращення розуміння складних явищ, їх візуалізацію та аналіз [1]. Останнім часом активно розглядаються питання впровадження цифрових технологій в освітній процес, які освітлено в роботах А. М. Гуржія [2], А. М. Куха [3], В. Ф. Заболотного [4] та інших. Раніше нами було досліджено методичний підхід до розв'язання фізичних задач за допомогою програмних застосунків Mathcad [5], MS Excel [6], Scilab [7]. Хоча роботи різняться програмним забезпеченням і підходами, усі автори визнають доцільність використання комп'ютерного моделювання у навчанні. Тому актуальним і надалі залишається питання подальшого розвитку та вдосконалення методологічних підходів до інтеграції комп'ютерного моделювання в освітній процес.

Мета роботи – дослідити можливості використання програмного середовища Matlab для моделювання фізичних явищ під час розв'язування задач.

Як зазначалося вище, для розв'язування фізичних задач можуть бути використані пакети програм Mathcad, Scilab, **Maple**, **Wolfram Mathematica** тощо. Matlab обрано через його ефективність у розв'язанні диференціальних рівнянь, візуалізації результатів та автоматизації процесів, що спрощує аналіз фізичних явищ і покращує навчання [8]. Методика використання Matlab

включає такі етапи: формулювання задачі, аналітичне та чисельне розв’язання, моделювання й візуалізація, аналіз результатів і висновки. Важливо порівнювати аналітичні й чисельні розв’язки, вивчати вплив параметрів на систему та пояснювати фізичні процеси на основі отриманих даних. Цей підхід дозволяє не лише отримати правильні розв’язки, а й зрозуміти фізичні закономірності.

Розглянемо приклад задачі, яка розглядається при підготовці здобувачів вищої освіти зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» у курсі загальної фізики.

Умова задачі. Розглянемо плоску електромагнітну хвилю, що поширюється у вакуумі вздовж осі x . Електричне $E(x, t)$ і магнітне поле $B(x, t)$ змінюються за гармонічним законом та взаємноперпендикулярні. Довжина хвилі становить $\lambda = 1$ м, а її поширення відбувається зі швидкістю світла у вакуумі, амплітуда обох полів становить $A = 1$. Початкова фаза магнітного поля зміщена на $\pi/2$ відносно електричного поля. Побудувати графіки зміни електричного $E(x, t)$ та магнітного $B(x, t)$ полів у просторі для різних моментів часу.

Задача ілюструє підхід до моделювання електромагнітних хвиль у Matlab, об’єднуючи чисельні й візуальні методи. Вона базується на рівнянні гармонічної хвилі з рівнянь Максвелла, допомагаючи зрозуміти фізичну природу явища. Чисельне розв’язання через дискретизацію та функції Matlab дозволяє досліджувати залежності полів у часі та просторі, а графіки й анімація – наочно сприймати динаміку. Аналіз результатів дає змогу інтерпретувати зв’язок між електричним і магнітним полями й розвивати дослідницькі навички.

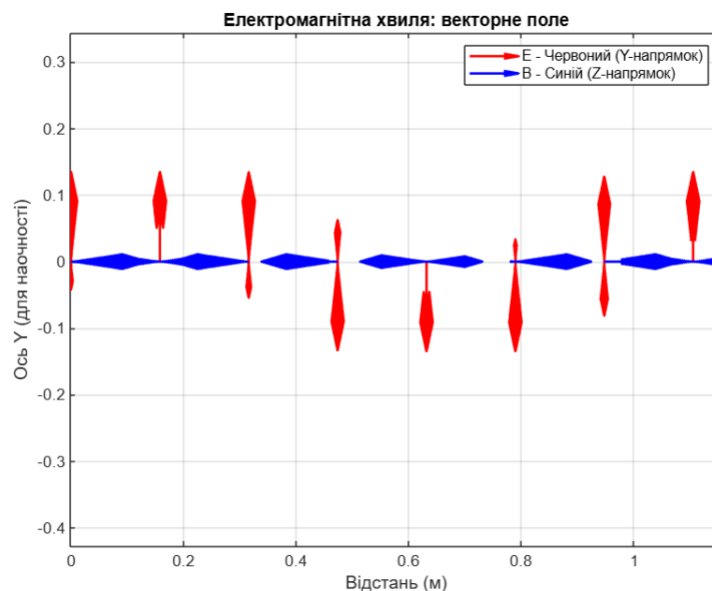


Рис. 1. Візуалізація розповсюдження електромагнітної хвилі у Matlab

Комп'ютерне моделювання фізичних процесів є ефективним інструментом цифрової трансформації освіти, що сприяє глибшому розумінню навчального матеріалу, покращенню його візуалізації та розвитку дослідницьких навичок у здобувачів освіти. Запропонований у роботі методичний підхід, який передбачає поетапне розв'язання задач із акцентом на інтеграцію чисельних та аналітичних методів, дозволяє здобувачам освіти не лише отримати правильний розв'язок, а й краще зрозуміти фізичні закономірності, що лежать в основі моделювання.

Анотація. У статті досліджено вплив сучасних цифрових технологій на освіту, зокрема ефективність комп'ютерного моделювання фізичних процесів. Використання Matlab у навчанні показано як потужний інструмент для візуалізації, аналізу й автоматизації обчислень, що сприяє кращому розумінню фізичних явищ і розвитку дослідницьких навичок. Описано методику поетапного моделювання фізичних процесів, що інтегрує чисельні та аналітичні підходи. Наведено приклад задачі для студентів-енергетиків, яка демонструє можливості Matlab у моделюванні електромагнітних хвиль та їх динаміки.

Ключові слова: цифрові технології, комп'ютерне моделювання, чисельні методи, аналітичні методи.

Література

1. Моклюк М.О., Сільвейстр А.М. Використання комп'ютерного моделювання у вивченні фізики. Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми фізико-математичної освіти і науки», присвяченої 95-річчю від дня народження доктора технічних наук, професора Дуценка В.П. 25-26 травня 2017 року, Київ, Україна. К.: НПУ імені М.П.Драгоманова, 2017. С.224-227.

2. Гуржій А., Радкевич В., Пригодій М. Підвищення якості підготовки майбутніх фахівців із використанням віртуальних навчальних комплексів. *Нові технології навчання*. 2023. № 97. С. 42-50.

3. Кух А. М., Кух О. М. Віртуальні цифрові середовища у постановці дистанційного навчального експерименту з фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*. 2022. Вип. 28. С. 114-118.

4. Zabolotnyi V.F., Myslitska N. A. Technologies for organization of educational process of future teachers in the conditions of distance studying. International scientific conference «*Information technologies and management in higher education and sciences*» : conference proceedings (November 28, 2022, Fergana, the Republic of Uzbekistan). Part 1. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2022. p. 331-334.

5. Дяденчук А. Ф., Халанчук Л. В. Застосування середовища Mathcad у загальному курсі фізики при підготовці фахівців інженерних спеціальностей. *Інженерні та освітні технології*. 2020. Т. 8, № 4. С. 40-50. doi: <https://doi.org/10.30929/2307-9770.2020.08.04.04>

6. Дяденчук А. Підвищення ефективності навчання за допомогою MS Excel при розв'язуванні фізичних задач. *Освіта і суспільство VI* : Міжнародний збірник наукових праць / За ред. Т. Несторенко, Р. Бернатової. Бердянський державний педагогічний університет. Ополє: видавництво Вищої школи управління і адміністрації в Ополє, Польща. 2021. С. 240-244.

7. Дяденчук А.Ф., Халанчук Л.В. Формування професійної компетентності майбутніх інженерів при розв'язанні прикладних задач у пакеті Scilab. *Моделювання компетентнісної професійної освіти в контексті євроінтеграції*: монографія [Електронне видання] / кол. авт; за заг. ред. проф. Н.П. Волкової. Дніпро: Університет імені Альфреда Нобеля, 2021. С. 289-309

8. Дяденчук А. Ф., Шквиря В. В. Формування інформаційно-математичної компетентності здобувачів вищої освіти в загальному курсі фізики. *Інженерні та освітні технології*. 2022. Т. 10, № 1. С. 30-41.

УДК 004.49:[327

Давидов (здобувач бакалаврату, 2 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОМАНДНОЮ РОЗРОБКОЮ ІТ-ПРОЄКТУ

На сьогоднішній день існує багато різноманітних систем управління зі своєю ціною політикою для забезпечення можливості ефективного функціонування механізмів бізнес процесів, у тому числі забезпечуючи можливості дотримання відповідних вимог та уникнення аварійних ситуацій [1]. Для мінімізації аварійних ситуацій і забезпечення ефективного делегування

повноважень використовуються різноманітні програмні засоби: CRM, HRM, TMS, FMS.

Мета дослідження полягає у розробленні системи управління командною розробкою ІТ-проєкту для поліпшення продуктивності, оптимізації бізнес процесу та мінімізації витрат.

У ході дослідження було ґрунтовно вивчено проблеми добору архітектури, інструментів і необхідних алгоритмів із метою здійснення проектування і розроблення системи управління командною розробкою ІТ-проєкту в контексті поліпшення продуктивності, оптимізації бізнес процесів компанії для забезпечення мінімізації витрат [2].

У рамках дослідження розроблено основні компоненти системи управління (рис. 1):

Workspace – підрозділи установи, що беруть участь в розробленні проєктів;

Project – проєкти зі списком статусів `board_list`;

Task – завдання у рамках реалізації відповідного проєкту з ґрунтовним описом задач і термінів виконання;

User – базова модель профілю користувача з фіксацією прав доступу в системі та відповідних параметрів авторизації (рис. 2, рис. 3).

На етапі проектування системи управління передбачено можливість клонувати сховища, відкривати та коментувати запити; сортувати дозволи, а також читати, масштабувати та надсилати до репозиторіїв, керування проблемами, формування запитів на отримання та деякі налаштування сховища.

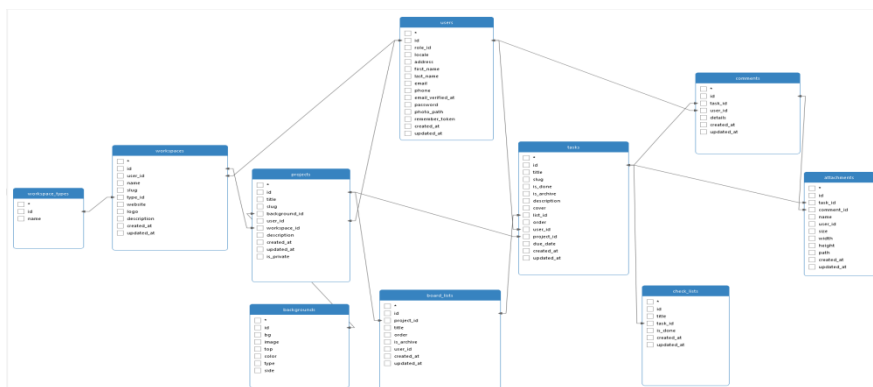


Рис. 1. Базова версія системи управління командною розробкою ІТ-проєкту

Джерело: опрацювання власне

The screenshot shows the 'Guided .env Wizard' interface. At the top, there is a progress bar with six steps: a home icon, a list icon, a lock icon, a database icon (which is highlighted), a user icon, and a document icon. Below the progress bar, the 'Application Information' section contains two input fields: 'App Name' with the value 'UFDUBTask' and 'App Url' with the value 'http://127.0.0.1:8000'. The 'Database Information' section contains four input fields: 'Database Name' with the placeholder 'Database Name', 'Username' with the placeholder 'Database Password', 'Password' with the placeholder 'Database Password', and 'Database Host' with the value '127.0.0.1'. A blue 'Submit >' button is located at the bottom right of the form.

Рис. 2. Прототип екранної форми Guided.env Wizard

Джерело: опрацювання власне

The screenshot shows the 'Setup Admin User' interface. At the top, there is a progress bar with six steps: a home icon, a list icon, a lock icon (which is highlighted), a database icon, a user icon, and a document icon. Below the progress bar, a message states: 'Application installed initially but need to setup admin credentials to login.' The 'Information needed (Login credentials)' section contains four input fields: 'First Name' with the placeholder 'your first name here', 'Last Name' with the placeholder 'your last name here', 'Email' with the placeholder 'your email address to login', and 'Password' with the placeholder 'a new password to login'. A blue 'Complete Setup >' button is located at the bottom right of the form.

Рис. 3. Прототип екранної форми Setup Admin User

Джерело: опрацювання власне

У системі передбачені Workspace Type, призначені для забезпечення найму працівників, а також здійснення відповідного призначення нового співробітника на посаду. Розроблена система автоматично долучає необхідні відділення та проєкти (рис. 4).

The screenshot shows a 'Create Workspace' dialog box. The dialog has a title bar with a close button (X). It contains two input fields: 'Workspace name *' and 'Workspace Type'. The 'Workspace Type' dropdown menu is open, showing a list of options: 'Operation', 'Education', 'Marketing', 'Design & Development' (which is highlighted in blue), 'Small Business', 'Other', and 'Engineering'. The background of the dialog is a dark purple gradient.

Рис. 4. Прототип екранної форми Create Workspace

Джерело: опрацювання власне

Передбачена можливість долучення додаткових відомостей до завдання, відкривши його детальний опис. Для залучення додаткових співробітників і призначення відповідних завдань передбачена можливість активізації панелі адміністратора та внесення правок у налаштування користувачів (рис. 5).

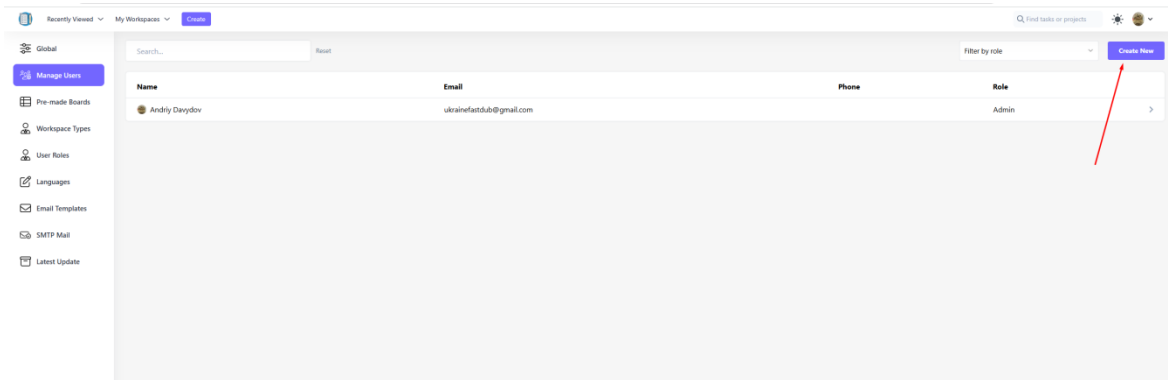


Рис. 5. Прототип екранної форми налаштування користувачів

Джерело: опрацювання власне

Для розробленої системи управління написано декілька тестів, які спрямовані на перевірку основних методів і генерування необхідних компонентів застосунку (рис. 6). Створюємо тестове завдання, натискаючи «Add a task».

З урахуванням результатів тестування було удосконалено базовий код системи управління із урахуванням безпеки CI/CD, виправлення багів та опрацювання виняткових ситуацій, адаптацією під інші девайси, а також внесено правки в архітектурні проблеми проєкту [3].

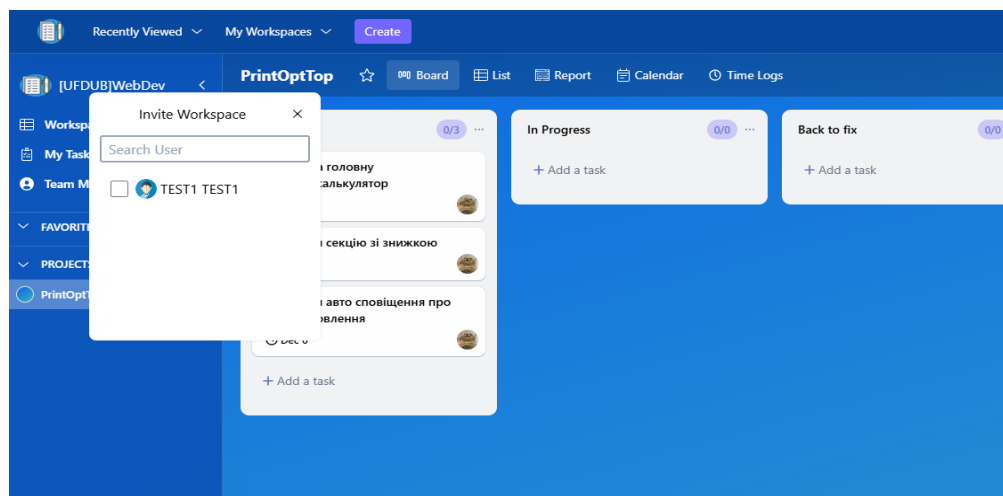


Рис. 6. Прототип екранної форми PrintOptTop

Джерело: опрацювання власне

У рамках дослідження здійснено проектування і розроблення системи управління командною розробкою ІТ-проєкту задля оптимізації бізнес процесів компанії. Практичне значення полягає у подальшому використанні методик побудови систем управління командною розробкою ІТ-проєкту [4], що дозволять ефективно створювати програмні застосунки з архітектурою різного рівня складності.

Анотація. У дослідженні обговорено проблеми добору архітектури, інструментів і необхідних алгоритмів із метою здійснення проектування і розроблення системи управління командною розробкою ІТ-проєкту в контексті поліпшення продуктивності, оптимізації бізнес процесів компанії для забезпечення мінімізації витрат [5]. Мета дослідження полягає у розробленні системи управління командною розробкою ІТ-проєкту для поліпшення продуктивності, оптимізації бізнес процесу та мінімізації витрат.

Ключові слова: системи управління, командна розробка, варіативні моделі, ІТ-проєкт, дослідницьке навчання, CRM, HRM, TMS, FMS.

Література

1. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. Innovations in Mechatronics Engineering II. 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. 2022.
2. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
3. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
4. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
5. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

Дзюбенко І. О. (здобувач бакалаврату, 4 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
*Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-
технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)*

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ БРОНЮВАННЯ АВТОМОБІЛІВ “ЕКО ТАКСІ”

Сучасні сервіси замовлення авто зазвичай базуються на клієнт–серверній архітектурі, де мобільні додатки для пасажирів і водіїв виступають як клієнти, а централізований сервер обробляє запити, керує даними та забезпечує взаємодію всіх учасників. Така централізована структура спрощує оновлення й адміністрування системи, але водночас створює ризики, пов'язані з єдиною точкою відмови, вразливістю до збоїв і загрозами для безпеки. Для подолання цих обмежень набирають популярності децентралізовані рішення, зокрема на основі блокчейну, які усувають залежність від одного контролера, але вимагають складних технологій синхронізації та захисту даних.

Для розробки веб-застосування була обрана стандартна клієнт-серверна архітектура з чітко розділеними трема рівнями: рівень представлення даних (інтерфейс користувача), серверна частина для логічної обробки подій та база даних як рівень управління даними. Вибір такої архітектури був обґрунтований не лише потребою у високій швидкодії програми на пристроях користувачів, але й необхідністю забезпечення ефективного розподілу рівнів доступу до інформації. Також слід зазначити, що була обрана клієнт-серверна архітектура з товстим сервером та тонким клієнтом. Це рішення дозволяє забезпечити сумісність з будь-якими браузерами та пристроями, мінімізуючи використання ресурсів користувачів. Крім того, така архітектура дозволяє зберігати дані віддалено, незалежно від сесії користувача або стану сервера.

Для створення веб-застосування з клієнт-серверною архітектурою використовувалися різні мови програмування на різних рівнях системи. Основною мовою розробки є JavaScript, яка використовувалась як на клієнтській, так і на серверній частині. JavaScript є динамічною та об'єктно-

орієнтованою мовою, підтримуваною більшістю браузерів, що є важливим для цієї розробки. Також JavaScript підтримує технологію AJAX, яка використовується для динамічного завантаження інформації та взаємодії з сервером. Обробка подій та запитів на сервері відбувається за допомогою Node.js, який також базується на JavaScript. Основний функціонал сервера реалізовано з використанням різних бібліотек та фреймворків, таких як: *Express* – мінімалістичний фреймворк, за допомогою якого створюється власне API для обробки http-запитів. *Mysql* – драйвер, що забезпечує підключення до бази даних та подальшу обробку sql-запитів. *Body-parser* – бібліотека, що дозволяє отримувати із запитів дані у форматі json. *Cookie-parser* – бібліотека, що забезпечує зручний доступ до даних cookies в заголовках запитів, що надходять на сервер.

Веб-сторінки клієнтської частини створюються з використанням HTML5 для розмітки контенту та JavaScript для додавання інтерактивності та функціональності. Для стилізації візуального вигляду використовується CSS. Для створення клієнтської та серверної частин було використано інтегроване середовище розробки Visual studio code. Це програмне забезпечення забезпечує зручний процес встановлення додаткових бібліотек і фреймворків, управління проектами з багатьма файлами та можливість створення та запуску сервера локально. Також Visual studio code включає в себе інтегрований контроль версій Git, що активно використовувався під час розробки веб-застосування. Для рівня даних було обрано базу даних MySQL, оскільки вона є однією з найбільш доступних і відкритих баз даних, які можна використовувати як локально, так і в хмарі. Для управління цією базою даних використовувався phpMyAdmin - програмне забезпечення для зручного керування базами даних.

У базі даних необхідно в структурованому вигляді зберігати таку інформацію: персональні дані клієнта (e-mail, пароль); інформацію щодо замовлення (місце відправлення, місце прибуття, час замовлення, клас автомобіля, вартість поїздки, ціну за поїздки). Система повинна мати можливість швидкої реєстрації для користувачів, включаючи надсилання

тимчасового паролю на їхню електронну пошту. Це забезпечить вимогу щодо підтвердження адреси електронної пошти.

Користувач може переглядати свою особисту інформацію та статистику попередніх поїздок у своєму особистому кабінеті. Клієнти можуть замовляти таксі з автозаповненням адрес і попереднім переглядом маршруту поїздки на карті, а також отримувати попередню вартість замовлення.

Архітектура системи розбита на три рівні [1]: клієнтська частина, серверна частина та база даних. На клієнтській частині передбачена навігація по сторінках сайту, відображення даних за запитом та виконання різних функцій через форми та кнопки. Серверна частина обробляє запити користувача, перевіряє рівень доступу до даних та надсилає відповіді користувачу, також вона взаємодіє з базою даних. База даних містить необхідну інформацію. Для комфортної роботи користувачів на сайті реалізовано навігаційне меню у верхній частині екрану з посиланнями на всі доступні сторінки, яке постійно відображається. Дизайн сайту використовує кольорову гаму, типову для таксі: відтінки жовтого, сірого та білого.

Програма має працювати у відокремленому вікні браузера та забезпечувати коректне відображення сайту на різних типах пристроїв, де можливо встановлення браузера з мінімальним розміром вікна 500 пікселів. Крім того, вона повинна підтримувати більшість сучасних популярних браузерів, включаючи їх попередні версії, і відповідати вимогам щодо надійності [2]. Вимоги до надійності: доступ до даних в базі даних має бути обмежений відповідно до ролей та авторизації користувачів сайту. Кожен користувач повинен мати можливість переглядати тільки свою власну історію поїздок. У разі спроби доступу до неіснуючих сторінок або сторінок, доступ до яких вимагає іншого рівня авторизації, користувач буде автоматично перенаправлений на сторінку помилки (тобто 404).

Розробка веб-застосування включає кілька етапів: 1. Створення бази даних з таблицями відповідно до технічних вимог. 2. Розробка серверної частини на Node.js та підключення необхідних бібліотек і фреймворків. 3. Написання

методів, які обробляють основні запити до сервера. 4. Реалізація функцій на клієнтській стороні, які відповідають за навігацію, звернення до сервера та обробку відповідей. 5. Стилзація веб-застосування: підключення файлів .css 6. Тестування та налагодження готового веб-застосування. Директорія “css” містить файли зі стилями проекту. У директорії “images” містить усі зображення що використовуються на сайті. Директорія «node_modules» - це стандартний каталог, де зберігаються встановлені бібліотеки та з якої вони в подальшому імпортуються. Файл конфігурації середовища (.env). Він містить пари ключ-значення, які зазвичай використовуються для зберігання секретних даних, таких як паролі, ключі API та інші дані, які не повинні бути включені в код програми.

Роботу програми можна зрозуміло описати так [3]: якщо користувач переходить на сайт за доменом, сервер повертає створену сторінку, яку бачить користувач. Якщо користувач хоче перейти на іншу сторінку, відправляється відповідний запит на сервер. Якщо ця сторінка існує і доступна для даного користувача, вона генерується та показується, інакше користувач бачить сторінку помилки. Якщо користувач виконує дію (часто це стосується натискання кнопок), викликається відповідна функція на клієнтській стороні, що відповідає за цю дію. Деякі дії можуть відбуватися без взаємодії з сервером, інші потребують обробки на сервері. У кожному випадку користувач бачить результат своїх дій.

Технічне завдання визначає, що база даних містить усі необхідні параметри і має встановлену схему даних. Усі дані, що зберігаються в цій базі даних, відповідають внутрішнім правилам цілісності, які встановлені на корпоративному рівні, і проходять процедуру валідації на клієнтській або серверній частині програми. Усі зв'язки між даними в базі даних знаходяться у четвертій нормальній формі, що гарантує їхню оптимізацію та ефективне використання. Сторінка register.html дозволяє користувачам реєструватися або заходити на сайт зі своїми даними.

Дослідницький проект удосконалюється, розширюючи свої можливості та функціонал. Одним із напрямків розвитку є створення окремої частини веб-застосування для адміністраторів системи, що дозволить забезпечити зручний моніторинг підозрілої активності, а також додавання, редагування та видалення інформації в базі даних. Для користувачів системи будуть корисними функції «Запланувати поїздку», що дозволить вказати дату та час виїзду, а також створення спеціальних карток з адресами, що вводяться найчастіше для швидкого замовлення. Додано можливість зберігати адреси з мітками, такими як «дім», «робота» і т.д. Для зручності реєстрації впроваджено авторизацію через Google, додавання рейтингової системи оцінки поїздок, можливість вибору водіїв залежно від їх статусу, а також реалізацію розумної системи підбору водіїв та клієнтів відповідно до їх рейтингу [4]. Також додано оплату поїздок через веб-сайт. Для водіїв реалізовано систему різних коефіцієнтів обчислення заробітної платні в залежності від їх статусу та рейтингу, а також систему бонусів для найкращих водіїв.

Під час розробки веб-застосування для замовлення таксі, було проведено дослідження сучасного стану сфери пасажирських перевезень в Україні. Аналіз алгоритмів роботи таксі загалом та вивчення аналогів розробки допомогли виявити переваги та недоліки існуючих веб-застосувань у цій сфері. Це дозволило належним чином визначити необхідний функціонал для розроблюваного веб-застосування та зробити чітке технічне завдання, включаючи корпоративні обмеження цілісності, вимоги до надійності та дизайну користувацького інтерфейсу. Загалом, обрана клієнт-серверна архітектура була побудована на Node.js з використанням фреймворку Express.js, а вибір сервер-рендерингу дозволив ефективно реалізувати модель тонкого клієнта.

Під час розробки веб-застосування еко таксі процес відбувався етапами з постійним удосконаленням попередніх версій програми. На проміжних етапах розробки проводилося докладне тестування та налагодження реалізованих

функцій [5]. Розроблене застосування, що представлене у вигляді веб-сайту, містить кілька сторінок з різноманітним статичним і динамічним контентом.

У цьому проекті реалізовано можливість реєстрації користувачів з підтвердженням електронної пошти і авторизацією, яка зберігає сесію користувача на пристроях. Функціонал включає замовлення таксі для клієнтів, калькулятор цін поїздок, динамічну побудову маршруту та передбачення ціни поїздки.

Анотація. Розроблене веб-застосування для замовлення еко таксі може працювати як автоматизована система без потреби участі диспетчера. Воно доступне з будь-якого веб-браузера, має легкий для зрозуміння інтерфейс і є конкурентоспроможним серед інших сервісів замовлення таксі онлайн. Функціонал системи розширений додатковими можливостями для оптимального управління поїздками та збору статистики.

З урахуванням отриманих результатів тестування можна впевнено стверджувати, що визначена мета дослідження досягнута, а завдання проекту виконані повністю. Дослідження сучасних засобів розробки дозволило побудувати оптимальну архітектуру веб-застосування та встановити чітку логіку комунікації між різними його частинами. Також це дозволило вибрати необхідні бібліотеки та фреймворки для проекту, уникнувши зайвого навантаження.

Ключові слова: дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, еко таксі, програмна система.

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. 2022.
4. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
5. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A.,

УДК 004.942:[327

Дмитрієв В. О. (здобувач бакалаврату, 4 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МОТОЦИКЛЕТНОЇ ТЕХНІКИ

З кожним роком все більше мотоциклістів звертаються до спеціалізованих сервісів для ремонту та технічного обслуговування своїх байків. Це сприяє зростанню кількості мотоциклетних СТО, які пропонують широкий спектр послуг – від базової діагностики до складних ремонтних робіт і тюнінгу. Кожен сервіс має свої сильні та слабкі сторони [1]: деякі майстерні приваблюють клієнтів швидкістю виконання робіт, інші – високою якістю обслуговування або доступними цінами.

Мета дослідницької роботи полягає у розробленні інформаційної системи для станції технічного обслуговування мотоциклетної техніки, яка забезпечить надання якісних послуг з діагностики, ремонту та обслуговування мотоциклетної техніки. Проєкт передбачає організацію безпечного, зручного та ефективного робочого простору, оснащеного необхідним обладнанням, відповідно до чинних норм і стандартів. Основна ціль — забезпечити безперебійну роботу СТО, комфорт клієнтів та відповідність усім вимогам до таких об'єктів.

Переваги використання розробленої інформаційної системи для станції технічного обслуговування мотоциклетної техніки наведені нижче:

1. Комплексне обслуговування. Наявність кваліфікованих спеціалістів і сучасного обладнання дозволяє виконувати всі види робіт в одному місці, від базового ТО до складного ремонту, що економить час і забезпечує якість виконання [2].

2. Гарантії. СТО видає офіційний документ про здійснені роботи та використані запчастини, в тому числі заключає договори про співпрацю з юридичними особами (розрахунки в безготівковій формі та з ПДВ) [4].

3. Сучасна діагностика. Застосування передового діагностичного обладнання допомагає швидко та точно виявляти несправності, що дозволяє запобігати серйозним поломкам і скорочує час простою мотоцикла.

4. Індивідуальний підхід. Досвідчені майстри підбирають оптимальні рішення з урахуванням особливостей кожного мотоцикла, стилю їзди власника та його побажань, що робить сервіс максимально зручним і ефективним [3].

5. Додаткові послуги. СТО пропонують послуги тюнінгу, доопрацювання, сезонного зберігання або підготовки до змагань, що дозволяє власникам мотоциклів отримати повний спектр необхідного обслуговування в одному місці.

6. Зручне розташування. Розташування сервісу також має значення. Зручний доїзд та близькість до вашого дому чи роботи можуть значно полегшити процес обслуговування авто. Однак, не варто жертвувати якістю заради зручності [4]. Вибір надійного мото-СТО є ключовим фактором для довговічності та безпеки мотоцикла. Завдяки комплексному обслуговуванню, гарантіям, сучасній діагностиці та індивідуальному підходу власники байків можуть бути впевнені в якості виконаних робіт. Додаткові послуги роблять такі сервіси ще зручнішими.

7. Аналіз і систематизація видів ремонтних робіт у сфері обслуговування мотоциклетної техніки. Перед стартом мотосезону критично важливо ретельно перевірити технічний стан мотоцикла, щоб гарантувати безпечне використання та збільшити термін його служби.

Обслуговування мотоцикла включає в себе низку операцій, що зачіпають різні системи та деталі транспортного засобу: від заміни фільтрів та перевірки гуми до інспекції гальмівної системи та стану двигуна. Кожен етап підготовки важливий для безпеки мотоцикліста та ефективної роботи мототехніки.

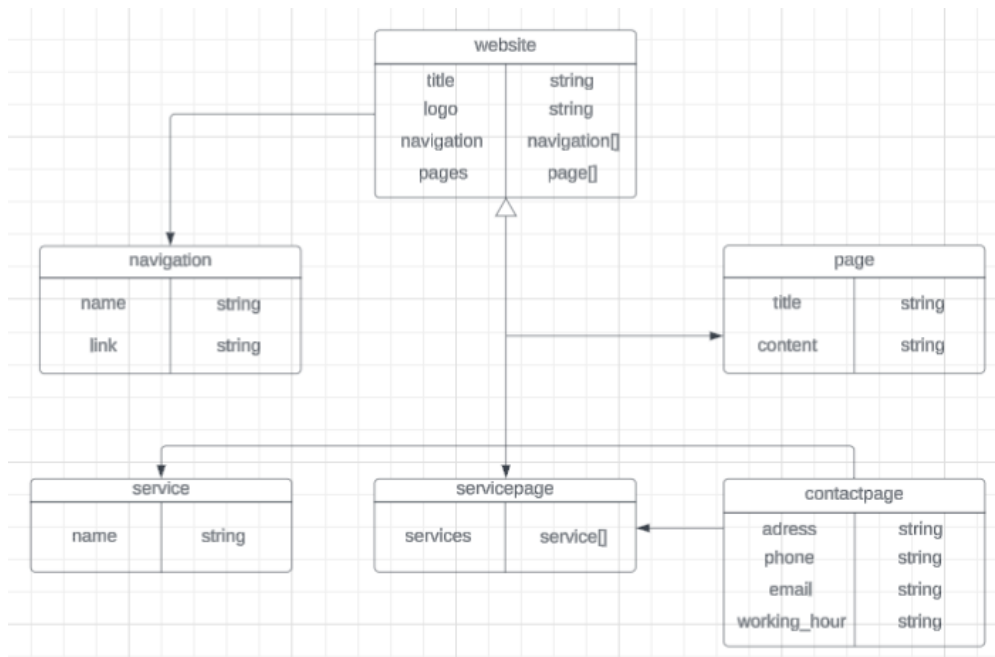


Рис. 1. Діаграма класів ІС для станції технічного обслуговування
мотоциклетної техніки
Джерело: опрацювання власне

Технології розроблення ІС: *HTML/CSS, Figma, JavaScript, VS Code, Wix*.

Перелік сервісних робіт ІС для станції технічного обслуговування мотоциклетної техніки :

1. Повітряний та паливний фільтри. Якщо з моменту попередньої заміни фільтрів пройшло достатньо часу, потрібно замінити їх на нові або провести очищення [5].

2. Перевірка шин є ключовим етапом, що передбачає оцінку зносу протектора, а також виявлення проколів, порізів або тріщин. У разі істотного зношення шин або виникнення сумнівів щодо їхньої цілісності, слід вжити заходів для їх заміни.

3. Візуальна перевірка двигуна. Перевірте двигун на наявність витоків олії та охолоджуючої рідини. Оцініть стан свічкових ковпачків, проводів і свічок запалювання – на них не повинно бути тріщин або інших ушкоджень. При заміні свічок доцільно використовувати деталі, які відповідають рекомендаціям виробника.

4. Ланцюг та зірки. Перевірте зірки та ланцюг мотоцикла на наявність зношування. Зверніть особливу увагу на ведучі зірки, оскільки їх стан безпосередньо впливає на ефективність передачі потужності від двигуна до коліс. [6]

5. Перевірте рівень масла в двигуні за допомогою щупа або оглядового віконця. Докладні вказівки щодо перевірки можна знайти в інструкції з експлуатації, що супроводжує кожну модель мотоцикла. Задовільний рівень масла є необхідним для ефективної роботи двигуна. Якщо виявлено нестачу або надлишок масла, треба долити або злити зайву оливу.

Регулярне технічне обслуговування мотоцикла є критично важливим етапом для забезпечення його ефективності та безпеки. Належний догляд сприяє своєчасному виявленню можливих проблем, запобіганню серйозних несправностей і забезпеченню комфортної експлуатації двоколісного транспорту. Підготовка до сезону та перевірка ключових систем мотоцикла не лише продовжують його термін служби, але й гарантують безпеку водія.

Анотація. Мета дослідницької роботи полягає у розробленні інформаційної системи для станції технічного обслуговування мотоциклетної техніки, яка забезпечить надання якісних послуг з діагностики, ремонту та обслуговування мотоциклетної техніки. Проект передбачає організацію безпечного, зручного та ефективного робочого простору, оснащеного необхідним обладнанням, відповідно до чинних норм і стандартів [7]. Основна ціль — забезпечити безперебійну роботу СТО, комфорт клієнтів та відповідність усім вимогам до таких об'єктів.

Ключові слова: дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, інформаційна система.

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем / О. О. Гриб'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.

4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
6. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

УДК 004.942:[3275

Дроботун О. В. (здобувач бакалаврату, 3 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ГРИ «THE DESCENT» ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Проектування і розроблення відеоігор є динамічним процесом, що включає проектування механік, створення взаємодій між об'єктами. Основна концепція ігрової програмної системи полягає у створенні ситуацій, які потребують нестандартного вирішення, перетворюючи кожен момент геймплею на своєрідну головоломку [1].

Метою дослідницької роботи є апробування методів об'єктно-орієнтованого програмування із виокремленням станів у процесі створення ігрової програмної системи «The Descent», що має користувацький інтерфейс, представлений у дослідженні. У процесі дослідження здійснено ґрунтовний аналіз і визначено високорівневі потреби та аналіз можливостей ігровий застосунок, розроблення зручної, ефективної програмної системи, в т.ч. створення ігрової вступної локації з елементами кат-сцени, кінематографічної

камери, динамічного освітлення, базової інтеракції з об'єктами та первинної структури для майбутньої гри в жанрі horror.

Використані інструменти та технології: Unreal Engine 5 є головним рушієм для створення сцени, кат-сцени, логіки та інтеракцій. Blueprint система використовується для реалізації логіки взаємодії, камери, анімацій. Level Sequencer використовується для створення кат-сцени з камерою і фіксацією рухів персонажа [2]. Megascans/Quixel Bridge використовується для імпорту матеріалів і текстур. Free Assets з Marketplace. У процесі дослідження створено ігрові локації (рис.1); імпортовано й розміщено 3D-об'єкти (моделі, світильники, стіни, пол тощо) (рис. 2); налаштовано динамічне освітлення [3]: затемнення кімнати, точкове освітлення, світло від ліхтаря; додано текстури до стін, стелі та підлоги і створено кат-сцену.



Рис. 1. Модуль ігрової програмної системи «The Descent»
Джерело: опрацювання власне



Рис. 2. Модуль ігрової програмної системи «The Descent»

Джерело: опрацювання власне

Після завершення сцени гравець повертається до геймплею; реалізовано зміну контролю після кат-сцени (рис. 3).

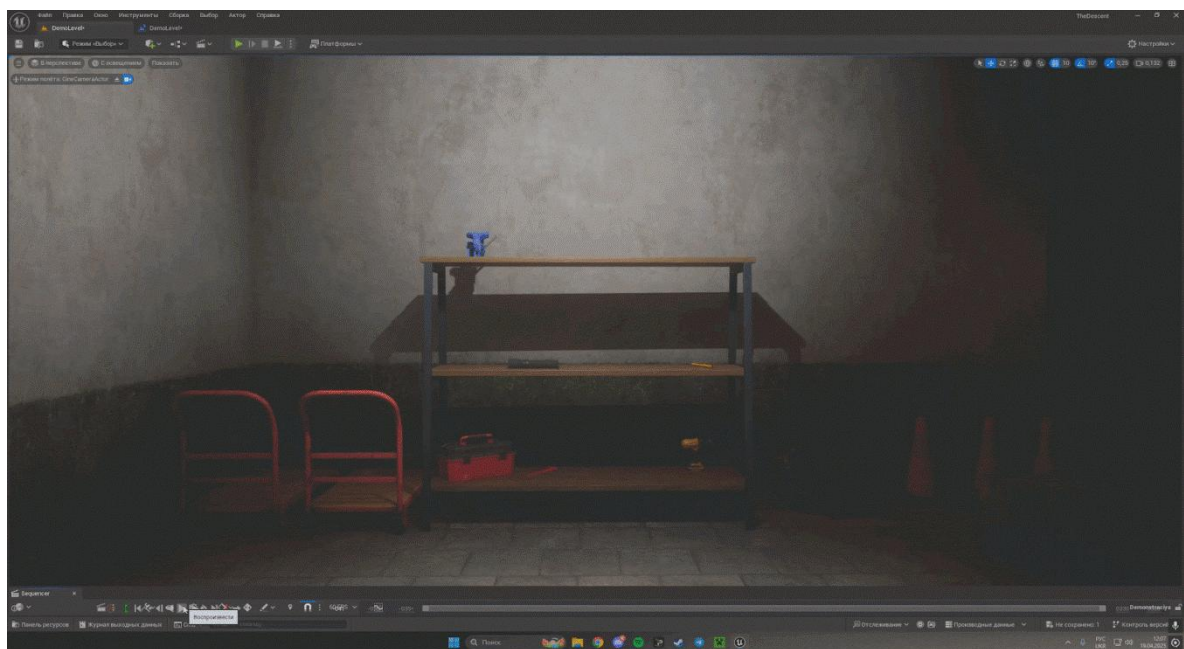


Рис. 3. Модуль ігрової програмної системи «The Descent»

Джерело: опрацювання власне

Головною особливістю ігрової програмної системи «The Descent» є необхідність стратегічного використання здібностей героя для досягнення бажаного результату [4]. Механіки гри вимагають від гравця постійної адаптації до змінних умов середовища та викликів, що виникають на рівнях.

Вплив на геймплей: механіки тісно пов'язані між собою і взаємно впливають на поведінку гри. Вони забезпечують не лише цікаву та адаптивну взаємодію гравця з навколишнім середовищем, але й підвищують емоційний вплив гри [5].

У дослідженні розглядаються теоретичні та практичні аспекти створення ІПС «The Descent», включаючи реалізацію основних механік, методи їх оптимізації [6] і перспективи подальшого розвитку. Аналіз отриманих результатів дозволить не лише оцінити ефективність запропонованих підходів, а й визначити можливості для подальшого покращення ігрового процесу [7]. Це допоможе сформувати більш комплексне розуміння структури гри та її потенційного розвитку в майбутньому.

Анотація. Розглядається приклад програмної реалізації ігрової програмної системи «The Descent» із використанням технологій об'єктно-орієнтованого програмування як інструментів для забезпечення розвитку майбутнього інженера. Метою дослідницької роботи є апробування методів ООП з виокремленням станів у процесі створення ігрового застосунку «Flower Dance», що має користувацький інтерфейс, представлений у дослідженні. У процесі дослідження здійснено ґрунтовний аналіз і визначено високорівневі потреби та аналіз можливостей ігрових програмних систем, розроблення зручної, ефективної програмної системи, в т.ч. створення ігрової вступної локації з елементами кат-сцени, кінематографічної камери, динамічного освітлення, базової інтеракції з об'єктами та первинної структури для майбутньої гри в жанрі horror.

Ключові слова: дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, варіативні моделі, ігрові застосунки в жанрі horror, AI, КОМСДН, The Descent, об'єктно-орієнтованого програмування.

Література

1. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.
2. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
3. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
4. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools,

[w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.

5. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.

6. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.

7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds). *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

УДК 004.942:[327

Єнко І.С. (здобувач бакалаврату, 4 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У ПРОЦЕСІ АНАЛІЗУ АВТОРСТВА ЛІТЕРАТУРНИХ ТЕКСТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Аналіз авторства літературних текстів є важливою задачею в багатьох галузях, включаючи літературознавство, криміналістику, історичні дослідження та навіть комп'ютерну безпеку. У наш час, коли цифрові технології набувають все більшого поширення, автоматизація цього процесу стає надзвичайно актуальною. Застосування об'єктно-орієнтованого програмування (ООП) у розробці алгоритмічного забезпечення для аналізу авторства дозволяє створювати гнучкі, масштабовані та ефективні програмні рішення [1].

У дослідженні розглядаються особливості проектування і розроблення програмної системи для аналізу авторства літературних текстів з використанням методів об'єктно-орієнтованого програмування. Система дозволяє автоматизувати процес визначення автора тексту на основі аналізу

його стилістичних та лексичних характеристик, що може бути корисним у різних наукових та практичних сферах.

Архітектура програми для аналізу авторства літературних текстів з використанням алгоритму Bag of Words включає такі компоненти: *інтерфейс користувача; модуль читання тексту; модуль токенізації; модуль побудови Bag of Words; модуль аналізу авторства; модуль візуалізації результатів. бібліотеки та інструменти; тестувальний модуль.* Архітектура побудована у вигляді модульної системи, де кожен модуль відповідає за свою конкретну функціональність і має чітко визначені інтерфейси для взаємодії з іншими модулями [2]. Це дозволяє полегшити розробку, тестування та підтримку програми шляхом розділення її на окремі логічні компоненти.

Для розробки класів та методів у програмному забезпеченні для аналізу авторства літературних текстів з використанням алгоритму Bag of Words (BoW) передбачена структура класів та методів:

Клас 'TextAnalyzer': Метод `'__init__(self)'`: Конструктор класу, де можна ініціалізувати змінні для зберігання тексту, словника Bag of Words та інших параметрів. Метод `'load_text(self, text)'`: Метод для завантаження тексту для аналізу. Текст може бути переданий у вигляді рядка. Метод `'tokenize_text(self)'`: Метод для токенізації тексту на слова або токени. Метод `'build_bow(self)'`: Метод для побудови Bag of Words для завантаженого тексту. Метод `'analyze_authorship(self, other_text)'`: Метод для аналізу авторства. Приймає інший текст для порівняння з завантаженим текстом.

Клас 'BowBuilder': Метод `'__init__(self)'`: Конструктор класу для побудови Bag of Words. Метод `'add_document(self, text)'`: Метод для додавання тексту для побудови Bag of Words. Метод `'build_bow(self)'`: Метод для побудови Bag of Words на основі доданих текстів.

Клас 'SimilarityCalculator': Метод `'__init__(self)'`: Конструктор класу для розрахунку схожості між Bag of Words. Метод `'cosine_similarity(self, bow1, bow2)'`: Метод для розрахунку косинусної схожості між двома Bag of Words.

```

1  -#include <iostream>
2  -#include <string>
3  -#include <vector>
4  -#include <map>
5  -#include <cmath>
6
7  -class BagOfWords {
8  private:
9      std::map<std::string, int> bow;
10
11 public:
12     - void addWord(const std::string& word) {
13         bow[word]++;
14     }
15
16     - double cosineSimilarity(const BagOfWords& other) const {
17         double dotProduct = 0.0;
18         double mag1 = 0.0;
19         double mag2 = 0.0;
20
21         for (const auto& pair : bow) {
22             const std::string& word = pair.first;
23             int count1 = pair.second;
24             int count2 = other.bow.at(word);
25
26             dotProduct += count1 * count2;
27             mag1 += count1 * count1;
28             mag2 += count2 * count2;
29         }
30
31         mag1 = std::sqrt(mag1);
32         mag2 = std::sqrt(mag2);
33
34         if (mag1 == 0 || mag2 == 0) {
35             return 0.0; // Prevent division by zero
36         }
37
38         return dotProduct / (mag1 * mag2);
39     }
40 };
41
42 -int main() {
43     BagOfWords document1, document2;
44
45     // Додавання слів у Bag of Words для першого документу
46     document1.addWord("apple");
47     document1.addWord("banana");
48     document1.addWord("orange");
49
50     // Додавання слів у Bag of Words для другого документу
51     document2.addWord("apple");
52     document2.addWord("banana");
53     document2.addWord("kiwi");
54
55     // Розрахунок косинусної схожості
56     double similarity = document1.cosineSimilarity(document2);
57     std::cout << "Cosine Similarity: " << similarity << std::endl;
58
59     return 0;
60 }
61

```

Для розробки алгоритмів у програмному забезпеченні для аналізу авторства літературних текстів з використанням алгоритму Bag of Words, можна розглянути такі основні алгоритми:

Алгоритм побудови Bag of Words (BoW): приймає текстовий документ та повертає Bag of Words, який містить слова з документа та їх кількість входжень.

Алгоритм розрахунку косинусної схожості: приймає два Bag of Words та розраховує косинусну схожість між ними, що дозволяє визначити ступінь схожості між двома текстами.

Алгоритм аналізу авторства: використовує побудовані Bag of Words для різних текстів та розраховує схожість або відмінність між ними для визначення можливого авторства.

Програмна реалізація цих алгоритмів може бути здійснена за допомогою структур даних, таких як масиви, хеш-таблиці, а також математичних операцій для обчислення косинусної схожості [3]. Програмна реалізація ПС на C++ для аналізу авторства літературних текстів з використанням Bag of Words (BoW).

Алгоритм побудови Bag of Words:

```
1  #include <iostream>
2  #include <string>
3  #include <unordered_map>
4  #include <vector>
5  #include <sstream>
6
7  class BagOfWords {
8  private:
9      std::unordered_map<std::string, int> bow;
10
11  public:
12      void addWord(const std::string& word) {
13          bow[word]++;
14      }
15
16      const std::unordered_map<std::string, int> getBow() const {
17          return bow;
18      }
19  };
20
21  int main() {
22      BagOfWords bow;
23      std::string text = "This is a sample text for Bag of Words example";
24
25      std::stringstream ss(text);
26      std::string word;
27      while (ss >> word) {
28          bow.addWord(word);
29      }
30
31      const auto& bowMap = bow.getBow();
32      for (const auto& pair : bowMap) {
33          std::cout << pair.first << " : " << pair.second << std::endl;
34      }
35
36      return 0;
37  }
```

Консоль отладки Microsoft Visual Studio

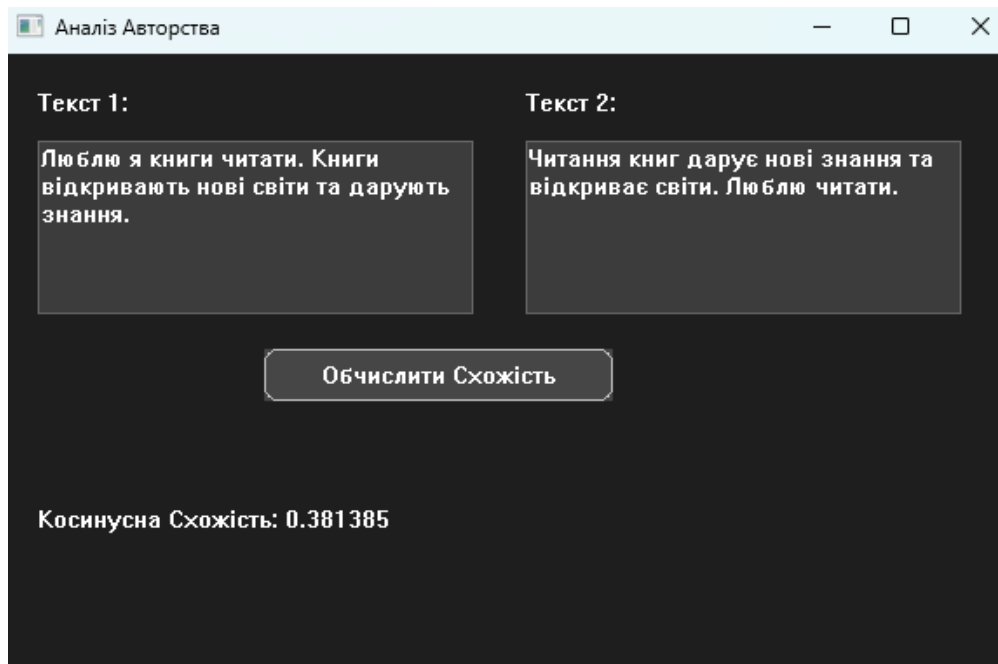
Bag: 1
This: 1
is: 1
a: 1
sample: 1
text: 1
of: 1
for: 1
Words: 1
example: 1

C:\Users\zxskurayami\source\repos\...
кодом 0.
Нажмите любую клавишу, чтобы закрыть.

Алгоритм розрахунку косинусної схожості:

```
1  #include <iostream>
2  #include <unordered_map>
3  #include <cmath>
4  #include <vector>
5
6  class BagOfWords {
7  private:
8      std::unordered_map<std::string, int> bow;
9
10  public:
11      void addWord(const std::string& word) {
12          bow[word]++;
13      }
14
15      double cosineSimilarity(const BagOfWords& other) const {
16          double dotProduct = 0.0;
17          double mag1 = 0.0;
18          double mag2 = 0.0;
19
20          for (const auto& pair : bow) {
21              const std::string& word = pair.first;
22              int count1 = pair.second;
23              int count2 = other.bow.at(word);
24
25              dotProduct += count1 * count2;
26              mag1 += count1 * count1;
27              mag2 += count2 * count2;
28          }
29
30          mag1 = std::sqrt(mag1);
31          mag2 = std::sqrt(mag2);
32
33          if (mag1 == 0 || mag2 == 0) {
34              return 0.0; // Prevent division by zero
35          }
36
37          return dotProduct / (mag1 * mag2);
38      }
39  };
40
41  int main() {
42      BagOfWords document1, document2;
43      document1.addWord("apple");
44      document1.addWord("banana");
45      document1.addWord("orange");
46
47      document2.addWord("apple");
48      document2.addWord("banana");
49      document2.addWord("kiwi");
50
51      double similarity = document1.cosineSimilarity(document2);
52      std::cout << "Cosine Similarity: " << similarity << std::endl;
53
54      return 0;
55  }
```

У рамках дослідження пропонується реалізація Bag of Words та розрахунок косинусної схожості на мові програмування C++ [5].



Анотація. У дослідженні розглядаються особливості проектування і розроблення програмної системи для аналізу авторства літературних текстів з використанням методів об'єктно-орієнтованого програмування. Система дозволяє автоматизувати процес визначення автора тексту на основі аналізу його стилістичних та лексичних характеристик, що може бути корисним у різних наукових та практичних сферах.

Ключові слова: варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, нейронні моделі, КОМСДН, інформаційна система, AI, аналіз авторства літературних текстів.

Література

1. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
2. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
3. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
4. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.

5. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.

УДК 004.942:[3275

Коломієць В. С. (здобувач бакалаврату, 4 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О.
Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБЛЕННЯ ЧАТ-БОТІВ НА ПЛАТФОРМІ TELEGRAM ДЛЯ ІГРОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

У рамках дослідження реалізовано Telegram-бота, основною метою якого є інформування користувачів про актуальні знижки на відеоігри в магазині Steam. У процесі виконання роботи проведено детальний аналіз можливостей платформи Telegram, а також технологій, що дозволяють створювати сучасні, функціональні та зручні у використанні чат-боти [1].

На першому етапі було сформовано функціональні та нефункціональні вимоги до системи [2]. Бот повинен був бути інтуїтивно зрозумілим, зручним у використанні та візуально привабливим. Він мав відображати ключову інформацію про гру: назву, ціну до та після знижки, відсоток знижки, а також медіа контент (відео або зображення). Крім цього, реалізовано можливість автоматичного надсилання повідомлень про нову гру щогодини, що дозволяє користувачам постійно отримувати актуальні пропозиції.

На етапі розробки було використано мову програмування Python та бібліотеку TelegramBotAPI, яка забезпечила зручну інтеграцію з Telegram Bot API. Отримання інформації про ігри реалізовано через офіційні API Steam: featured та featuredcategories, що дозволило зосередитись саме на актуальних іграх зі знижками. Було реалізовано систему фільтрації ігор з урахуванням української локалізації, наявності знижки та доступності мультимедійного контенту. Отримані дані структуруються у форматі, зручному для подальшої обробки ботом, що дозволило забезпечити стабільну роботу системи [3].

Після реалізації усіх необхідних функцій бот було розгорнуто на платформі PythonAnywhere, де було налаштовано автоматичний запуск скрипта та створено фонове завдання для регулярного надсилання ігор користувачам.

Тестування є невід’ємною частиною розробки програмного забезпечення, оскільки воно дозволяє переконатися, що система працює згідно з вимогами та очікуваннями користувача. Для Telegram-ботів особливо зручно здійснювати тестування безпосередньо у середовищі, де вони використовуються, тобто у самому Telegram. У процесі тестування було перевірено, як бот реагує на команди, обробляє запити, надсилає медіа та відображає інформацію про знижки. Процес взаємодії з ботом демонструється нижче. На початку користувач знаходить бота в Telegram за ім’ям @SteamDiscBot та відкриває його. Цей етап представлено на рисунку 1.

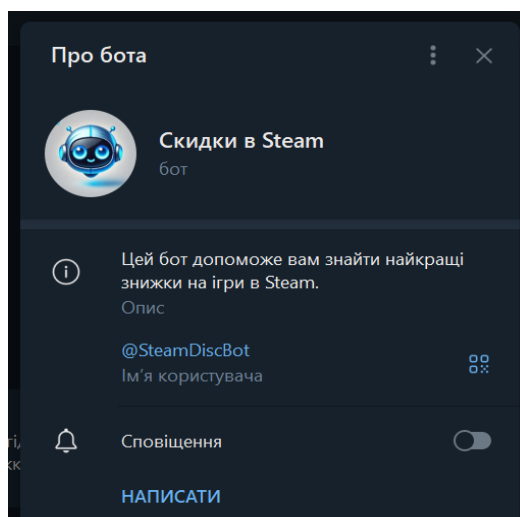


Рис. 1. Прототип головної екранної форми про бота в Telegram

Джерело: опрацювання власне

Після додавання бота до контактів, користувач може почати з ним взаємодію, надіславши стандартну команду /start. Ця команда ініціалізує запуск сесії та дозволяє ботові «розпізнати» користувача [4]. У відповідь на це бот надсилає коротке привітання із поясненням свого призначення та пропонує інтерфейс з кнопкою для подальших дій (рис. 2).

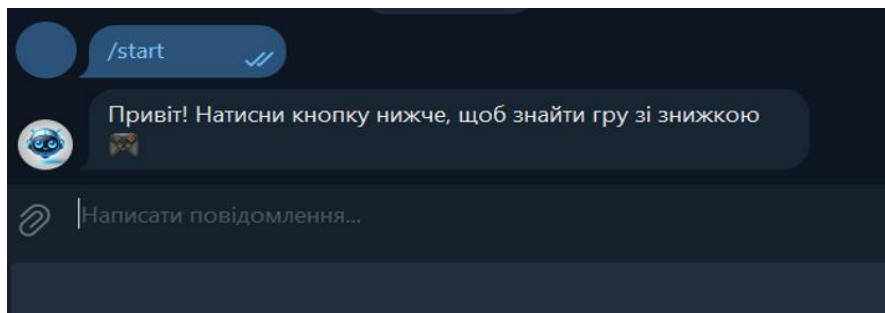


Рис. 2. Початок роботи з ботом після натискання
Джерело: опрацювання власне

Кнопка з підписом «Знайти гру» є основним інструментом взаємодії користувача з ботом. Натискаючи її, користувач надсилає команду на пошук нової гри зі знижкою. Бот у відповідь генерує динамічне повідомлення з актуальною пропозицією на ігрову продукцію зі Steam. Повідомлення може містити або трейлер гри, добірку зображень, що дає змогу візуально ознайомитись із проєктом. Окрім медіа, повідомлення включає: стилізовану назву гри; початкову ціну без знижки; знижку; вартість. Якщо користувач натисне на кнопку «Перейти в Steam», Telegram автоматично відкриє браузер за вказаним посиланням і переадресує користувача на сторінку в Steam (рис. 3).



Рис. 3. Відповідь бота з відомостями про гру
Джерело: опрацювання власне

Безперечно, можна переглянути додаткові характеристики проекту, ознайомитись із системними вимогами, скріншотами, відео оглядами або ж одразу придбати гру зі знижкою.

На основі проведеного тестування можна зробити висновок, що всі основні функції бота, включаючи взаємодію з користувачем, завантаження актуальних ігор зі знижками, відправку мультимедійного контенту, та можливість переходу до магазину працюють відповідно до вимог. Тому тестування можна вважати успішно пройденим.

У результаті виконання роботи: створено Telegram-бота з підтримкою мультимедійного контенту та автоматичної розсилки; реалізовано сучасний підхід до збору даних із зовнішнього API; протестовано всі функції бота, що підтвердило його стабільну та коректну роботу [5]; забезпечено зручний користувацький інтерфейс з кнопками та інтерактивними повідомленнями; отримано досвід розгортання бота на віддаленому сервері.

Анотація. *ІТ-освіта є одним з інструментів підготовки фахівців майбутнього, здатних креативно мислити та створювати інформаційні аналітичні програмні системи. Розглядається приклад програмної реалізації чат-ботів на платформі Telegram для ігрової діяльності. Telegram-бот повністю виконує покладені на нього функції та може бути використаний як повноцінний інструмент для моніторингу знижок у Steam. Результати роботи демонструють перспективність застосування чат-ботів у сфері інформування та автоматизації користувацьких запитів.*

Ключові слова: *інформаційна система, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, технології розроблення чат-ботів, Python.*

Література

1. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
2. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
3. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.

4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. Innovations in Mechatronics Engineering II. 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. 2022.

5. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

УДК 004.942:[327

Копчун Д. С. (здобувач бакалаврату, 4 курс),
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О.
Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

Сучасні інформаційні системи (ІС) для навчання є ключовим інструментом у забезпеченні ефективного засвоєння знань, зокрема у сфері комп'ютерної графіки [1]. Вони базуються на інтеграції інтерактивних технологій, адаптивних методик та користувацько-орієнтованих інтерфейсів, що відповідають вимогам цифрової епохи. Основними підходами до створення ІСН є модульність, інтерактивність, персоналізація і підтримка мультимедійного контенту.

Модульність дозволяє структурувати навчальний матеріал на окремі блоки (уроки, тести, завдання), що полегшує навігацію та послідовне засвоєння знань. У розробленій системі це реалізовано через поділ на уроки з текстовими матеріалами, відео, зображеннями та тестами, що відповідає принципам мікронавчання. «Інтерактивність» забезпечується можливістю активної взаємодії користувача з контентом [2]: студенти можуть проходити тести, завантажувати завдання, спілкуватися з викладачами через чат. Такий підхід сприяє підвищенню залученості та мотивації.

Персоналізація навчання реалізується через адаптацію системи до ролей користувачів (студент/викладач) та відстеження прогресу [3]. Наприклад, система фіксує завершені уроки, результати тестів і оцінки за завдання,

надаючи студенту зворотний зв'язок, а викладачу – аналітику. Використання мультимедійного контенту, як-от відеоуроки з YouTube чи растрові/векторні зображення, відповідає сучасним вимогам до наочності та доступності матеріалів.

Технологічно ІСН базуються на веб-архітектурі клієнт-сервер, що забезпечує доступність через браузер та масштабованість. У наведеній реалізації використано Streamlit для клієнтської частини та Flask для серверної, що дозволяє ефективно обробляти запити, зберігати дані в SQLite та забезпечувати безпеку через JWT-аутентифікацію. Такі системи також інтегрують принципи гейміфікації та адаптивного навчання, що сприяє індивідуалізації освітнього процесу [4]. Сучасні ІСН для навчання комп'ютерної графіки поєднують технологічні інновації та педагогічні підходи, створюючи гнучке, інтерактивне та персоналізоване середовище, яке відповідає потребам користувачів і сприяє ефективному опануванню складних дисциплін.

Мета дослідницької роботи полягає у розробленні інформаційної системи для вивчення комп'ютерної графіки у відповідності до принципів візуалізації і конструювання середовища з урахуванням об'єктно орієнтованих підходів. Архітектура інформаційної системи побудована за клієнт-серверною моделлю, що забезпечує чіткий розподіл між інтерфейсом користувача та серверною логікою [5]. Діаграма компонентів (рис. 1) ілюструє структуру системи вивчення комп'ютерної графіки, показуючи взаємодію між клієнтським інтерфейсом (Streamlit), сервером (Flask REST API) та базою даних (SQLite) для реалізації аутентифікації, управління уроками, тестами, прогресом, чатом і завантаженням файлів.

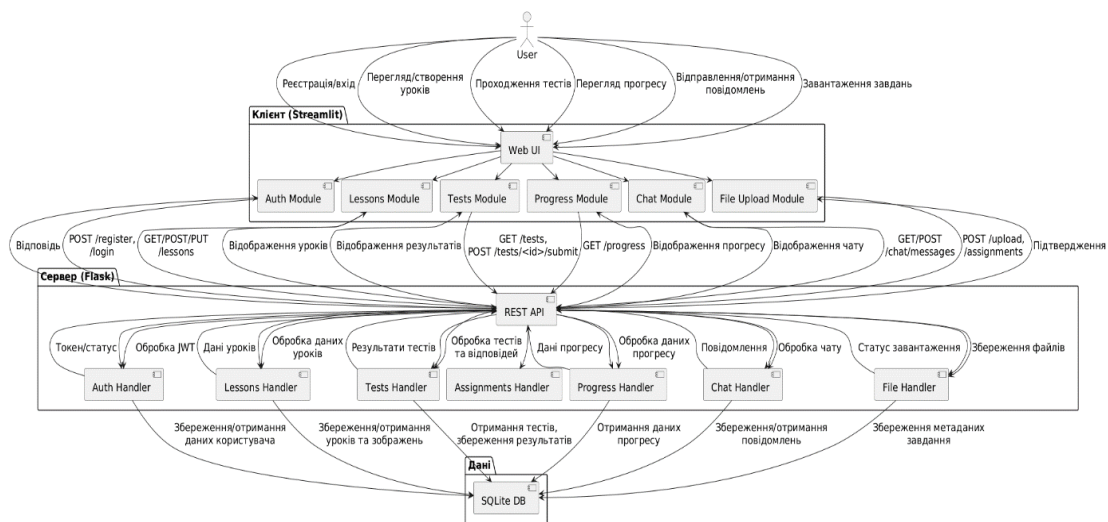


Рис. 1. Діаграма компонентів ІС для вивчення комп'ютерної графіки

Джерело: опрацювання власне

Система складається з трьох основних компонентів: клієнтської частини, серверної частини та бази даних. Для ініціалізації бази даних створено скрипт `seed.py`, який заповнює її тестовими даними (користувачі, уроки, тести, прогрес, повідомлення). Для наочного представлення структури програми розроблено блок-схему (рис. 2), яка відображає основні компоненти системи та їх взаємодію. Блок-схема відображає взаємодію між користувачем, клієнтською та серверною частинами системи [6].

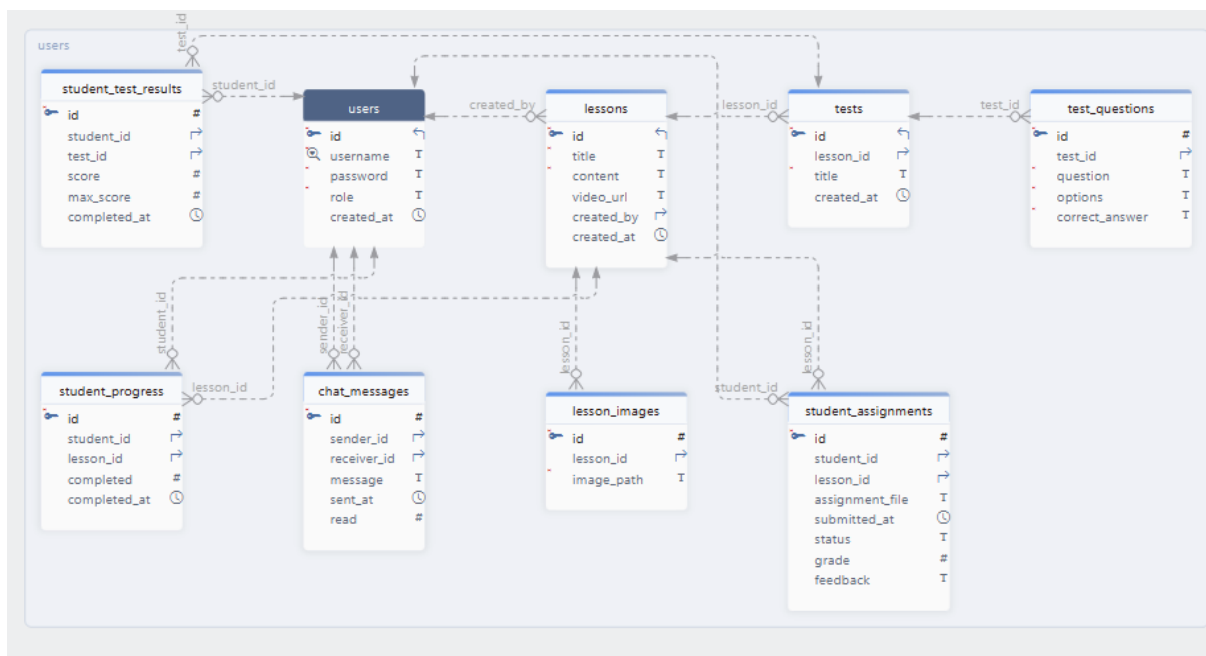


Рис 2. Ескізний проект ІС для вивчення комп'ютерної графіки

Джерело: опрацювання власне

Користувач взаємодіє з інтерфейсом, створеним на базі Streamlit, який обробляє введення та формує HTTP-запити до сервера. Серверна частина,

побудована на Flask, приймає запити через REST API, обробляє їх за допомогою бізнес-логіки, звертається до бази даних SQLite для збереження чи отримання даних, а також взаємодіє з файловим сховищем для роботи з мультимедійними матеріалами. Схема підкреслює модульність системи та чіткий розподіл функціональних компонентів, що сприяє зрозумілості та легкості підтримки.

Розроблення інформаційної системи для вивчення комп'ютерної графіки стало важливим кроком у створенні ефективного інструменту для забезпечення інтерактивного та структурованого освітнього процесу. Метою проєкту було створення платформи, яка інтегрує мультимедійний контент, автоматизоване оцінювання та комунікаційні інструменти, що було успішно реалізовано завдяки застосуванню клієнт-серверної архітектури, сучасних технологій (Streamlit, Flask, SQLite) та педагогічних підходів [7]. Система забезпечує модульність, інтерактивність і персоналізацію навчання, дозволяючи студентам опановувати складні концепції комп'ютерної графіки через структуровані уроки, тести та практичні завдання, а викладачам – ефективно управляти навчальним контентом і моніторити прогрес.

Анотація. Найвагомішими практичними результатами є створення інтуїтивного веб-інтерфейсу, який підтримує аутентифікацію з використанням JWT-токенів, управління уроками з мультимедійним контентом, автоматичне оцінювання тестів, відстеження прогресу та комунікацію через чат. Проведене комплексне тестування підтвердило стабільність, безпеку та відповідність системи вимогам, а поетапне впровадження забезпечило її адаптацію до реальних умов. Мета дослідницької роботи полягає у розробленні інформаційної системи для вивчення комп'ютерної графіки у відповідності до принципів візуалізації і конструювання середовища з урахуванням об'єктно орієнтованих підходів. Система не лише сприяє підвищенню ефективності навчання, але й формує модель для створення інших освітніх платформ, демонструючи вдале поєднання технологічних інновацій із потребами цифрової освіти.

Ключові слова: геймдизайн орієнтований підхід, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, інформаційна система, комп'ютерна графіка, об'єктно орієнтоване програмування.

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем / О. О. Гриб'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.
4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
6. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

УДК 004.942

Коротєєва В. І. (здобувач бакалаврату, 3 курс)

Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ГРИ «ЗНАЙДИ ПАРУ» З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Сучасні інформаційні технології відіграють важливу роль у розвитку навчальних та розвиваючих програм для дітей. Одним із напрямів є розроблення «інтерактивних» логічних ігор, які сприяють розвитку пам'яті, уваги та когнітивних здібностей учнів. Однією з таких ігрових систем є ігрова

програмна система «Знайди пару», що ефективно використовується для тренування зорової пам'яті та концентрації уваги учнів [1].

Мета дослідницької роботи полягає у здійсненні ґрунтовного аналізу технологій розроблення комп'ютерних ігор як засобу дослідницького навчання і розроблення гри «Знайди пару» з використанням технології об'єктно орієнтованого програмування (рис. 1).

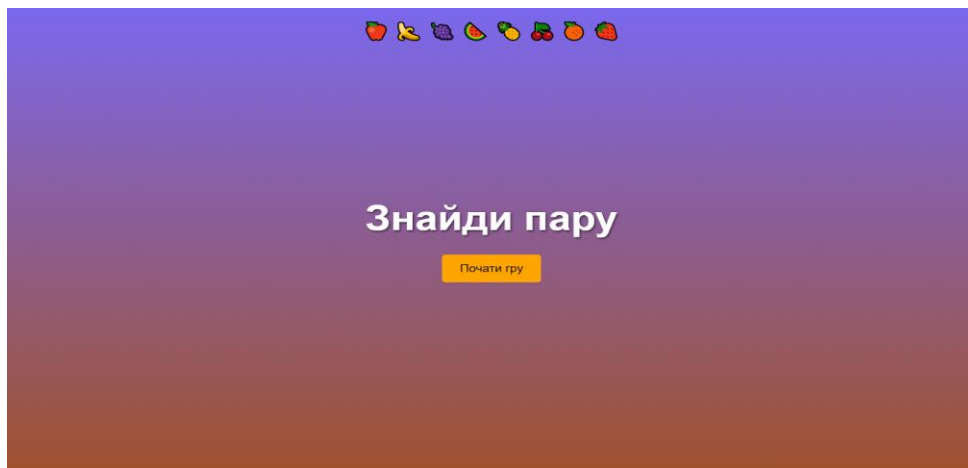


Рис. 1. Прототип головної екранної форми гри «Знайди пару»

Джерело: опрацювання власне

Гравець має на екрані набір типових дидактичних карток (рис. 2).

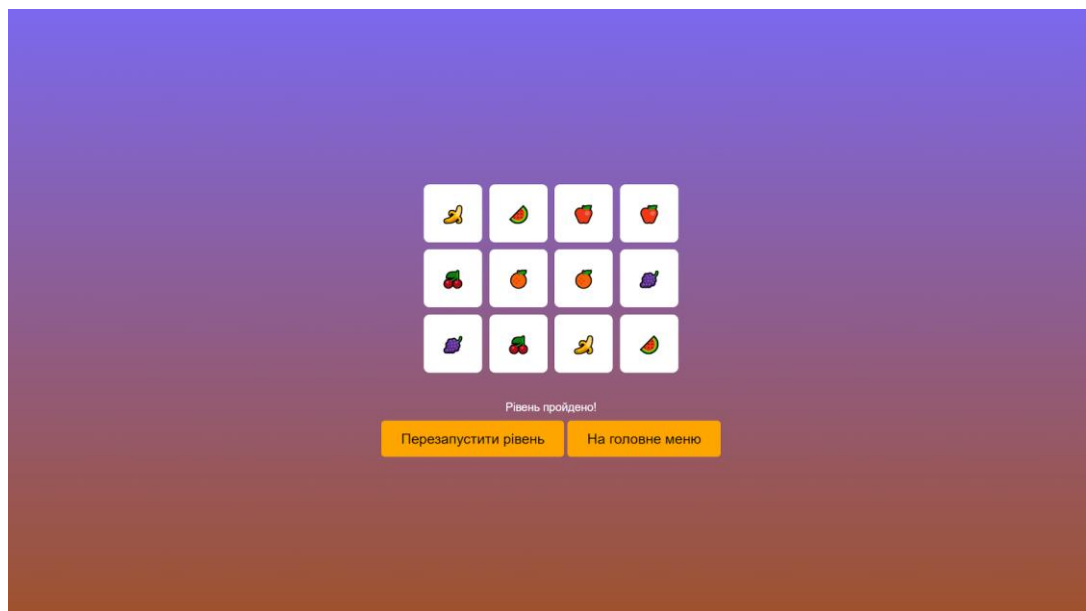


Рис. 2. Прототип екранної форми ігрового поля ІПС «Знайди пару»

Джерело: опрацювання власне

Завдання гравця полягає у відкриванні двох карток за один хід і знаходженні пари однакових карток, використовуючи різноманітні евристики [2]. Кожен рівень має кілька карток з різними темами, наприклад,

фруктами. Кожен рівень стає складнішим (рис. 3) шляхом збільшення кількості карток або збільшення різних варіантів для здійснення пошуку пари [3].



Рис. 3. Прототип екранної форми обрання рівнів ІПС «Знайди пару»

Джерело: опрацювання власне

Кожен гравець сам може вибирати рівень та перезапускати ігрову програмну систему. Адаптивний дизайн підходить як для мобільних пристроїв [4] так і для персонального комп'ютера [5]. Для веб-версії: доступ до Інтернету та браузера (Chrome, Firefox, Safari, Edge).

У рамках дослідження із використанням ігрової програмної системи «Знайди пару» вдалося ефективно навчити дітей знаходити та називати предмети, які мають пару, а також визначати їх призначення, розвивати уважність, пам'ять, комунікативне мовлення, математичне мислення, увагу та швидкість реакції учнів [6].

Анотація. Сучасні інформаційні технології відіграють важливу роль у розвитку навчальних та розвиваючих програм для дітей. Одним із напрямів є розроблення «інтерактивних» логічних ігор, які сприяють розвитку пам'яті, уваги та когнітивних здібностей учнів. Мета дослідницької роботи полягає у здійсненні ґрунтовного аналізу технологій розроблення комп'ютерних ігор як засобу дослідницького навчання [7] і розроблення гри «Знайди пару» з використанням технології об'єктно орієнтованого програмування.

Ключові слова: комп'ютерна гра, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, дидактична гра, IVR, AI, КОМСДН, ООП.

Література

1. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.
2. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.
3. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
4. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
6. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
7. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.

УДК 004.942:[327

Красько К. В. (здобувач бакалаврату, 4 курс)

Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВІЗУАЛЬНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА РЕКЛАМНОГО СУПРОВОДУ ПАРФУМЕРНО- КОСМЕТИЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА

В сучасному світі парфумерно-косметична індустрія займає провідне місце в прибутковості серед усіх індустрій. Мета дослідницької роботи полягає у розробленні інформаційної системи візуальної ідентифікації та рекламного супроводу парфумерно-косметичного підприємства у відповідності до

принципів візуалізації і конструювання середовища з урахуванням дизайн орієнтованих підходів [1].

У рамках дослідження проведено опитування щодо створених в цій роботі інтерфейсів [2]. Було взято групу людей, які тестували інтерфейс та відповідали на питання. На основі відповідей була проведена ітерація дизайну та проведено останнє опитування, ціль якого дійти до максимально комфортного для користувача інтерфейсу [3].

Дослідження стануть важливим інструментом і посібником для створення інформаційних систем (ІС) парфумерно-косметичної індустрії. Проаналізувавши існуючі матеріали по цій темі, було виявлено, що більшість посібників мають поверхневе описання правил та методологій створення таких ІС [4]. На зараз, дуже мало матеріалів описують як проводити комп'ютерно орієнтовані дослідження, як проводити опитування саме в парфумерно-косметичній індустрії та як аналізуючи результати досліджень та опитувань створити ІС, яка буде створена на основі потреб користувачів [5].

У рамках дослідження ґрунтовно прописано правила дизайну, було розглянуто як створюється дизайн інтерфейсу на основі проведення безліч експериментів у парфумерно-косметичній індустрії [6].

У рамках дослідження пропонуються результати опитування користувачів у контексті створених інтерфейсів пропонованих ІС. Результати опитування збираються та аналізуються, а на їх основі проводиться етап ітерації – зміни в дизайні базуючись на відповідях та потребах користувачів [7]. Після закінчення ітерації проводиться повторне опитування з новим дизайном і аналізуються результати до і після ітерації.

Основні результати роботи:

1. Здійснено ґрунтовний аналіз правил використання дизайну в процесі створення ІС
2. Розглянуто інструментарій і розроблено методичні аспекти проектування і створення ІС парфумерно-косметичної індустрії.

4. Здійснено опитування користувачів щодо оптимізації створеної ІС з урахуванням дизайн орієнтованого підходу.

5. Проведено ітерації в дизайні з урахуванням відповідей користувачів.

Анотація. У сучасному світі парфумерно-косметична індустрія займає провідне місце в прибутковості серед усіх індустрій. Мета дослідницької роботи полягає у розробленні інформаційної системи візуальної ідентифікації та рекламного супроводу парфумерно-косметичного підприємства у відповідності до принципів візуалізації і конструювання середовища з урахуванням дизайн орієнтованих підходів.

Ключові слова: дизайн орієнтований підхід, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, інформаційна система.

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем / О. О. Гриб'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.
4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
6. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

Кукла М. Р. (здобувач бакалаврату, 4 курс)

Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ОБ'ЄКТУ НА ПЛОЩИНІ

Задача планування траєкторії руху об'єкта на площині зводиться до пошуку маршруту від заданого початкового положення до цільового, який не перетинається з перешкодами на шляху. Інакше кажучи, необхідно знайти послідовність переміщень, що дозволяє об'єкту досягти мети, оминаючи всі стаціонарні перепони [1]. Така постановка є типовою для робототехніки, систем навігації та ігор, де важливо забезпечити безпечний рух без зіткнень. Наявність перешкод значно ускладнює побудову траєкторії: якщо шлях вільний, об'єкт може рухатися найкоротшим маршрутом, але у випадку перепон виникає потреба в алгоритмічному обході перешкод [2].

Мета дослідницької роботи полягає у розробленні програмного модуля планування траєкторії руху об'єкта на площині у відповідності до принципів візуалізації і конструювання ігрового середовища з урахуванням геймдизайн орієнтованих підходів. У загальному випадку траєкторія може бути прямолінійною або криволінійною, залежно від розташування перепон та вимог до оптимальності шляху. Відомі різні підходи для розв'язання подібних задач – від пошуку шляху на графах (алгоритми Dijkstra, A*) до методів штучного інтелекту та потенційних полів – проте всі вони мають спільну мету: уникнути колізій та знайти ефективний маршрут у заданому середовищі.

Для розроблюваного програмного модуля планування траєкторії формуються чіткі вимоги до його функціональності. Модуль повинен дозволяти задавати початкову та кінцеву координати об'єкта на площині, а також конфігурацію середовища, зокрема розміщення перешкод (статичних об'єктів, яких необхідно уникати). На основі цих вхідних даних система має

автоматично розрахувати траєкторію руху – послідовність відрізків або кривих на площині, що з'єднує старт і фініш без перетину областей перешкод. Важливим функціональним елементом є забезпечення оптимальності або раціональності шляху (наприклад, мінімальної довжини або часу руху за умови обходу всіх перепон) [3]. Окрім розрахунку маршруту, модуль має візуалізувати отриману траєкторію у зручній формі – наприклад, графічно відобразити шлях на двовимірному полі зі вказаними перешкодами та ключовими точками маршруту. Користувач повинен мати можливість змінювати конфігурацію (переставляти або додавати перешкоди, змінювати початкову/кінцеву точку) та отримувати оновлений маршрут у інтерактивному режимі. Таким чином, основні функції застосунку включають: введення даних середовища, обчислення колізійно-вільної траєкторії та відображення результату.

Особливу увагу приділено вимогам до програмної платформи та сумісності розробки. Обрано технологію веб-застосунку, що працює у браузері і не потребує спеціального серверного оточення. Для реалізації використовується стандарт HTML5, зокрема можливості елементу `<canvas>` для графічного відображення, та сучасна версія мови JavaScript – ECMAScript 6. Сучасні браузери підтримують специфікацію HTML5 [4], а стандарт ECMAScript 6 (ES6) повністю реалізований у актуальних версіях Chrome, Firefox, Safari, Edge та інших (за виключенням застарілого Internet Explorer) [5]. Отже, розроблений веб-застосунок сумісний з більшістю популярних оглядачів без додаткових плагінів. Застосунок працює локально на боці клієнта, тобто всі обчислення траєкторії виконуються у браузері користувача. Такий підхід забезпечує автономність роботи (немає залежності від серверу або мережевого з'єднання) та підвищує швидкість відгуку системи при взаємодії з користувачем.

Зазначений програмний модуль планування траєкторії руху на площині з уникненням перешкод є складовою частиною прикладного програмного забезпечення, що розробляється. Сформульовані вимоги та описане завдання

служать основою для подальшої реалізації. У наступних підрозділах буде представлено детальний проєкт рішення у вигляді необхідних схем та структур: зокрема, буде наведено таблиці із параметрами середовища і маршруту, діаграми компонентів системи та блок-схеми алгоритмів планування. Ці матеріали підготовано в межах даної роботи для забезпечення чіткої та однозначної реалізації поставленого завдання.

Перш ніж перейти до особливостей реалізації модуля, розглянемо суть його завдання. Траєкторія руху – це уявна лінія, яку описує в просторі точка, що рухається. В контексті даного проєкту йдеться про траєкторію об'єкта на площині (двовимірній області) [6]. Модуль планування траєкторії призначений для інтерактивного побудування такої лінії (через задані ключові точки) та анімації рухомого об'єкта вздовж неї. Програмний модуль реалізовано як веб-додаток, що працює безпосередньо у браузері. Це дозволяє використовувати стандартні засоби HTML, CSS та JavaScript для створення інтерфейсу і графічного відображення маршруту. Обрана платформа є крос-браузерною і базується на відкритих веб-стандартах, завдяки чому розроблене рішення є незалежним від конкретних операційних систем. Згідно з рекомендаціями World Wide Web Consortium, стандарти HTML та CSS разом із API браузера (зокрема Canvas) становлять єдину відкриту платформу для розробки застосунків. Таким чином, використання браузерних технологій для планування траєкторії є обґрунтованим вибором.

Файлова структура модуля відповідає принципам розділення представлення, стилів та логіки. Проєкт складається з основного HTML-файлу, файлу стилів CSS та JS-скрипту, які організовані у відповідних директоріях. Зокрема, HTML-файл містить розмітку інтерфейсу користувача (панель керування та область побудови траєкторії), CSS-файл – правила стилізації елементів сторінки, а JS-файл – програмну логіку роботи модуля. Такий підхід забезпечує кращу підтримуваність коду та відповідає концепції відокремлення контенту від оформлення і поведінки у веб-розробці. Розроблений модуль не використовує сторонніх бібліотек – вся функціональність реалізована засобами

нативного JavaScript (ES6) і стандартного DOM API браузера. Структура папок є наступною: в корені розташований HTML-файл (наприклад, *index.html*), в підпапці *css* – файл стилів (наприклад, *style.css*), а в підпапці *js* – файл скриптів (наприклад, *script.js*). Додатково може бути присутня папка з ресурсами (зображеннями, іконками тощо) при необхідності. Кожен з цих компонентів відіграє чітко окреслену роль у функціонуванні модуля.

Принцип роботи модуля. Алгоритм функціонування програми можна описати наступним чином. Після завантаження веб-сторінки ініціалізується графічне полотно – HTML5-елемент `<canvas>` задається потрібних розмірів і отримується його 2D-контекст для малювання. Елемент `<canvas>` використовується для динамічного рендерингу графіки засобами JavaScript. Він слугує “полотном” на якому модуль відображає сітку координат, задані точки траєкторії, з’єднувальні лінії між ними та рухомий об’єкт. Користувач має змогу додавати точки траєкторії двома способами: або кліком мишею по полотну (в цьому випадку система зчитує координати курсора і додає точку за заданими координатами), або ж через форму вводу координат (два поля для *X* та *Y* і кнопка для підтвердження додавання) [7]. Щойно додано принаймні дві точки, на полотні будується траєкторія – або ламана лінія (послідовне з’єднання відрізками прямих), або згладжена крива. Тип траєкторії визначається перемикачем-радіокнопкою “Лінійна/Криві Безьє” на панелі керування. При виборі лінійного типу всі точки сполучаються прямими відрізками; при виборі типу *крива Безьє* траєкторія згладжується шляхом побудови послідовності квадратичних кривих Безьє через набори опорних точок. Криві Безьє широко застосовуються в комп’ютерній графіці та анімації, оскільки вони дозволяють легко отримувати гладкі криволінійні траєкторії на основі кількох опорних точок. У даній реалізації використовується спрощений підхід: для набору з трьох і більше точок кожен сегмент траєкторії між точками згладжується квадратичною кривою, що проходить через поточну опорну точку. Це забезпечує плавніший маршрут руху об’єкта порівняно з ламаною.

Після додавання точок траєкторії та побудови лінії користувач може запустити анімацію руху об'єкта вздовж заданого шляху. Для цього на панелі керування передбачено кнопку “Запустити рух”, яка ініціалізує процес анімації. Також доступні кнопки “Зупинити” – для призупинення/зупинки руху у будь-який момент, та “Очистити траєкторію” – для скидання всіх точок і початку планування заново. Під час анімації червоний маркер-об'єкт (умовне зображення рухомого об'єкта) пересувається по траєкторії, починаючи з першої точки маршруту і послідовно проходячи через усі наступні. Швидкість руху об'єкта регулюється повзунком (слайдером) “Швидкість”. Значення швидкості нормоване в діапазоні від 1 до 10 і впливає на крок зміщення об'єкта за один такт анімації. При максимальному значенні 10 об'єкт проходить відстань між сусідніми точками найшвидше, при мінімальному значенні 1 – найповільніше. В процесі руху поточні координати об'єкта не лише використовуються для відрисовки його на полотні, а й відображаються у текстовому полі під canvas (динамічно оновлюється показник “X: ..., Y: ...”). Коли об'єкт досягає останньої точки траєкторії, анімація автоматично зупиняється.

Основні частини програмного коду. Розглянемо стисло реалізацію ключових компонентів модуля – HTML-розмітки, CSS-стилів та JavaScript-коду. Фрагмент HTML-коду (додаток A1), наведеного у додатках, демонструє структуру панелі керування додатка та області полотна.

Як видно з прикладу, у блоці розмітки створено дві основні секції: `<div class="controls-panel">` для панелі інструментів користувача та `<div class="canvas-container">` для області відображення траєкторії. У панелі керування згруповано елементи інтерфейсу за смисловими блоками. Перший блок “Додавання точок” містить два числових поля вводу координат X та Y і кнопку “Додати точку”, яка відправляє введені координати до програми. Наступні блоки панелі (не наведені повністю у фрагменті) включають налаштування параметрів руху (повзунок швидкості із відображенням поточного значення), вибір типу траєкторії (радіо-кнопки “Лінійна” чи “Криві Безьє”) та блок керування анімацією (кнопки “Запустити рух”, “Зупинити”,

“Очистити траєкторію”). Під списком керування точками траєкторії також передбачено елемент `<div id="points-container"></div>`, вміст якого формується скриптом – туди виводиться нумерований перелік заданих точок та кнопки для їх видалення.

Область `<canvas id="trajectory-canvas">` поміщена в контейнер з класом `canvas-container`, до якого також входить підпис із інструкцією для користувача (“Натисніть на полотно, щоб додати точку...”) та текстове поле координат курсора (`<p id="coordinates">`). Відсутність контенту між відкриваючим і закриваючим тегами `<canvas>` пояснюється тим, що цей елемент слугує контейнером для графіки, яка відрисовується засобами скрипта. За замовчуванням `canvas` прозорий і не містить жодних зображень, доки скрипт не намалює їх через `Canvas API`.

Щоб інтерфейс мав належний вигляд і був зручним, використовуються `CSS-стилі`. Зокрема, макет сторінки організовано за допомогою гнучкого контейнера (`Flexbox`). У стилях для класу `.container` (батьківського для панелі керування та полотна) встановлено `display: flex`, що автоматично вирівнює дві дочірні колонки горизонтально. `CSS Flexible Box Layout Module` визначає модель одновимірного компонування, оптимізовану для побудови інтерфейсів користувача. В даному випадку це дозволяє розташувати панель керування фіксованої ширини ліворуч, а область полотна – займати решту доступного простору праворуч.

Основна логіка роботи зосереджена у `JavaScript-файлі`. При завантаженні сторінки скрипт реєструє обробники подій та готує початковий стан. Зокрема, виконується отримання посилань на елементи `DOM` за ідентифікаторами: `canvas` та його контекст, поля вводу координат, кнопки, повзунок швидкості тощо. Ініціюються глобальні змінні, що відображають стан системи: масив `waypoints` для зберігання заданих точок маршруту, булева змінна `isAnimating` (флаг, чи триває анімація), індекс поточної цільової точки `targetPointIndex`, поточна позиція об’єкта `currentPosition` та параметр прогресу між точками `animationProgress`. Значення `currentPosition` є об’єктом з полями `x` та `y` і визначає

координати червоного маркера на канвасі; `animationProgress` змінюється від 0 до 1 під час руху між черговою парою сусідніх точок траєкторії.

Функція `addWaypoint(x, y)` додає нову точку до маршруту. Перед додаванням координати перевіряються на вихід за межі полотна і при необхідності коригуються (обрізаються до країв). Далі нова точка (об'єкт з полями `x` та `y`) додається в масив `waypoints`. Відразу після цього викликаються дві допоміжні функції: `updatePointsList()` та `redrawCanvas()`. Перша оновлює список точок в інтерфейсі (перелічує всі координати в блоці `#points-container` та додає поруч з кожною точкою кнопку видалення). Друга здійснює повне перемалювання графічного полотна з урахуванням нового набору точок. Якщо додано першу точку маршруту, вона також встановлюється як поточна позиція об'єкта (`currentPosition`). Додаток А3 демонструє роботу цих компонентів.

Функція `redrawCanvas()` відповідає за відтворення всіх графічних елементів на `<canvas>` згідно з поточним станом масиву точок та положення об'єкта. Вона спочатку очищує полотно методом `clearRect()`, потім малює сітку координат, далі – траєкторію (якщо точок дві або більше), далі – самі точки-маркери, і насамкінець – об'єкт, що рухається. Очищення полотна перед кожним новим кадром є необхідним кроком при створенні анімації на `canvas`: якщо цього не робити, нові примірники фігур будуть накладатися на старі, залишаючи “шлейф”. В авторитетних джерелах рекомендується перед кожним оновленням сцени видаляти попередні зображення з `Canvas` (наприклад, викликом `clearRect`). У нашій реалізації функція `redrawCanvas()` виконує це автоматично при кожній зміні стану (доданні або видаленні точок, зміні типу лінії, русі об'єкта тощо). Малювання траєкторії реалізоване у функції `drawTrajectory(type)`, котра приймає параметр типу лінії – `'linear'` або `'bezier'`. Для лінійної траєкторії алгоритм простий: здійснюється послідовний обхід масиву `waypoints` і з'єднання всіх точок методом `lineTo(...)`. Для кривої Безьє використовується декомпозиція траєкторії на сегменти між сусідніми точками та побудова квадратичних кривих: для кожної внутрішньої точки масиву задається криволінійний перехід до наступної точки, використовуючи поточну

точку як контрольну (опорну) для кривої. Візуалізація точок (`drawWaypoints()`) полягає у відрисовці маленьких синіх кружечків по координатах кожної точки і нанесенні поруч з ними номерів (для зручності ідентифікації порядку обходу). Малювання об'єкта (`drawObject()`) полягає у відрисовці червоного кружка по координатах `currentPosition` з фіксованим радіусом (наприклад, 8 пікселів).

У дослідженні відображено логіку руху маркера по заданих точках. Після початку (Початок) перевіряється наявність принаймні двох точок маршруту (умова “*Точок < 2?*”). Якщо точок недостатньо, алгоритм завершується (Кінець). Інакше проводиться ініціалізація – встановлення початкової позиції об'єкта на першу точку та початкових параметрів швидкості і прогресу анімації. Далі в циклі (блок “*Оновлення позиції*”) виконуються кроки руху. На кожному кроці обчислюється нова позиція: або шляхом інтерполяції позиції (якщо досягнення наступної точки ще не відбулося, гілка “*Ні*” від умови “*Прогрес >= 1?*”), або через перехід до наступного сегменту (якщо об'єкт досяг чергової проміжної точки, гілка “*Так*” від “*Прогрес >= 1?*”). У випадку переходу виконується перевірка, чи не є ця точка останньою в маршруті (умова “*Досягнуто останньої точки?*”). Якщо так – алгоритм виходить із циклу (анімація завершена). Якщо ні – рух триває на наступному сегменті (повернення до блоку оновлення позиції). Після обчислення нової позиції на кожному кроці обов'язково здійснюється перемалювання канвасу (тобто виклик `redrawCanvas()` для відображення об'єкта на новій позиції). Цикл повторюється доти, доки об'єкт не пройде через усі задані точки або доки анімацію не буде зупинено користувачем.

Анотація. Розроблений програмний модуль базується на сучасних веб-технологіях: HTML5 для структури документа, CSS3 для оформлення та ES6 JavaScript для реалізації логіки і анімації. Графічна частина виконана через Canvas API, що є частиною HTML5. Елемент `<canvas>` надає можливість малювати двовимірну графіку засобами скриптів у реальному часі. Взаємодія з Canvas здійснюється через стандартний інтерфейс `CanvasRenderingContext2D`: використовуються методи малювання примітивів (`moveTo`, `lineTo`, `arc`, `stroke`, `fill` тощо) та трансформації контексту. Анімація організована з використанням API анімацій кадрів – функції `window.requestAnimationFrame()`, стандарт якої визначений W3C як “*Timing*”

control for script-based animations”. Застосування `requestAnimationFrame` дозволяє браузеру самостійно керувати частотою оновлення анімації для забезпечення плавності та економії ресурсів. Стилізація інтерфейсу використовує *CSS Flexbox*, що входить до модуля *CSS3* і підтримується усіма сучасними браузерами.

Для оформлення також застосовано стандартні можливості *CSS3*: міні (*box-shadow*), згладжені кути (*border-radius*), користувацькі шрифти тощо. Всі згадані технології є частиною відкритої веб-платформи і підтримуються більшістю актуальних браузерів без додаткових плагінів. Це означає, що розроблений модуль можна запускати в будь-якому сумісному браузері (*Chrome*, *Firefox*, *Edge*, *Safari* і ін.) на різних операційних системах – достатньо відкрити *HTML*-файл. Результатом роботи підрозділу є повністю функціональний програмний модуль, що на практиці реалізує алгоритми додавання, візуалізації та анімації траєкторії руху об’єкта на площині.

Ключові слова: геймдизайн орієнтований підхід, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп’ютерне моделювання, КОМСДН, ігрова система, планування траєкторії руху об’єкту, *HTML*, *CSS*, *JavaScript*

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Гриб’юк О.О. Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп’ютерно орієнтованих методичних систем / О. О. Гриб’юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.
4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
6. Гриб’юк О.О. Комп’ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб’юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ «LEARN PROGRAMMING» ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ПРОГРАМУВАННЯ

Розроблення інформаційної системи «Learn Programming» для вивчення програмування є актуальним завданням, оскільки воно спрямоване на створення ефективного інструменту для навчання [1]. Така система дозволить користувачам вивчати основи програмування, виконувати інтерактивні завдання та отримувати зворотний зв'язок у режимі реального часу.

Мета дослідницької роботи полягає у розробленні інформаційної системи «Learn Programming» для вивчення програмування, а також надання користувачам засобів для об'єктивного та зручного навчання на основі їхніх технічних характеристик, продуктивності та ефективності.

Для досягнення мети вирішено такі завдання: проаналізовано існуючі системи навчання програмуванню та визначено їхні переваги й недоліки; визначено вимоги до функціоналу системи; розроблено архітектуру та базу даних системи; реалізовано основні компоненти програмного забезпечення; проведено тестування та оцінено ефективність розробленої системи.

Об'єктом дослідження є процес навчання програмуванню за допомогою інформаційних технологій. Предметом дослідження є методи, інструменти та технології, що використовуються для розроблення систем підтримки навчального процесу.

У роботі використовуються методи аналізу, проектування та програмної реалізації інформаційних систем [2]. Також застосовуються методи тестування для оцінки працездатності та ефективності створеного продукту.

Розроблення інформаційної системи «Learn Programming» стало важливим кроком у створенні доступного та ефективного інструменту для

навчання основ програмування. Ця дипломна робота дозволила не лише реалізувати функціональний веб-додаток, але й глибоко дослідити сучасні підходи до проектування, розробки та оцінки освітніх платформ. Система успішно виконує свою основну мету – забезпечення інтерактивного, зручного та інтуїтивного середовища для початківців [3], які прагнуть опанувати Python, JavaScript і Java.

У рамках дослідження проведено ґрунтовний аналіз предметної області, що включав вивчення аналогів, таких як Codecademy, freeCodeCamp і W3Schools. Це дозволило визначити ключові вимоги до системи, зокрема простоту інтерфейсу, адаптивність і підтримку інтерактивних вправ, а також уникнути типових недоліків, таких як перевантаженість контентом чи складність для новачків.

Було спроектовано модульну архітектуру, яка поєднує клієнтську частину (HTML5, CSS3, Vanilla JavaScript) із перспективою інтеграції серверної логіки (Node.js/Fastify, MongoDB). Такий підхід забезпечує гнучкість для майбутнього масштабування, включаючи додавання нових мов програмування чи функцій, таких як автентифікація та збереження прогресу [4]. Розроблений клієнтський веб-додаток із високою продуктивністю: час завантаження сторінок становить 0,8–1,2 секунди, споживання пам'яті – до 50 МБ, а обробка подій (наприклад, виконання коду чи навігація) займає менше 100 мс. Адаптивний дизайн забезпечує коректну роботу на пристроях із роздільною здатністю від 320px до 4K.

У рамках дослідження розроблено концепцію реляційної бази даних із таблицями Users, Courses, Lessons і UserProgress, яка відповідає принципам нормалізації (3NF) і готова до впровадження в масштабній версії. Це забезпечить ефективне зберігання та обробку даних про користувачів і навчальний контент. Проведено комплексне тестування, яке включало модульне, інтеграційне, кросбраузерне та користувацьке тестування [5]. Результати показали, що 90% тестових користувачів (студентів-початківців) оцінили інтерфейс як інтуїтивний, а 85% успішно виконали завдання в

редакторі коду без додаткових пояснень. Виявлені проблеми, такі як некоректне приховування сторінок при швидкій навігації, були оперативно усунуті.

Оцінено продуктивність системи та її конкурентоспроможність. ІС «Learn Programming» вирізняється мінімалістичним дизайном, низькими вимогами до ресурсів і безкоштовним доступом, що робить її ідеальною для початківців. Проте вона поступається аналогам у глибині контенту та відсутності серверного виконання коду для Python і Java.

Запропоновано низку вдосконалень, включаючи інтеграцію серверної частини з REST API, автодоповнення коду через CodeMirror, гейміфікацію (бейджі, рейтинги), підтримку кількох мов інтерфейсу та розробку мобільного додатку на React Native. Ці зміни дозволять системі залучити ширшу аудиторію та конкурувати з провідними EdTech-платформами.

Особливістю «Learn Programming» є її орієнтація на максимальну простоту та доступність, що забезпечує комфортне навчання для користувачів із мінімальним досвідом. Система демонструє потенціал для подальшого розвитку, зокрема через впровадження персоналізації, інтерактивних тестів і спільноти користувачів. Робота підтвердила, що сучасні веб-технології, такі як HTML5, CSS3 і JavaScript, у поєднанні з продуманим дизайном і модульною архітектурою, дозволяють створювати ефективні освітні рішення, які сприяють демократизації знань у сфері програмування.

У перспективі система «Learn Programming» стане основою для повноцінної навчальної платформи, яка поєднуватиме простоту для новачків із розширеними функціями для досвідчених користувачів. Реалізація запропонованих вдосконалень, таких як серверна обробка коду та інтеграція зі сторонніми сервісами, значно підвищить її цінність і конкурентоспроможність. Ця розробка є прикладом того, як інформаційні технології можуть трансформувати освітній процес, роблячи його більш інтерактивним, доступним і мотивуючим.

Анотація. У дослідницькій роботі пропонується розроблена інформаційна система для вивчення програмування. Особливістю «Learn Programming» є її орієнтація на максимальну простоту та доступність, що забезпечує комфортне навчання для користувачів із мінімальним досвідом. Система демонструє потенціал для подальшого розвитку, зокрема через впровадження персоналізації, інтерактивних тестів і спільноти користувачів. Робота підтвердила, що сучасні веб-технології, такі як HTML5, CSS3 і JavaScript, у поєднанні з продуманим дизайном і модульною архітектурою, дозволяють створювати ефективні освітні рішення, які сприяють демократизації знань у сфері програмування.

Ключові слова: дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, Learn Programming, HTML5, CSS3 і JavaScript.

Література

1. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.
2. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32*, 2020. P. 770-785.
3. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie, Zeszyt Nr 79*, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.

**МАТЕМАТИЧНА ЛІНГВІСТИКА СЕРЕДИНИ ХХ СТОЛІТТЯ:
ВЗАЄМОВПЛИВ НАУК ТА ЇЇ РОЛЬ В МЕТОДИЦІ ВИКЛАДАННЯ В
ПРИРОДНИЧИХ І ГУМАНІТАРНИХ НАУКАХ**

Методи математичної логіка, і далі алгебри, актуалізували питання про пізнавальне значення та межі формалізації в різних науках, включаючи і лінгвістику [7] [8]. Вивчення проблем формалізації в мовознавстві займалися ціла низка дослідників (Ф. де Сосюр, Л.Єльмслев, Н.Трубецький, Ш.Балі, Х.Уальдау, Д.Хейс, З.Херіс, Н.Хомський, Ю. Апресян, В. Звегінцев, Ю. Лекомцев, І. Мельчук, Р. Піотровський та ін.), хоча з іншого боку стало зрозуміло, що мова, як феномен, не відноситься до класу формалізованих систем і повністю формалізувати її неможливо, повного абстрагування від змісту мовних одиниць на практиці досягти важко. Ця складність і обумовлює нагальну потребу дидактичної оптимізації «межових» прикладних навчальних дисциплін: математичної лінгвістики, прикладної інформатики, залучаючи до цього історію взаємовпливів цих наук. Розглянемо коротко декілька значимих історичних концепцій цього напрямку.

Р.Якосбон і М. Хале в своїй теорії виходять з важливості акту комунікації, з виділенням двох рівневих ознак : семантичного та ознакового. Перший – рівень складних мовних одиниць, другий виділяє фонологічні ознаки. Лінгвістичний аналіз йде від складних одиниць до морфем. Впорядкування лінгвістичних одиниць ієрархічне. Мовний механізм у авторів базується на двох основних операціях – комбінація (конкатенація і ієрархічне включення) і селекція (вибір і підстановка). Також вводиться протиставлення по опозиції і контрасту. Опозиція це знаходження елементів із застосуванням селекції (альтернативний вибір), контраст – це пошук по селекції. На базі опозиції будують розрізняльні ознаки в системі мови.

З.Херіс [2] основним завданням лінгвістики вважав дистрибуцію, іншими словами розташування в межах потоку мови деяких його частин. Елементами мови він вважав фонему, морфему, слова, але пов'язані також із сприйняттям людей і семіозисом. Дистрибутивні відношення пов'язані з взаємозустрічністю мовних явищ у висловлюваннях. Лінгвіст вивчає набір висловлювань (тверджень) конкретної мови (його ще називають корпусом). Мовний простір для кожного твердження – єдине повне висловлювання. У висловлюванні виділяють даний елемент і інші елементи – його оточення. Дистрибуція елементу – безліч усього оточення де він зустрічається (вживається). Теорії Херіса, Якобсон і Хале серйозно вплинули на погляди Н.Хомського; разом із логікою й на мови програмування Лісп та Пролог.

Лінгвістична система датського ученого Л.Ємслева [3] відрізняється високим ступенем формалізації і оперує наступними поняттями: клас, сегмент, ієрархія, дедукція, деривати, ступеня. У центрі аналізу знаходиться «об'єкт». Його описують у вигляді залежностей від інших об'єктів, включаючи і їх взаємовпливи. Клас – більш узагальнений за змістом об'єкт, який може ділитися на частини. Ієрархія – клас класів. Сегменти – об'єкти, фіксовані в результаті ділення класу, залежні від класу і один від одного. Сегменти створюють ієрархію з ступенями 1..n. Функтивом називають об'єкт, що має функцію до структур інших об'єктів. Вводяться і операції реляції (відношення "та"), кореляції ("або"). Далі вводяться більше комплексні поняття, що описують зв'язок елементів з лінгвістичним оточенням. Не йдучи далі в деталі, важливо помітити, що концепція автора передбачила засобами лінгвістики відомому парадигму об'єктно-орієнтованого підходу в програмуванні (вивчають і в середніх школах, і у ВНЗ). Тобто лінгвістична концепція, вочевидь, впливає на теорію програмування, але про це говорять мало, що збіднює навчальний процес і не розкриває повчальні для учня зв'язки між науками.

Ю.Лекомцев [5] вважав процес розрізнення фундаментальним в лінгвістиці. В якості формальної мови розрізнення Лекомцев використав теорію частково впорядкованих множин, теорію структур (зокрема, булевих). Іншою

примітною особливістю стало й інше трактування синтаксису – не як теорії речення, а як теорії сполучуваності довільних елементів мови – морфем, фонем, слів, речень [6]. Синтаксис – це правила за допомогою яких можна з сукупності елементів будувати «правильно побудовані одиниці». Він говорить про тривимірний синтаксис в скульптурі (тривимірних тілах), двовимірний синтаксис зображення (живопис, фото). Для формалізації синтаксису в цьому розумінні автор використовує нежорсткий, «гібридний» опис, який повинен, за його задумом, долати неоднозначності й слабку міру формалізації мови, – частково впорядковані множини, орієнтовані графи (сполучуваність елементів), часткову систему алгебри з операціями конкатенації і вибору (напівкільце), систему підстановок (описану як групоїд), також були використані «квазілогічні функціональні відношення». [4] Треба відмітити, що лінгвістика тут дає ще одну грань низки додатків для алгебри та дискретної математики, які можливо також будуть цікавим для учнів.

Звернення до історії лінгвістичної науки, зокрема до її призабутих сторінок, дає можливість побачити міждисциплінарні зв'язки між науками, зрозуміти єдність науки, і як наслідок зробити учбовий процес заохочувальним, цікавим, дає змогу показати точки прикладення математичних наук («прикладна математика») до інших сфер досліджень. Важливо також відмітити, що формалізація в лінгвістиці лежить в основі процесу автоматичної обробки тексту: аналізу, розпізнавання, синтезу, перекладу, реферування тексту, що особливо важливо для сучасних систем штучного інтелекту. Але треба відмітити, що лінгвістика не лише піддається аналізу за допомогою кібернетичних, алгоритмічних, і в більш загальному сенсі математичних моделей, але і сама тривалий час чинить вплив на інформатику, теорію мов програмування. Встановлення таких зв'язків є важливим методичним завданням для середньої і вищої школи.

***Анотація.** В статті в історичному контексті розглядаються деякі концепції формалізації в лінгвістиці. Показано взаємовпливи математики, логіки, лінгвістики, кібернетики, теорії програмування щодо створення моделей і концепцій природних та штучних мов. Зазначається, що такі*

порівняльно-історичні дослідження дають змогу оптимізувати навчальний процес в закладах середньої та вищої школи.

Ключові слова: лінгвістика, формалізація, навчальний процес, математичні методи, інформатика, історія науки.

Література

1. Jakobson, R., Halle M., *Fundamentals of Language*.—Gravenhage, 1956. —96 p.
2. Harris, Z. *Papers in Structural and Transformational Linguistics*. — Dordrecht, 1970. — 277 p.
3. Hjelmslev, L. *Prolegomena to a Theory of Language*. (2nd OD, slightly rev.). — Madison: University of Wisconsin Press, 1961. — 158 p.
4. Lekomtsev, Yu. On Modeling of a Syntax with Explicit Differentiated Elements. *Trends in Sov. Theor. Linguistics*. — Dordrecht, 1973. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-010-2536-2_11
5. Lekomcev, Yu. K., 'Towards a Differentiation Theory for Linguistics' *Studies in General and Oriental Linguistics*. Presented to Shiró Hattori on the Occasion of His Sixtieth Birthday; Roman Jakobson, Shigeo Kawamoto (eds.). —Tokyo : TEC Company, Ltd., 1970. — [680 p.] — p.397–409.
6. Lekomcev, Ju. K. The Glossematic Theory of Linguistic Oppositions and Differentiation Theory in Semantics and Descriptive Semiotics. *Linguistics*, 134, Aug 1974, pp. 37–72.
7. Mel'čuk, I., Milićević, J. *An Advanced Introduction to Semantics: A Meaning-Text Approach*. — Cambridge : Cambridge University Press, 2020. — 424 p
8. Piotrowski, R. *Introduction of Elements of Mathematics to Linguistics*. — Bochum: Brockmeyer, 1990. — 260 p.

Ярош Р. П. (здобувач бакалаврату, 1 курс)

Науковий керівник - доц. Михайленко І. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ В ДОСЛІДЖЕННІ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ І ДОРОЖНІХ НАВАНТАЖЕНЬ

Транспорт – це переміщення людей та товарів з одного місця в інше з використанням різних транспортних засобів у різних інфраструктурних системах. Збільшення кількості транспортних засобів за рахунок збільшення доступності більшої кількості пунктів призначення дозволяє краще досягати виконання економічних цілей та інтересів людей, але тягне за собою нові витрати як на індивідуальному, так і на соціальному рівні. Необхідно керувати розвитком та роботою транспорту, створювати транспортні системи, планувати їх функціонування. Таким чином, змінюючи доступність, транспорт надає форму розвитку територій.

Математичний аналіз є фундаментальною галуззю математики, яка знаходить широке застосування у сфері дорожньо-транспортного планування та проектування. Дослідження транспортних потоків і дорожніх навантажень вимагає застосування різних методів математичного аналізу, що дозволяють описувати, аналізувати та прогнозувати поведінку транспортних систем.

Математичні методи аналізу є основою для моделювання, прогнозування та оптимізації транспортних систем. Їх умовно можна поділити на чотири основні групи залежно від характеру об'єктів дослідження та методів, що застосовуються.

Аналітичні методи досліджень базуються на апараті елементарної математики, диференціального та інтегрального числення, а також функціонального аналізу. Вони використовуються для вивчення неперервних детермінованих процесів, які піддаються точному математичному опису. Наприклад, за допомогою похідних можна визначати швидкість зміни параметрів дорожнього руху, таких як інтенсивність або середня швидкість транспорту. Інтеграли дозволяють обчислювати загальне навантаження на дорожнє полотно або сумарну кількість транспортних одиниць за певний проміжок часу.

Методи математичного аналізу з використанням експерименту поєднують математичний апарат з емпіричними спостереженнями. До них належать метод аналогій, теорія подібностей та метод розмірностей. Ці підходи особливо корисні, коли неможливо або недоцільно отримати точну модель складного транспортного процесу аналітичним шляхом. Наприклад, метод подібностей дозволяє моделювати реальні транспортні умови на зменшених експериментальних стендах, зберігаючи при цьому пропорційність фізичних характеристик.

Ймовірно-статистичні методи застосовуються для дослідження як дискретних, так і неперервних випадкових процесів. У транспортній галузі ці методи допомагають враховувати вплив випадкових чинників — погодних умов, коливань попиту, аварійних ситуацій тощо. Серед основних інструментів

— математична статистика, дисперсійний і кореляційний аналіз, теорія надійності. Наприклад, з використанням статистичних вибірок можна оцінити середній ресурс дорожнього покриття або ймовірність виникнення затору на певній ділянці дороги.

Математичний аналіз у транспортних дослідженнях охоплює методи, що дозволяють моделювати та аналізувати динаміку руху, навантаження на інфраструктуру й оптимізацію маршрутів. Його застосування допомагає виявляти закономірності, прогнозувати навантаження та підвищувати ефективність транспортних систем.

Похідні функцій використовуються для аналізу зміни швидкості та прискорення. Швидкість — це миттєва зміна положення, а прискорення — похідна швидкості. Ці параметри важливі для розрахунку безпечного руху, гальмівних систем і режимів водіння.

Інтеграли застосовуються для оцінки загального навантаження на дорожнє покриття. Робота сили, що діє на дорогу, обчислюється як:

$$W = \int F dx$$

де W — робота, F — сила взаємодії, dx — елемент шляху.

Це дозволяє оцінити зношування покриття та потребу в ремонті. Також інтегрування використовується для підрахунку кількості машин, що проїхали певною ділянкою за час t :

$$N = \int q(t) dt$$

де N — кількість машин, $q(t)$ — інтенсивність потоку.

Це сприяє ефективному управлінню трафіком і зменшенню заторів.

Транспортний потік — це кількість автомобілів, що проходять певну ділянку дороги за одиницю часу.

Основні показники: інтенсивність (авто/год), щільність (авто/км), середня швидкість.

Для їх аналізу використовують математичні методи: похідні, функції, статистику.

Дорожнє навантаження — це тиск, який транспорт передає на покриття через осі. Найбільше зношення спричиняють вантажні автомобілі. Щоб оцінити вплив різних типів транспорту, їх

навантаження приводять до еквівалентної осі (наприклад, 100 кН).

Важливою є формула:

$$Z = \sum(Q_i \cdot \alpha_i)$$

де Q_i — кількість авто певного типу, α_i — коефіцієнт впливу на покриття.

Також використовують статистичні методи для прогнозу зношення дороги з урахуванням реальних даних: інтенсивності руху, типу транспорту, кліматичних умов. Це допомагає планувати ремонт і визначати ресурс дороги.

Математичні методи дозволяють точно оцінювати стан доріг, проектувати покриття та приймати технічно обґрунтовані рішення в дорожній галузі.

Анотація. У роботі розглянуто застосування методів математичного аналізу для дослідження транспортних потоків і дорожніх навантажень. Наведено приклади використання похідних, інтегралів та математичного моделювання для оцінки стану та ефективності транспортних систем.

Ключові слова: математичний аналіз, транспортні потоки, дорожнє навантаження, інтеграли, похідні, моделювання, оптимізація, швидкість руху, інтенсивність, зношення дороги.

Література

1. Антонюк А.В., Колесник В.В. Математичний аналіз: підручник для студентів технічних спеціальностей. — Київ: Вища школа, 2021. — 412 с.
2. Мірошніченко Ю.І., Смирнов В.І. Математичні методи у транспортних дослідженнях. — Харків: ХНАДУ, 2020. — 278 с.
3. Ткаченко М.В. Основи транспортного моделювання. — Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2019. — 236 с.
4. Бугаєнко В.М. Теоретичні основи дорожнього руху та транспортних потоків. — Київ: Дорожня книга, 2018. — 190 с.
5. Чередниченко О.В. Застосування математичних методів у дорожньому проєктуванні. — Дніпро: ДДТУ, 2022. — 162 с.
6. Сидоренко І.О. Математичне моделювання в транспортній інженерії. — Полтава: ПНТУ, 2021. — 211 с.
7. Національна металургійна академія України, Бобилев В.П., Іванов І.І., Проїдак Ю.С. Методологія та організація наукових досліджень. — Дніпропетровськ, 2008.

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОФЕСІЙНО-ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ

Blazhko H. (Master's student at the Jagiellonian University, Krakow, Poland)

Supervisor - Associate Professor O. Ptashniy
Kharkiv National automobile and Highway University

FLOW EQUATION AS AN EFFICIENT TOOL IN THE THEORY OF DIFFERENTIAL EQUATIONS

Problem statement. The concept of motion of a point in space is traditionally associated with the problem of determining its position at any moment of time. There are two fundamentally different but closely related approaches to the description of such motion: through the differential equation, which defines the change in the coordinates of a point in time, and through the flow equation, which describes the motion trajectories as a result of the vector velocity field. The differential equation formulates a local rule for changing the state of the system, i.e., it specifies the derivative of the point position - velocity - as a function of the current state. The solution of such an equation with an initial condition gives a complete picture of motion: the trajectory of a point in space-time. On the other hand, the flow equation defines the global evolution of states: each initial position is matched with a time function describing how this position changes under the action of the field.

The aim of this paper is to analyze how a differential equation generates a flow and vice versa - how a flow determines a differential equation. Examine specific examples of differential equations and their corresponding flow equations, and construct phase portraits. Describe the mathematical and visual tools that allow you to move from one to the other. Show that the differential equation and the flow equation reveal the behavior of a dynamical system from different perspectives.

Flow equations. Flow equations (synonymous with dynamic systems) are a class of functions that describe the motion of a point in space as a function of time. You can think of it as, for example, the movement of a water molecule in a river or the movement of a gas particle in the atmosphere. Obviously, this is quite a large

class of functions, but they all have a few properties in common. Let $\varphi: \mathbb{R} \times \Omega \rightarrow \Omega$, where $\Omega \subset \mathbb{R}^n$ is the flow equation. This means that

- 1) φ - function is continuous (with respect to time change $t \in \mathbb{R}$ and the changes of a point in space $x \in \Omega$);
- 2) $\varphi(0, x) = x$ (at the beginning of the journey, the point remains in place);
- 3) $\varphi(s, \varphi(t, x)) = \varphi(s+t, x)$ (i.e. moving in time by, say, 3 seconds and then 2 seconds. - is the same as moving 5 seconds).

If we consider φ , as solely a function of a point: $\varphi_t: \Omega \ni x \rightarrow \varphi(t, x) \in \Omega$, it's easy to see that

$\{\varphi_t, t \in \mathbb{R}\}$ - is a group with the operation of superposition of functions, where

$$\varphi_t^{-1} = \varphi_{-t}, \quad \varphi_s \circ \varphi_t = \varphi_t \circ \varphi_s = \varphi_{s+t}, \quad e = \varphi_0 = id \mathbb{R}^n.$$

Several other useful designations and terms are used. Set $O(x) = \{\varphi(t, x): t \in \mathbb{R}\}$ is called the orbit of the point. Sometimes we consider t in the narrowed region. Then, accordingly

$$O^+(x) = \{\varphi(t, x): t \geq 0\}, \quad \text{a} \quad O^-(x) = \{\varphi(t, x): t \leq 0\}.$$

We will say that the orbit is stationary if $O(x) = \{x\}$.

Now let us relate the considered concepts to differential equations.

Autonomous equations. Consider the differential equation

$$\dot{x} = f(x), \quad x(0) = x_0.$$

In addition, we will require that the function f is continuous and locally Lipschitz. Recall that local Lipschitzness means that each point has a neighborhood of U , such that

$$\forall x, y \in U \quad \exists L > 0: \quad \|f(x) - f(y)\| \leq \|x - y\|.$$

The well-known Picard-Lindelöf theorem states that such a differential equation has a singular, maximal (in the sense of the neighborhood of the point x_0) local solution (denote it u_{x_0}). Then.

$$\frac{\partial}{\partial t} \varphi(t, x) = f(\varphi(t, x)).$$

It turns out that φ satisfies all conditions from the definition of the flow equation:

φ - continuous, $\varphi(0, x) = x$, $\varphi(s, \varphi(t, x)) = \varphi(t + s, x)$, therefore φ - it's a flow.

Let's make a few comments.

1) The connection between the differential equation and the flow equation, although seemingly unexpected, becomes more obvious if we consider the function f , as a vector field. And indeed, if we take specific moments of time, then f - is the function from $\mathbb{R}^n$ in $\mathbb{R}^n$. Thus, the differential equation and the flow equation are two different ways of specifying the motion of a point in time relative to its initial position. In this case, in the notation $\varphi(x, t)$ t - time, x - position at $t = 0$.

2) When we talk about adding moments of time or orbits, it is important to make the remark that this is only for values t , where the solution (relatively x_0) makes sense. For example, for the equation

$$\begin{cases} \dot{x} = x^2 \\ x_0 > 0 \end{cases}$$

decision $x = \frac{x_0}{1 - x_0 t}$ at $t = \frac{1}{x_0}$ «flies away» to infinity. In such cases, we speak of local flows (global - otherwise).

3) When defining the flux, it is important to note that we consider an autonomous differential equation (i.e., independent of t). Otherwise, the definition fails. For example, for the equation $\dot{x} = t$ function $\varphi(t, x) = x + \frac{t^2}{2}$ does not have the right properties (sum of moments of time).

Applications. Basically, flux equations are used to visualize how the solution of a differential equation depends on the starting point. Graphs of flow equations are called phase portraits. A phase portrait shows what happens to a point x at $t \rightarrow +\infty$ or $t \rightarrow -\infty$, depending on which part of space it is located in. Translating a differential

equation into the “language of the flow equation” often helps to emphasize many of its properties.

Example. Logistic equation

$$\dot{x} = ax(1-x), \text{ where } a > 0.$$

Here. $x_1 = 0$ and $x_2 = 1$ -stationary points (zeros of the vector field $f(x) = ax(1-x)$). If $0 < x_0 < 1$ and $x(0) = x_0$, then this equation generates a flow

$$\varphi(t, x_0) = \frac{x_0 e^{at}}{1 - x_0 + x_0 e^{at}}.$$

You can see that $0 < \varphi(t, x_0) < 1$, $x_0 \in (0;1)$, and also that

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} \varphi(t, x_0) = 0, \text{ and } \lim_{x \rightarrow +\infty} \varphi(t, x_0) = 1,$$

i.e. the points will “fly” from zero to 1.

Let us mention some other known applications of the flow equations: bifurcations - analysis of changes in phase portraits under continuous changes of initial conditions; biology - Malthus' demographic model; radioactive decay - Rutherford's model; economics - Solow's model of economic growth.

Thus, the “translation” of differential equations into the “language” of flow equations is an effective means for predicting and substantiating the properties of dynamical systems described by these equations.

Literature

1. Teschl, G. Ordinary Differential Equations and Dynamical Systems. Providence: American Mathematical Society, 2012. ISBN: 978-0821883280.

2. Pavel, N. H. Differential Equations, Flow Invariance and Applications. Pitman Publishing, 1984. ISBN: 0273086510.

Ptashniy M. (Master's student at the Jagiellonian University, Krakow, Poland)
Horbunova Y. (student, KhNAHU)
Supervisor - Associate Professor O. Ptashniy
Kharkiv National Automobile and Highway University

SOLUTION OF THE BLACK – SCHOLES EQUATION BY REDUCING IT TO THE HEAT – CONDUCTION EQUATION

Problem Statement. The Black-Scholes model refers to the question of the fair price of an option. Recall that an option is a contract that gives the right (but not the obligation) to buy or sell some object in the future at a predetermined price. For simplicity, we will consider European call options (they can only be exercised at a certain time).

We would like to know the fair price of this contract. The expression “fair price” is correct, because price changes can be made randomly, which means that buying an option is essentially a gamble, where we win if the price of the underlying asset is higher than the strike price (the agreed price), and lose in the opposite case (since no one forces us to use the option, we lose only the money we paid for it). In our case, the gain in our case is ensured by resale (e.g. shares).

The issue of fair price is important for hedging risks in stock exchanges.

Model Assumptions. Let us note a few assumptions of the Black-Scholes model that will play a role later.

- 1) There is a risk-free interest rate (in practice, the rate with the lowest risk, e.g. the national bank rate).
- 2) No dividends. Since the model is most often applied to stocks, this is an important assumption. We buy a stock only to sell it.
- 3) There is no arbitrage opportunity (i.e., no risk-free instant winnings are possible).
- 4) Securities trading is continuous and obeys the law of Brownian motion. In essence, this means that at any given time the price is equally likely to go up and down.

Note that there is something similar in the theory of partial differential equations, namely, heat conduction equations. In the Cauchy problem

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} - a^2 \Delta_x u = 0 \\ u(x, 0) = \varphi(x) \end{cases}, \text{ where } x \in \mathbb{R}^n, \quad \varphi(x) - \text{initial condition, } u(x, t) - \text{heat function}$$

depending on position and time, if $\varphi(x) = \delta(x)$, where $\delta(x)$ - delta - Dirac function, the solution

$$\Phi(x, t) = \frac{1}{(2a\sqrt{nt})^n} \exp\left(\frac{-|x|^2}{4a^2t}\right)$$

is very similar to the formula for a Gaussian distribution with mathematical expectation $E = 0$ and variance $D^2 = 2a^2t$. At $n=1$, taking into account the parameter re-branding, the formula takes the form

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}.$$

Thus, the stock price, just like the propagation of heat (from a single point), obeys the law of Brownian motion. And this is the justification for the assumption that the option price and the heat conduction equation can be related.

Ito's Lemma. In the Bleek-Scholes-Merton model, the expected benefit for an option - this is the fair price - is expressed by the formula

$$C = \max(x - x_s, 0),$$

where x - underlying asset price, x_s - strike price (agreed price).

Note that x - is a random process (depends on the starting price x_0 , times t and, in fact, randomness). The initial price depends on time, so it is logical to write down C , as $C(x_t, t)$, what does C Ito's overall process.

For Ito's overall process $F(x(t), t)$ Ito's lemma is true:

$$dF = \left(\frac{\partial f}{\partial t} + a(x, t) \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{b^2(x, t)}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \right) dt + b(x, t) \frac{\partial F}{\partial x} \delta W,$$

as well as $dx = a(x, t)dt + b(x, t)\delta W$, where a - it's a demolition derailment function, b - volatility function.

In our case, however, given that dx it obeys the law of logarithmic random walk,

$$dx = xrdt + x\sigma\delta W^*; \quad a(x, t) = xr; \quad b(x, t) = x\sigma, \quad ,$$

where r - risk-free rate, W^* - Wiener process, for which the price is a martingale with respect to natural filtering.

Substituting this into Ito's lemma, we obtain

$$dC = \left(\frac{\partial C}{\partial t} + xr \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\sigma^2 x^2}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \right) dt + \sigma \frac{\partial C}{\partial x} \delta W.$$

Since we are interested in hedging, let's consider a “safe” portfolio

$$\Pi = \frac{\partial C}{\partial x} x - C(x, t).$$

One of our assumptions is that $\frac{\partial C}{\partial x}$ independent of t , i.e. the change in the option's price relative to the stock price is independent of its price in the present.

Let's $\Delta = \frac{\partial C}{\partial x} = \text{const}$. Then, $d\Pi = \Delta dx - dC$. After transformations it turns out that

$$d\Pi = - \left[\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\sigma^2 x^2}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \right] dt.$$

Let's denote $\tau = T - t$, where T - the expiration time of the option. Then $\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial C}{\partial \tau}$.

Since $d\Pi = \Pi rdt$ (because of the risk-free rate),

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} dt - \frac{\sigma^2 x^2}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} dt = \left(\frac{\partial C}{\partial x} x - C(x, t) \right) rdt.$$

From here

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} + rC = \frac{\sigma^2 x^2}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + rx \frac{\partial C}{\partial x}.$$

Heat conduction equation. To transform the last equation, let us substitute. Then it is not difficult to show that the derivatives on x take the form

$$\frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial y} \frac{1}{x} \quad \text{and} \quad \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = \frac{1}{x^2} \left(\frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - \frac{\partial C}{\partial y} \right),$$

and the equation is transformed into this:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} + rC = \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + R \frac{\partial C}{\partial y} \quad (1),$$

where $R = r - \frac{\sigma^2}{2}$. Externally, this equation already resembles the heat conduction equation. For the final touch we apply the transformation:

$$C(e^y, \tau) = e^{\alpha y + \beta \tau} U(y, \tau),$$

where $y > 0$, α, β - some (not yet assigned) numbers. Let us transform the partial derivatives from equation (1):

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = \frac{\partial U}{\partial \tau} e^{\alpha y + \beta \tau} + \beta e^{\alpha y + \beta \tau} U; \quad \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial U}{\partial y} e^{\alpha y + \beta \tau} + \alpha e^{\alpha y + \beta \tau} U;$$

$$\frac{\partial^2 C}{\partial y^2} = \left(e^{\alpha y + \beta \tau} \right) \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + 2\alpha \frac{\partial U}{\partial y} + \alpha^2 U \right).$$

Substituting the found expressions into equation (1), we obtain

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} + \beta U + rU = \frac{\sigma^2}{2} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + 2\alpha \frac{\partial U}{\partial y} + \alpha^2 U \right) + R \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \alpha U \right).$$

Since α and β - arbitrary numbers, let's assign

$$\alpha := -\frac{R}{\sigma^2}, \quad \text{and} \quad \beta := -\left(r + \frac{R^2}{2\sigma^2} \right),$$

and after simplifications we obtain the heat conduction equation

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2 U}{\partial y^2}.$$

Thus, to find, we can use methods used to solve partial differential equations, such as, for example, separation of variables. This demonstrates once again that mathematics can reveal connections between concepts and results that at first glance do not seem to relate to each other.

Literature

1. Hull, J. C. Options, Futures, and Other Derivatives, 10th ed. Pearson, 2017. ISBN: 978-0134472089.
2. Kolb, R. W. Financial Derivatives, 3rd ed. Wiley, 2003. ISBN: 978-0471232326.

Zaczyk M. (Master's student at the Jagiellonian University, Krakow, Poland)
Supervisor - Associate Professor O. Ptashniy
Kharkiv National Automobile and Highway University

SOLVING CHOSEN TASKS OF DIFFERENTIAL GEOMETRY BY USING MONGE-AMPERE EQUATIONS

Problem Statement. The Monge-Ampere equation is one of the most important nonlinear partial differential equations of the second order. Its general formulation in Euclidean space is as follows

$$\det(D^2u) = f(x, u, \nabla u) ,$$

where $u: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ is a function of the class, at least C^2 , D^2 - Hess matrix, a f - function having an appropriate area of definition.

An important special case of this equation is the one when $f = 1$, which leads to the so-called homogeneous Monge-Ampere equation

$$\det(D^2u) = 1.$$

This equation has wide applications in geometry: in the theory of surfaces with Gauss curvature, in geometrical optics, and in convexity theory, especially in the context of Alexandrov's theorem.

This paper aims to demonstrate the use of basic methods related to the Monge-Ampere equation in classical mathematical problems.

1. Surfaces with a given Gaussian curvature. For a surface that is the graph of the function $z = u(x, y)$, Gaussian curvature K expressed in terms of

$$K = \frac{\det(D^2u)}{(1 + |\nabla u|^2)^2} .$$

Therefore, a surface with a given curvature function $K(x, y)$ corresponds to equality

$$\det(D^2u) = K(x, y)(1 + |\nabla u|^2)^2 .$$

Solving this equation allows us to construct a surface with a given Gaussian curvature. For example, suppose that $K(x, y) = 1$. Looking for the radial function $u(x, y)$, i.e., such that

$$u(x, y) = \varphi(r), \text{ где } r = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

For a function like this:

$$\nabla u = \varphi'(r) \frac{(x, y)}{r}, \quad D^2 u = \varphi''(r) \frac{(x, y)^T (x, y)}{r^2} + \left(\frac{\varphi'(r)}{r} \right) I,$$

which after substitution gives

$$\det(D^2 u) = \varphi''(r) \left(\frac{\varphi'(r)}{r} \right) + \left(\frac{\varphi'(r)}{r} \right)^2 = \left(1 + (\varphi'(r))^2 \right)^2.$$

We can also consider the inverse problem: to find a surface with constant negative curvature, for example, $K = -1$. Then the equation under consideration takes the form

$$\det(D^2 u) = - \left(1 + |\nabla u|^2 \right)^2,$$

that doesn't have classic solutions to everything R^2 , which displays the fact that there is no global graphical representation of a surface with constant negative Gaussian curvature.

Theorem (Gauss). For any function $K(x, y) > 0$, locally there exists a surface having Gaussian curvature equal to K , which can be described as the graph of the function $u(x, y)$, satisfying the Monge-Ampere equation discussed above.

Theorem (Pogorelov). For a positive smooth function $K(x, y)$ with appropriate boundary conditions, there exists a single-valued convex solution of the Monge-Ampere equation describing a surface with a given Gaussian curvature.

The solution of this type of equations is of great importance not only in the theory of surfaces, but also in numerical applications, for example, in the reconstruction of territory or objects 3D based on curvature information.

2. Geometrical optics and the reflector problem. In geometrical optics, the problem of finding a surface that reflects light from a source so that a given illumination distribution is obtained is often analyzed. Mathematically, if $f(x)$ describes the source distribution, and $g(\nabla u)$ describes the density of directional distribution of rays after reflection, then the surface is described by the function $u(x)$, which satisfies the equality

$$\det(D^2u(x)) = \frac{f(x)}{g(\nabla u(x))}.$$

In the special case where $f = g = 1$, we obtain the equation

$$\det(D^2u(x)) = 1,$$

i.e. the classical Monge-Ampere equation. An example of its solution is

$$u(x, y) = \frac{1}{2}(x^2 + y^2),$$

since then D^2u - is a unit matrix and its determinant is equal to 1. This solution corresponds to a parabolic lens that focuses light rays.

Cafarelli's theorem. Under the assumptions of smoothness and convexity of functions f and g there exists a single-valued convex solution of the Monge-Ampere equation describing the reflector problem.

Theorem (Maximum Principle): Let $\Omega \subset \mathbb{R}^n$ is an open bounded and convex set. Suppose that the functions $u, v \in C^2(\Omega) \cap C^0(\bar{\Omega})$ are convex and also satisfy the condition $\det(D^2u) \geq \det(D^2v)$ in Ω , $u \leq v$ in $\partial\Omega$. Then $u \leq v$ in Ω .

Proof. Recall that if the functions u and v are convex, then their second derivatives exist almost everywhere and are non-negative, and also the convex function reaches a maximum at the boundary of the domain of definition. Let us prove the theorem “in reverse”. Suppose that there exists a point $x \in \Omega$, such that the function $w(x) := u(x) - v(x)$ reaches a positive maximum at the point x_0 , i.e. $w(x_0) = \max\{\Omega^-\}$. Since $u \leq v$ in $\partial\Omega$, then $x \in \Omega$, i.e., the maximum is reached internally. Then: $\nabla w(x) = 0 \Rightarrow \nabla u(x) = \nabla v(x)$,

and $D^2w(x) \leq 0 \Rightarrow D^2u(x) \leq D^2v(x)$ in the sense of symmetric matrices.

The determinant of a function from symmetric matrices (like Hess) is in general non-monotonic, but for positively defined matrices and convex functions the inequality $D^2u(x) \leq D^2v(x)$ suggests that $\det(D^2u) \leq \det(D^2v)$. This contradicts the assumption that $\det(D^2u) \geq \det(D^2v)$. Therefore, it is impossible that w reaches a maximum inside the domain of definition, which completes the proof of the non-equality $u \leq v$ in Ω .

3. Convex geometry and Alexandrov's theorem. In convex geometry an important question is the construction of a convex surface with a given Gaussian curvature distribution described by a measure μ . Alexandrov's theorem says that for every Borel measure μ on the sphere, there exists a convex surface on which the Gaussian mapping has this measure.

In this context, the Monge-Ampere equation takes the form

$$\det(D^2u(x)) = \frac{\mu(x)}{\sqrt{1 + |\nabla u|^2}}.$$

Suppose we are looking for a surface with constant measure $\mu=1$. Then the equation is simplified and can be solved analytically. For example, for a unit sphere in $\mathbb{R}^3$ support function (defined on the unit disk) satisfies the corresponding Monge-Ampere equation and describes half of the sphere.

Theorem (Alexandrov). Each Borel measure μ corresponds to the convex surface for which the support function satisfies the corresponding Monge-Ampere equation and the Gaussian mapping of the surface S induces the measure μ .

Conclusion. The Monge-Ampere equation is a fundamental tool in geometric analysis and arises naturally in problems of constructing surfaces with given geometric properties, as in physical optical applications or in convex geometry. Although its solution is often difficult to find, this equation offers a deep insight into the geometric structure of spaces and surfaces.

Literature

Lee, J. M. Introduction to Smooth Manifolds, 2nd ed. Springer, Graduate Texts in Mathematics, vol. 218, 2012. ISBN: 978-1441999818.

УДК 512(09)

Бурлака О. О. (здобувач бакалаврату, 1 курс)

Павленко І. С. (здобувач бакалаврату, 1 курс)

Науковий керівник - доц. Овсієнко Ю. І.

Полтавський державний аграрний університет (м.Полтава)

МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФОРМИ ВІКОН БУДІВЕЛЬ

Вікна відіграють важливу роль у будівлях. Вони забезпечують комфорт, естетику і функціональність. Форма вікон відображає сучасні тенденції в архітектурі і дизайні споруд, що є об'єктом інновацій і творчості. Виділимо ті характеристики вікон, на які найчастіше звертають увагу під час проєктування в будівництві.

Енергоефективність: сучасні вікна допомагають зменшити витрати на опалення й кондиціювання завдяки високоякісним матеріалам і теплоізоляційним властивостям. Саме за допомогою вікон можна регулювати потік повітря, забезпечуючи свіжість і комфорт у приміщенні.

Естетична складова вікон визначає зовнішній вид будівель, додаючи стилю й унікальності завдяки різним розмірам, формам і дизайну, що дозволяє архітекторам реалізовувати креативні ідеї.

Екологічність, що забезпечується використанням натуральних матеріалів і природнього освітлення, створюючи не тільки затишну атмосферу, а й сприятливе, екологічно чисте середовище для здоров'я мешканців.

У нашому дослідженні ми зупинимося на критерії вибору форми рам вікон, які мають максимальну пропускну здатність світла, за умови, що витрати матеріалів на їх виготовлення є незмінними. Саме ці критерії, є одними із головних показників, що визначають собівартість вінок і будівництва в цілому.

Одним із шляхів підвищення конкурентоспроможності підприємств, що займаються виготовленням продукції для будівництва є мінімізація витрат. Щоб зменшити витрати на виготовлення рам вікон доцільно дослідити їх оптимальну форму найбільшої площі, за якої матеріалів на роботу буде використана наперед задана кількість.

По суті, маємо дві задачі. Перша задача полягає у виборі форми рами вікон, що мають найбільшу площу поверхні. А друга задача: вибір форми рам вікон, що мають найменшу площу частини, яка буде засклена, за умови, що кількість матеріалів на виготовлення рам є величина незмінна в умовах обох задач. Їх розв'язування ґрунтується на використанні похідної для дослідження функцій однієї змінної на екстремум, яка виражає залежність площі поверхні вікна, від її конструктивних розмірів рами.

На рисунку (рис. 1) представлено форми вікон, що найчастіше зустрічаються під час будівництва споруд різного призначення (рис. 1) [2].

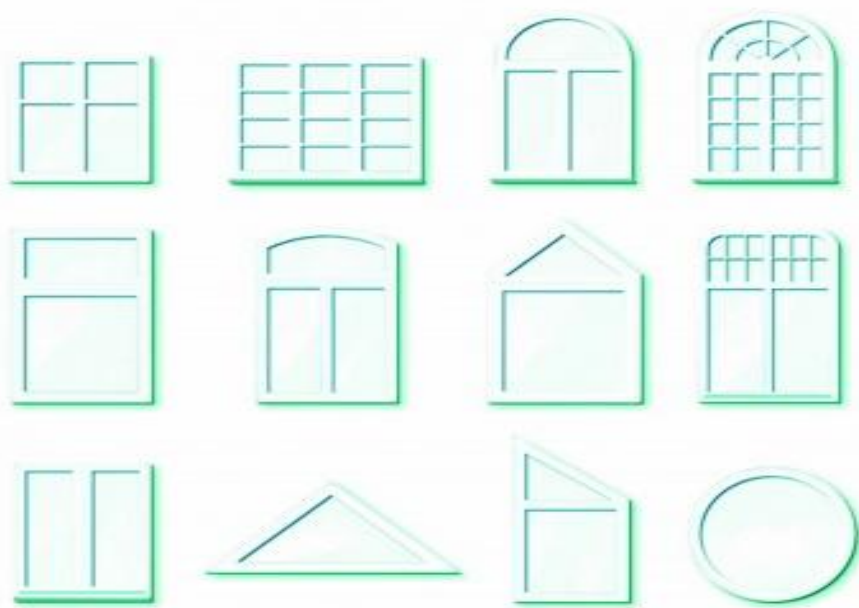


Рис. 1. Найбільш поширена форма вікон

Дослідимо форму рами вікон, що є найбільш поширеною, основою яких є чотирикутник (прямокутник), що є найбільш поширеною у сучасних будівлях.

Вважаємо, що на виготовлення рами одного вікна витрачається p (м) матеріалів, ширина вікна рівна x (м), висота y (м). Площа вікна, основою якого є

чотирикутник рівна сумі його площі і площі фігури, що обмежує його зверху. Загальні формули для обчислення площ вікон різних форм, залежно від конфігурацій рам, представлені у таблиці (табл. 1).

Для визначення оптимальних розмірів рами вікна, за яких його площа буде максимальною виражаємо незалежну змінну y через змінну x , вважаючи, що $p = \text{const}$ (це кількість матеріалів для виготовлення) і досліджуємо функцію $S(x)$ на екстремум [2]. Результати обчислень представлено в таблиці (табл. 1).

Таблиця 1

Різновиди форм вікон та їх оптимальні розміри

Форма рами вікна	Формула площі вікна	Оптимальні розміри рами вікна
прямокутна	$S = \frac{p^2}{16}$	$x = y = \frac{p}{4}$
прямокутна, зверху обмежена рівностороннім трикутником	$S = \frac{p^2}{4(6 - \sqrt{3})}$	$x = \frac{p}{6 - \sqrt{3}}; y = \frac{(3 - \sqrt{3})p}{2(6 - \sqrt{3})}$
прямокутна, зверху обмежена півколом	$S = \frac{p^2}{2(4 + \pi)}$	$x = \frac{2p}{4 + \pi}; y = \frac{p}{4 + \pi}$
прямокутна, зверху обмежена прямокутним трикутником	$S = \frac{p^2}{8(1 + \sqrt{2})}$	$x = \frac{p}{2 + 2\sqrt{2}}; y = \frac{\sqrt{2}p}{4(1 + \sqrt{2})}$
прямокутна, зверху обмежена четвертою частиною кола	$S = \frac{p^2}{16}$	$x = \frac{p}{4}; y = \frac{p(4 - \pi)}{16}$
прямокутна, зверху обмежена половиною шестикутника	$S = \frac{p^2}{20 - 3\sqrt{3}}$	$x = \frac{4p}{20 - 3\sqrt{3}}; y = \frac{(10 - 3\sqrt{3})p}{2(20 - 3\sqrt{3})}$

З метою оптимізації процесу обчислень, доцільним є застосування комп'ютерної техніки, зокрема табличного процесор Excel. Приклади остаточних результатів розрахунків, за умови, що периметри рам рівні 10 м і 20 м, представлено в таблиці (табл. 2).

Отже, для кращого освітлення й вентиляції приміщення доцільним є вибір форми віконних рам, обмежених зверху півколом, оскільки їх площа, при

заданих витратах матеріалів на виготовлення рам буде найбільшою. Щодо економії скла, то задача буде оберненою: найменші витрати скла передбачені під час виготовлення вікон, обмежених зверху прямокутним трикутником, оскільки їх площа є найменшою.

Таблиця 2

Приклади обчислень площі вікон, залежно від периметру і форми рами

Прямо- кутна форма рами	Прямо- кутна, зверху обмежена рівносто- роннім три- кутником	Прямо- кутна, зверху обмежена півколом	Прямо- кутна, зверху обмежена прямокутним трикутником	Прямо- кутна, зверху обмежена четвертою частиною кола	Прямо- кутна, зверху обмежена половиною шестикут- ника	Периметр, м
6,25	5,858	7,001	5,178	6,25	6,755	10
25	23,430	28,005	20,711	25	27,020	20

У дослідженні розглянуто найбільш поширені форми віконних рам. Зустрічаються в будівлях й інші, менш поширені форми вікон. Представлений алгоритм дозволяє обчислювати витрати матеріалів для різних варіацій геометричних фігур у конструкції віконних рам.

Анотація. Дослідження присвячене задачі прикладного змісту, вимога якої полягає у обґрунтуванні вибору форми рам вікон, які мають найбільшу площу поверхні (для більшої пропускної здатності світла і вентиляції приміщень) за умови, що периметр (довжина матеріалу, для виготовлення рам) є сталою величиною.

Ключові слова: екстремум функції, периметр, площа поверхні, форма рами вікна.

Література:

1. Гладунський В.Н. Вища математика й елементи логіки: означення, формули, приклади : Навч. посіб. Львів : Афіша, 2008. 490 с.
2. [Круглі, трикутні, арочні вікна : сайт віконної фабрики.](https://viknafabrika.lviv.ua/standartni-vikna/okna-standartnoj-formy-2/) URL: <https://viknafabrika.lviv.ua/standartni-vikna/okna-standartnoj-formy-2/>

Войтюк С. В. (здобувач магістратури, 1 курс)
Красний А. В. (здобувач магістратури, 1 курс)
Наковий керівник - доц. Рудик О. Ю.
*Хмельницький національний університет,
(м. Хмельницький)*

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПРОГИНУ ВАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Математична суть підходу до розрахунку конструкцій на основі ідеалізації континуального середовища дискретними елементами, названого методом скінченних елементів, обґрунтована заміною систем диференціальних рівнянь алгебраїчними системами, які мають канонічну форму (структура інваріантна по відношенню до конкретного виду конструкцій) у матричній формі [1, 2, 3].

Застосування комп'ютерного моделювання розглянемо на прикладі твердотілого проєктування та наступної перевірки статичної міцності однієї з деталей пристрою для контролю прогину валів – блокуючої шпонки (поз. 19 на рис. 1, а).

Задачею дослідження ставилось визначення максимальної сили, яку можна прикласти до блокуючої шпонки (рис. 2, а) при допустимому коефіцієнті запасу міцності $[n] = 3$. Для цього використали SolidWorks – 3D-систему гібридного (твердотілого й поверхневого) параметричного моделювання [4], а для проведення інженерних розрахунків – SolidWorks Simulation [5], яка повністю інтегрована в робоче середовище SolidWorks:

- у SolidWorks створили 3D-модель блокуючої шпонки (рис. 2, б);
- у SolidWorks Simulation призначили їй матеріал (сталі 18ХГТ ДСТУ 7806 2015);
- провели її закріплення та задали область навантаження.

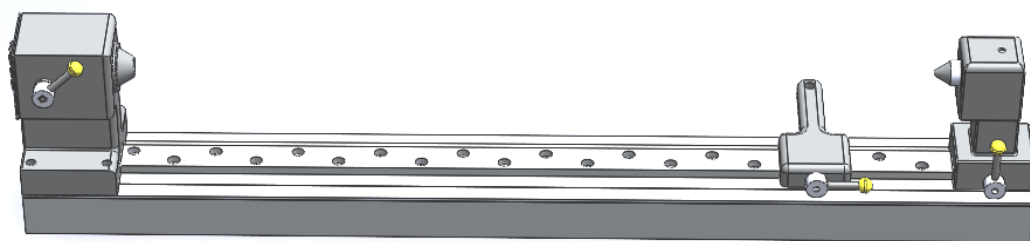
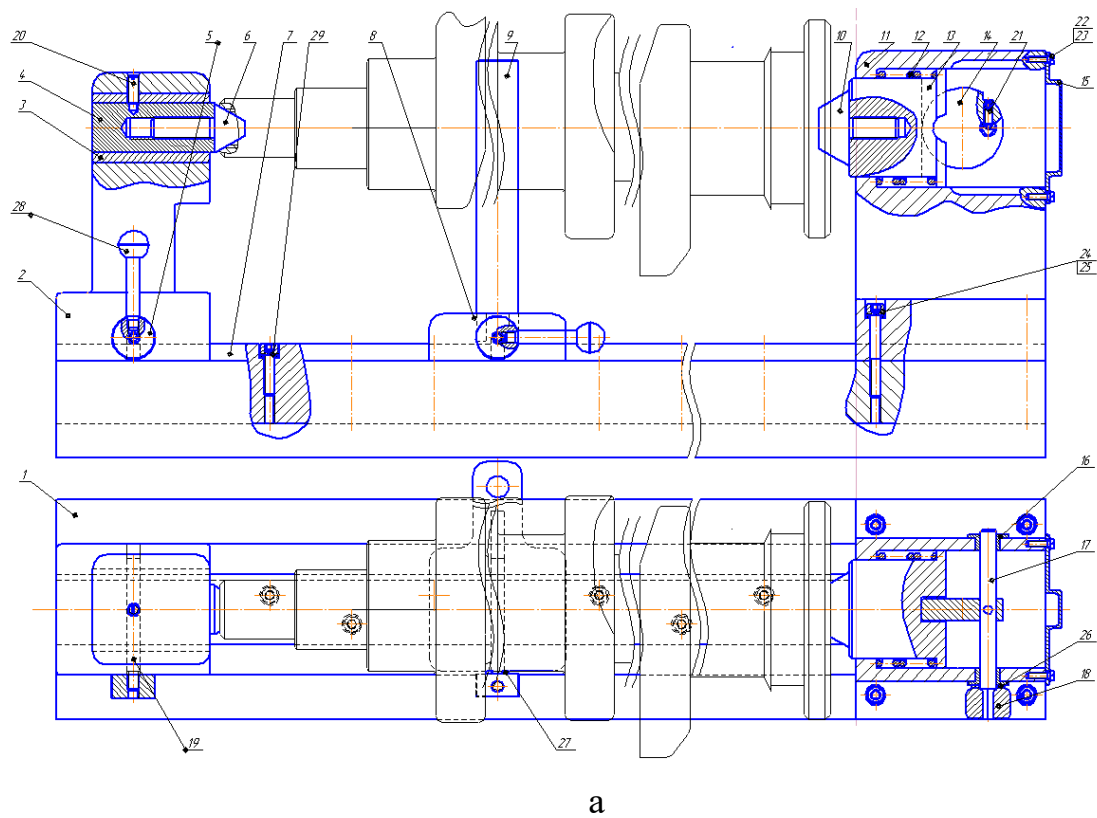


Рис 1. Складальне креслення пристрою для контролю прогину валів (а) та його 3D-модель (б)

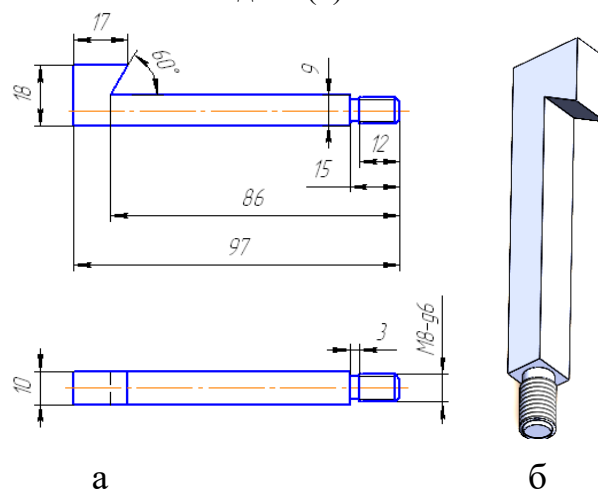


Рис. 2. Креслення (а) і 3D-модель блокуючої шпонки (б)

Після цього система визначила контактні взаємодії та створила

скінченно-елементну модель блокуючої шпонки (рис. 3).

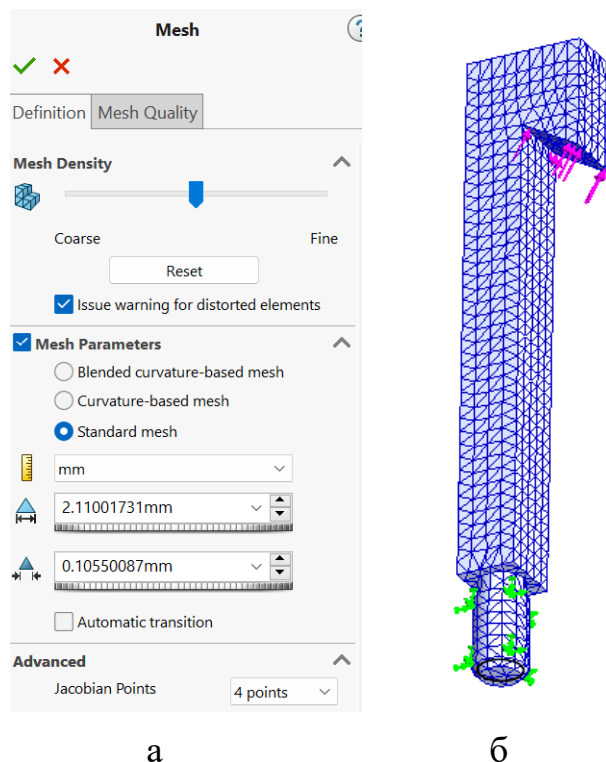


Рис. 3. Параметри сітки (а) та її відображення на моделі блокуючої шпонки (б)

Враховуючи з'єднання між елементами, програмне забезпечення SolidWorks Simulation створило алгебраїчні рівняння, які пов'язують реакцію з властивістю матеріалу, обмеженнями і навантаженнями. Після упорядкування рівнянь у загальну систему знаходились невідомі (рис. 4).

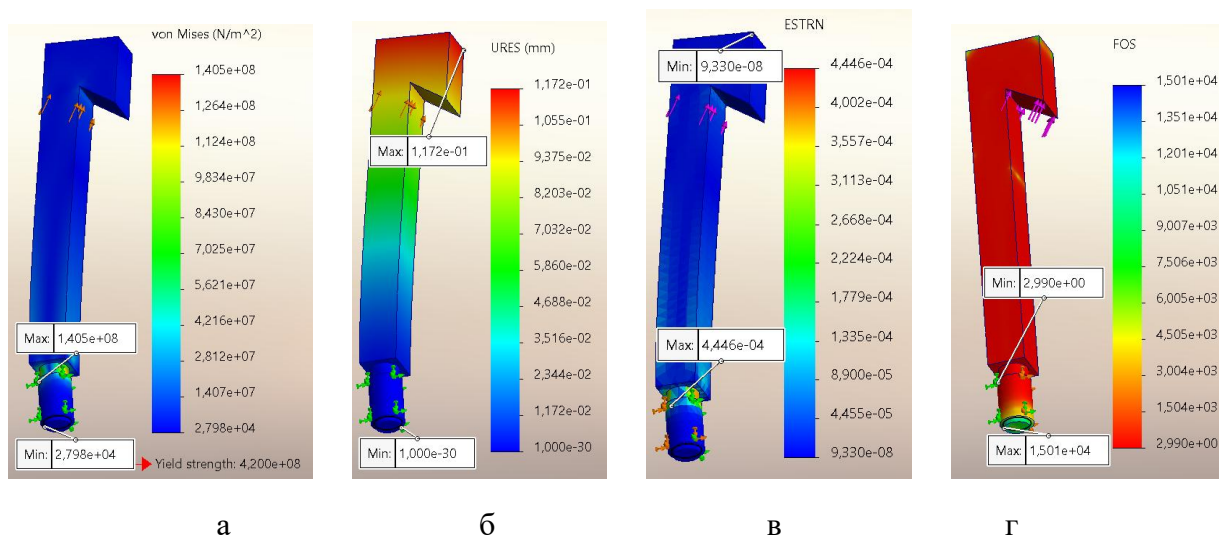


Рис. 4 – Епюри сумарних напружень (а), переміщень (б), еквівалентних деформацій (в), запасу міцності (г) блокуючої шпонки

Встановлено, що максимальна сила, яке не призведе до порушень техніки

безпеки блокуючої шпонки (при мінімальному допустимому запасі міцності $[n] = 3$), становить 150 Н. Таким чином, застосування CAD-системи SolidWorks та її додатку – CAE-системи SolidWorks Simulation, заснованої на методі скінченних елементів, підтверджує актуальність проведеного дослідження. Але для визначення працездатності розглянутого пристрою для контролю прогину валів необхідно дослідити інші його складові деталі.

Анотація. На прикладі CAD-системи SolidWorks та її додатку – CAE-системи SolidWorks Simulation застосовано математичний засіб комп'ютерного моделювання (метод скінченних елементів) для дослідження пристрою для контролю прогину валів.

Ключові слова: SolidWorks, SolidWorks Simulation, метод скінченних елементів, пристрій для контролю прогину валів, блокуюча шпонка, максимальна сила.

Література

1. Рудик О. Ю. SolidWorks як інноваційний засіб вивчення дисциплін автомобільного профілю / О. Ю. Рудик, О. В. Диха // «Системні технології» 3 (128) 2020. – С. 21-35. – Режим доступу: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/178/92>
2. Рудик О. Ю. Застосування SolidWorks у навчальному процесі / О. Ю. Рудик Н. С. Маріїн, С. І. Ярошук // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка» / укл. Н. В. Кононець, В. О. Балюк. – Полтава: КУЕП ПДАА, 2020. – С. 96-100. – Режим доступу: <http://acup.poltava.ua/wp-content/uploads/2020/02/36ірник-2020-0203.pdf>
3. Рудик О. Ю. Інноваційні підходи при викладанні дисциплін автомобільного спрямування / О. Ю. Рудик, О. В. Диха, К. Е. Голенко // «Системні технології» 2 (151) 2024 «System technologies». – С. 144-154. – Режим доступу: <https://elar.khmnmu.edu.ua/handle/123456789/16977>
4. Рудик О. Застосування SolidWorks для підготовки висококваліфікованих фахівців / О. Рудик, П. Каплун, В. Гончар // Актуальні проблеми в системі освіти: заклад загальної середньої освіти – доуніверситетська підготовка – заклад вищої освіти: зб. наук. праць матеріалів VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 17 лютого 2022 р., м. Київ, Національний авіаційний університет. – К.: НАУ, 2022. – С. 699-706. – Режим доступу: <https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/APSE/issue/view/879>
5. Rudyk Oleksandr. Problems of two-wheeled vehicle repair / Oleksandr Rudyk, Pavlo Kaplun, Volodymyr Gonchar // Electronic International Scientific Journal «Actual problems in the system of education: general secondary education institution – pre-university training – higher education institution» (ISSN 2786-5487 online) № 4, 2024. – Pp. 68-77. – URL: <https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/APSE/article/view/18722>

Глоба М. А. (здобувач бакалаврату, 2 курс),
Бажан С. В. (здобувач бакалаврату, 2 курс)
Науковий керівник – доц. Ємельянова Т. В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПОБУДОВА ФАЗОВОГО ПОРТРЕТУ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ 2-ОГО ПОРЯДКУ З КУБІЧНОЮ НЕЛІНІЙНІСТЮ

Широкий розвиток робіт з побудови математичних моделей систем керування складними процесами пов'язано з розв'язком багатьох галузей економіки. Будування моделі поведінки систем, зміни стану об'єктів нерозривно пов'язано з відбором математичного апарату, основу якого складає теорія диференціальних рівнянь. В більшості випадків динаміка систем описується звичайними диференціальним рівняннями чи системами звичайних диференціальних рівнянь. При будуванні моделі системи з заданими динамічними характеристиками, які відповідають визначеному режиму роботи, треба не тільки побудувати систему диференціальних рівнянь та додати початкові умови для отримання певного розв'язку математичної моделі.

При будуванні математичної моделі системи, яка повинна знаходитися в визначеному режимі виникає проблема стійкості динамічного режиму системи в наслідок неминучих відхилень початкових умов, що визначаються зовнішньою дією. При аналізі поведінки динамічної системи, яка є математичною моделлю досліджуваного процесу, звертають увагу на її стійкість, тобто на реакцію динамічної системи на мале збурення початкової умови.

Математична модель деякого процесу це система співвідношень, які описують досліджуваний процес. Моделювання процесу пов'язане з використанням диференціальних рівнянь чи систем диференціальних рівнянь. Дуже часто розробка моделі потребує якісного дослідження диференціального апарату.

В такому випадку використовують методи дослідження диференціальних рівнянь чи систем диференціальних рівнянь на фазовій площині, що відповідає будуванню фазового портрету диференціального апарату.

Приведемо приклад дослідження фазового портрету автономної механічної системи з одним ступенем вільності, що описується диференціальним рівнянням 2-го порядку з кубічною нелінійністю

$$\frac{d^2x}{dt^2} = x(x^2 - a^2) \equiv f(x), \quad a > 0.$$

Це рівняння еквівалентне системі однорідних диференціальних рівнянь 1-го порядку

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= p, \\ \frac{dp}{dt} &= x(x^2 - a^2). \end{aligned}$$

Корені $x_1 = 0, x_{2,3} = \pm a$ рівняння $f(x) = 0$ визначають три точки спокою системи $(x_1, p) = (0, 0), (x_2, p) = (a, 0), (x_3, p) = (-a, 0)$. Достатньо просто дослідити на стійкість ці точки. Для цього розкладемо функцію $f(x)$ в ряд в околі кожної з них

$$f(x) = f(x_i) + f'(x_i)(x - x_i) + o(x - x_i), \quad i = 1, 2, 3.$$

Оскільки, $f(x_i) = 0, \quad i = 1, 2, 3$ то $f(x) = f'(x_i)(x - x_i), \quad i = 1, 2, 3$. Система рівнянь приймає вигляд

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= p, \\ \frac{dp}{dt} &= f'(x_i)(x - x_i), \quad i = 1, 2, 3. \end{aligned}$$

Позначимо $(x - x_i) = \bar{x}, \quad i = 1, 2, 3$. Дослідження точок спокою зводиться до дослідження системи

$$\begin{aligned} \dot{\bar{x}} &= p, \\ \dot{p} &= f'(x_i) \cdot \bar{x}, \quad i = 1, 2, 3. \end{aligned}$$

Характеристичне рівняння системи має корені

$$\begin{vmatrix} -\lambda & 1 \\ f'(x_i) & -\lambda \end{vmatrix} = \lambda^2 - f'(x_i) = 0 \Rightarrow \lambda_{1,2} = \pm \sqrt{f'(x_i)}.$$

Знайдемо знак похідної $f'(x) = (x(x^2 - a^2))' = 3x^2 - a^2$ в точках покою $x_1 = 0, x_{2,3} = \pm a$. Якщо $f'(x_i) > 0$, тоді характеристичні числа дійсні та різних знаків, а точка покою є нестійкою. Якщо $f'(x_i) < 0$, тоді характеристичні числа уявні, точка покою стійкою, не буде асимптотичне стійкою. Тому, точка покою $(x_1, p) = (0, 0)$, для якої виконується співвідношення

$f'(0) = -a^2 < 0$, є стійкою, а точки покою $(x_2, p) = (a, 0), (x_3, p) = (-a, 0)$, для яких виконується співвідношення $f'(a) = a^2 > 0$, є нестійкими.

Систему диференціальних рівнянь розглядаємо у просторі R^3 . Розв'язки системи у тривимірному просторі R^3 змінних (x, y, t) визначають інтегральні криви.

Площина змінних (x, y) в цьому просторі має назву фазової площини, проекція інтегральної кривої в напрямку змінної t на цю площину називається фазовою траєкторією.

З рівнянь системи

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= p, \\ \frac{dp}{dt} &= x(x^2 - a^2). \end{aligned}$$

отримаємо рівняння 1-го порядку відносно невідомої функції $p(x)$

$$\frac{dp}{dx} = \frac{x(x^2 - a^2)}{p}.$$

Функція $p(x)$ відповідає фазовим траєкторіям системи. Розв'язуємо це рівняння

$$p dp = x(x^2 - a^2) dx \Rightarrow \frac{p^2}{2} = \int x(x^2 - a^2) dx \Rightarrow \frac{p^2}{2} = \frac{x^4}{4} - a^2 \frac{x^2}{2} + C.$$

Рівняння фазових траєкторій описуються формулою

$$p = \pm \sqrt{\frac{x^4}{4} - a^2 \frac{x^2}{2} + C}.$$

Для якісного дослідження системи робимо графічні зображення функцій $f(x)$, $\frac{p^2}{2}(x)$, $p(x)$ та фазових траєкторій системи при різних значеннях сталої C . Графік функції $f(x)$ представлено на рис. 1.

Графік функції $\frac{p^2}{2} = -\frac{x^3}{3} + a \frac{x^2}{2} + C$ представлено на рис.2.

Оскільки, $\frac{p^2(x)}{2} \geq 0$, рівняння

$$\frac{p^2}{2} = \frac{x^4}{4} - a^2 \frac{x^2}{2} + C$$

визначає граничні значення змінної x , при яких ця умова виконується

$$\frac{x^4}{4} - a^2 \frac{x^2}{2} + C = 0$$

Вводимо нову змінну $z=x^2$, рівняння

$$z^2 - 2a^2 z + 4C = 0$$

має корені

$$z_{1,2} = \frac{2a^2 \pm \sqrt{4a^4 - 16C}}{2}.$$

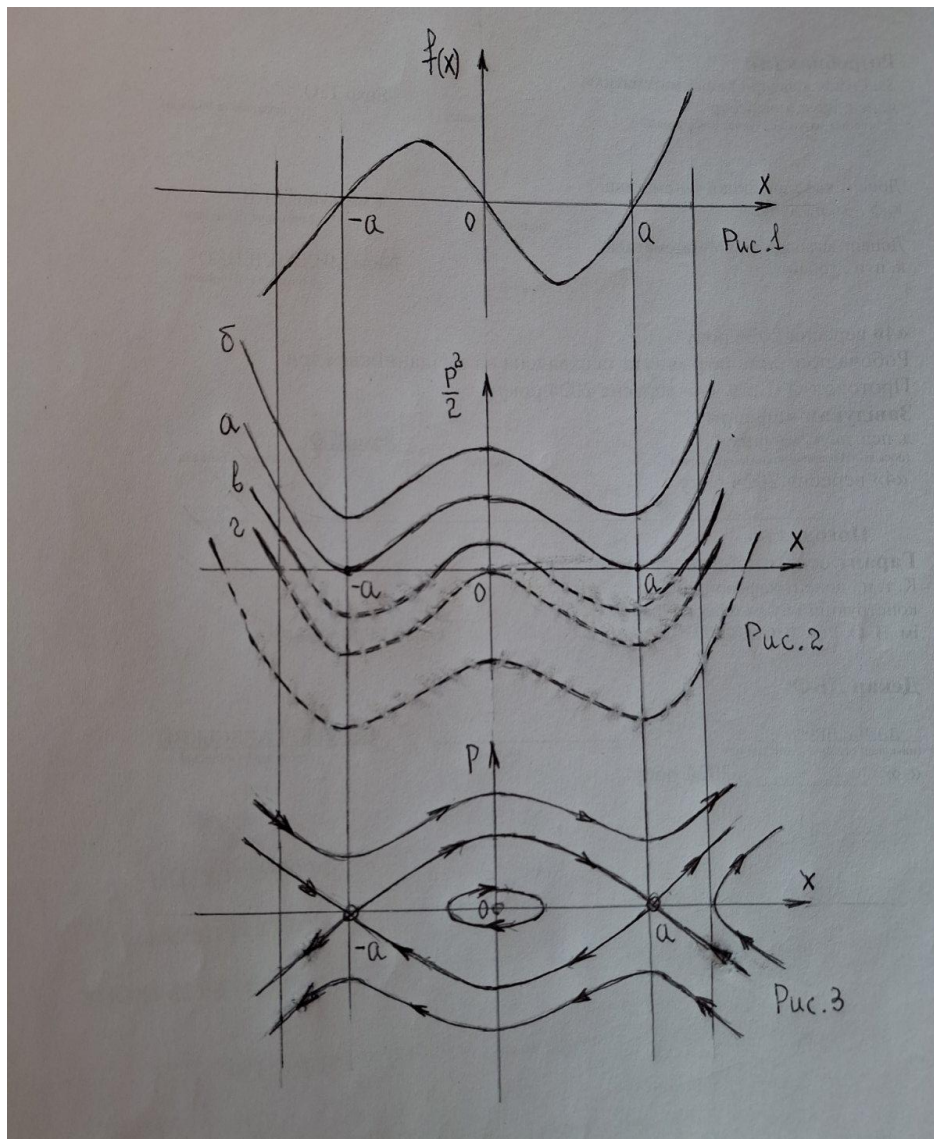
При виконанні умови $C = \frac{a^4}{4}$ змінна z приймає значення a^2 , змінна x дорівнює

$x = \pm a$ (рис. 1а). При збільшенні сталої C , $C > \frac{a^4}{4}$, графік первісної від функції

$f(x)$ підвищується (рис. 2б), при зменшенні сталої C , $0 < C < \frac{a^4}{4}$, графік

функції опускається (рис. 2в). Якщо стала $C=0$ графік функції перетинає ось ox в точках $x = \pm\sqrt{2}a$, а в точці $x=0$ він дотичний відносно осі ox (рис. 2г).

Напрямок руху точки по фазовій траєкторії з зміною часу t показано на рис. 3 стрілками. Цей напрямок легко визначити: якщо $p = \frac{dx}{dt} > 0$ (верхня півплощина), то x – збільшується, рух вздовж траєкторії здійснюється у праву сторону; якщо $p = \frac{dx}{dt} < 0$, x зменшується, рух вздовж траєкторії здійснюється - наліво.



При зміні значення сталої C фазові траєкторії значно змінюються. З збільшенням сталої $C > \frac{a^4}{4}$ крива піднімається, відповідно, фазові траєкторії

системи - незамкнуті траєкторії. Зменшення сталої C до 0 призводить до появи на фазовій площині трьох проміжків. В інтервалі $(-a, a)$ знаходяться замкнуті траєкторії, в інтервалі $|x| > a$ - незамкнуті фазові траєкторії. Замкнуті траєкторії при $C=0$ стягуються до точки покою $(0,0)$.

Анотація. Досліджено якісну характеристику розв'язків у вигляді фазових портретів автономної нелінійної системи складеної з диференціального однорідного рівняння 2-го порядку з кубічною нелінійністю. Визначено, що система має три точки покою, однак, тільки одна з них є стійкою. Вивчено умови появи серед фазових траєкторій системи замкнутих траєкторій, що відповідає періодичному руху точки вздовж них. Доведено, що умови пов'язані з певним значенням сталої C , яка визначає функцію $p(x)$ – швидкість та напрямок руху точки вздовж траєкторії.

Якісна характеристика автономної системи рівнянь у вигляді фазового портрету надає кінематичну інтерпретацію розв'язків автономної системи рівнянь, що є необхідним та важливим кроком у складанні математичної моделі.

Література

1. Дослідження стійкості розв'язків систем диференціальних рівнянь. Навчально-методичний посібник:[Електронний ресурс]: для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 111 “Математика” / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А.Л.Гречко, М.Є.Дудкін. – Електронні текстові дані (1 файл: 345Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 25с.
2. Теорія стійкості руху: курс лекцій / С. А. Щоголев. – Одеса : Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2017. – 148 с.

Горохова А. А. (здобувач бакалаврату, 2 курс)
Пташний М. О. (здобувач магістратури, Ягелонський
університет, Краків, Польща)

Науковий керівник – доц. Пташний О. Д.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРЕМИ РОЛЛЯ У ЗАДАЧАХ ТЕОРІЇ АПРОКСИМАЦІЇ

Постановка задачі. Як відомо, теорема Ролля є однією з фундаментальних теорем математичного аналізу, на яких базується теорія диференційованих функцій. Хоча у теорії апроксимації, як правило, рідко посилаються на пряму на цю теорему, її ідея – існування точки, де похідна перетворюється на нуль, лежить в основі оцінки похибок наближень, побудові

інтерполяційних поліномів, оцінки швидкості збіжності. Саме вона дає ключовий крок у доведенні точності наближення або існування проміжних точок.

У даній роботі розглядається поняття простору Хаара - певного узагальнення простору поліномів – ключового об'єкту теорії апроксимації. Поставлена задача – коротко охарактеризувати основну задачу теорії апроксимації та виділити і акцентувати використання теореми Ролля при доведенні «хааровості» простору поліномів.

Як відомо, теорія апроксимації займається питанням знаходження найкращого наближення елементів однієї множини елементами іншої множини. Наприклад, у геометрії – це може бути знаходження координат такої точки на поверхні фігури, яка мінімально віддалена від даної, що не належить цій фігурі. А в математичному аналізі – це, скажімо, знаходження найкращого наближення функції, неперервної на відрізку, поліномом якоїсь степені. Останній приклад, як ми знаємо, є важливим при знаходженні інтегралів, бо знайти інтеграл від якоїсь неперервної функції може бути складно, а інтегрувати поліноми дуже просто. Очевидно, що точка найкращого наближення не завжди існує, а також може бути і не одна.

Введемо позначення.

1) $dist(x, V) = \inf_{v \in V} \{d(x, v)\}$ - відстань від точки до множини;

2) v_0 - найкраще наближення, якщо $d(x, V) = d(x, v_0)$;

3) $P_V(x) = \{v_0 \in V : dist(x, V) = d(x, v_0)\}$ множина точок найкращого наближення.

4) Будемо називати множину V проксиміальною, якщо $\forall x \in X \quad P_V(x) \neq \emptyset$, тобто в ній завжди є точка найкращого наближення. Очевидно, що не кожна множина є проксиміальною, наприклад,

$$x_0 = 0 \quad V = \left\{ \frac{1}{n} : n \in \mathbb{N}_+ \right\} ;$$

5) Будемо називати проксиміальну множину V чебишевською, якщо $\forall x \in X \quad \#P_V(x) = 1$, тобто, якщо в неї існує тільки одна точка найкращого наближення. Зрозуміло, що не всі множини є чебишевськими.

Встановлення проксиміальності та чебишевості є одним з найважливіших питань теорії апроксимації. У даній роботі нас буде цікавити чебишевисть у просторі функцій, неперервних на відрізку. Але, щоб показати неочевидний зв'язок цього питання з теоремою Ролля, наведемо ще одне важливе означення.

Означення. Множину $V \subset C(T)$ називають n - вимірним простором Хаара, якщо $\forall t_1, t_2, \dots, t_n \in T$ та $\forall v \in V$ з умови $v(t_1) = v(t_2) = \dots = v(t_n) = 0$ випливає, що $v \equiv 0$.

Простори Хаара можна сприймати, як узагальнення простору поліномів. При цьому, із-за того, що $\dim P_n = n + 1$, коли кажуть про n - вимірний простір Хаара, краще думати про простір поліномів P_{n-1} . Наприклад, одновимірний простір Хаара P_0 – це множина функцій виду $f = \text{const}$, які, очевидно, якщо приймають значення 0 в одній точці, то дорівнюють нулю всюди. А двовимірний простір Хаара P_1 - це множина функцій виду $f \equiv ax + b$, які, очевидно, якщо приймають значення 0 у двох точках, то дорівнюють нулю всюди. Відмітимо відомий фундаментальний факт щодо просторів Хаара.

Теорема. Простір $V \subset C(T)$ розмірності n є чебишевським тоді та тільки тоді, якщо він є простором Хаара.

Відмітимо, що існують і рівносильні означення хааровості, які ми не будемо наводити у даній роботі.

Оскільки в основному означенні простору Хаара мова йде про точки, у яких функція приймає значення 0, то можна розраховувати, що теорема Ролля (у якій стверджується: якщо диференційована функція приймає у двох точках однакові значення, то її похідна перетворюється на 0 десь між цими точками) може «працювати» при перевірці Хааровості простору.

Проілюструємо сказане прикладом. Розглянемо простір $V = \text{lin}\{e^{\alpha_1 x}, \dots, e^{\alpha_n x}\}$, де α_i – різні. Доведемо, що він є n -вимірним простором Хаара в $C_{[a,b]}$.

Використаємо індукцію по n . Для $n=1$ твердження є очевидним, бо, так як $e^{\alpha_1 x} > 0$, з умови $a_1 e^{\alpha_1 x} = 0$ випливає, що $a_1 = 0$. Припустимо, що твердження є вірним для розмірності $n-1$. Тепер нехай

$$f(x) = a_1 e^{\alpha_1 x} + a_2 e^{\alpha_2 x} + \dots + a_n e^{\alpha_n x} = 0 \quad \text{для } n \text{ чисел з } [a, b]. \quad (1)$$

Нам треба показати, що $a_1 = a_2 = \dots = a_n = 0$. Без обмеження загальності припустимо впорядкованість $\alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_n$ та поділимо (1) на $e^{\alpha_1 x}$ і отримаємо рівність $a_1 + a_2 e^{(\alpha_2 - \alpha_1)x} + \dots + a_n e^{\alpha_n(\alpha_n - \alpha_1)x} = 0$, яка виконується для n різних значень x . Тоді за теоремою Ролля похідна лівої частини цієї рівності –

$$a_2(\alpha_2 - \alpha_1)e^{(\alpha_2 - \alpha_1)x} + \dots + a_n(\alpha_n - \alpha_1)e^{\alpha_n(\alpha_n - \alpha_1)x} = 0 \quad \text{для}$$

$n-1$ значень x , які знаходяться між початковими. За припущенням індукції це означає, що $a_2 = \dots = a_n = 0$, звідки випливає, що і $a_1 = 0$. Отже, доведено, що $f(x) \equiv 0$, а це і означає, що V є простором Хаара.

Зауваження. Даний результат можна перенести на схожий простір $V = \text{lin}\{x^{\alpha_1}, \dots, x^{\alpha_n}\}$ через бієктивне перенесення

$$[\ln a, \ln b] \ni t \mapsto e^t \in [a, b], \quad x = e^t.$$

Наведемо цікавий приклад застосування теореми Ролля у інтерполяції. Нехай $f \in C_{[a,b]}$ – функція класу C^n і нехай

$$w(x) = (x - x_1)(x - x_2) \dots (x - x_n), \quad \text{де } x_1, x_2, \dots, x_n \in [a, b] \text{ – різні, а}$$

$L[x_1, x_2, \dots, x_n; f](x)$ – поліном (єдиний), який приймає у точках $x_1, x_2, \dots, x_n$ такі ж значення, як f . Доведемо, що тоді

$$\|f(x) - L[x_1, x_2, \dots, x_n; f]\|_{[a,b]} \leq \frac{1}{n!} \|f^{(n)}\|_{[a,b]} \|w\|_{[a,b]},$$

звідки впливатиме інтуїтивно зрозумілий висновок: чим більше точок для інтерполяції візьмемо, тим краще наближення отримаємо.

Доведення. Нехай $x \in [a, b] \setminus \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ - конкретне число. Нехай

$$\varphi(t) = f(t) - L[x_1, x_2, \dots, x_n; f](t) - \frac{f(x) - L[x_1, x_2, \dots, x_n; f](x)}{w(x)} w(t). \quad \text{Зауважимо,}$$

що $\varphi(x) = 0$, а також $\varphi(x_i) = f(x_i) - f(x_i) = 0$, тобто у функції $\varphi \in n+1$ нуль на $[a, b]$. При цьому, функція φ - класу C^n , так як f та L - класу C^n . Таким чином, за теоремою Ролля функція φ' має n нулів.

Продовжуючи таким чином, отримуємо, що $\varphi^{(n)}$ має нуль - у. Так як L - поліном $n-1$ степеня, а $w^{(n)} = n!$, маємо

$$0 = \varphi^{(n)}(y) = f^{(n)}(y) - n! \frac{f(x) - L[x_1, x_2, \dots, x_n; f](x)}{w(x)}, \quad \text{тобто}$$

$$\|f - L\| \leq \frac{1}{n!} \|f^{(n)}\| \|w\|,$$

що і треба було довести.

Із усього розглянутого випливає, що теорема Ролля є дуже важливим «інструментом» у теорії апроксимації. Гадаємо, що нові її застосування чекають на своє відкриття.

Література

Cheney, E. W. Introduction to Approximation Theory. New York: McGraw-Hill, 2016.

Єсіпов О. А. (здобувач бакалаврату, 2 курс)

Науковий керівний - ст. викл. Мороз І. І.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РОЗРАХУНОК ДИНАМІКИ ГІДРОПРИВОДА БУРИЛЬНО-КРАНОВОЇ МАШИНИ

Бурильно-кранові машини (БКМ) створені на базі тракторів і призначені для буріння шурфів під різні опори в ґрунтах і широко

застосовуються при виконанні будівельно-дорожніх робіт. До складу машини входять бурова установка і кранове обладнання. Сучасною тенденцією є застосування об'ємного гідропривода не тільки для підйому-опускання стріли, а також для обертання бурового обладнання. Об'ємний гідропривод дає багато переваг над механічним, зокрема здійснення режимів безступеневої зміни швидкості технологічного обладнання, спрощення щодо розташування гідро-пристроїв відносно робочих органів за допомогою рукавів високого тиску, і безумовно, надійний захист від перевантажень за тиском. В той же час ведуться науково-дослідницькі і конструкторські роботи щодо підвищення ККД гідропривода, енергозбереження і автоматизації його роботи. Бурильна стріла здійснює підйом та опускання робочого органу машини, а також виконує важливу технологічну операцію подачі бурильного шнека в ґрунт. Продуктивність бурильної установки суттєво залежно від швидкодії подачі, тому слід вважати доцільним виконати аналіз функціонування гідропривода стріли з урахуванням динамічних навантажень бурильної установки.

На рис. 1 показана машина БКМ-2М на базі трактора ХТЗ-17221 з об'ємним гідроприводом обертання шнеку [1;2]. Об'ємний гідропривод обертання бурового обладнання також застосований на машині БКМ-2М на базі трактора ХТА-200. Машина БКМ-2М функціонує з діаметрами шурфу до 420 мм, глибина буріння досягає 2500 мм, частота обертання буру від 60 хв^{-1} до 120 хв^{-1} , вантажопідйомність кранового обладнання до 2 кН.



Рис. 1. Машина БКМ-2М на базі трактора ХТЗ-17221 з гідравлічним приводом обертання буру

За результатами огляду інформаційних джерел приходимо до висновку, що на даний час відсутні роботи, пов'язані з комплексним дослідженням роботи бурильного обладнання щодо динамічних навантажень на стрілу підйому-опускання бурового шнеку на різних етапах технологічного процесу буріння. Тому приймаємо рішення щодо вдосконалення гідропривода стріли з метою підвищення енергозбереження та розробки методик статичного та динамічних розрахунків. Ставимо задачу моделювання роботи гідропривода з використання пакету прикладних VisSim на режимах зі змінним за часом навантаженням стріли з боку бурильного шнекового обладнання.

На рис. 2 приведена розрахункова схема гідропривода переміщення гідроциліндрів стріли Ц1 і Ц2 бурильно-кранового обладнання машини БКМ. Робочий режим крану при підйомі вантажу приведений на рис. 2,а, де на гідроциліндри Ц1 і Ц2 діє зовнішнє навантаження $F_{Ц}$, яке треба подолати шляхом підведення РР в порожнини А1 і А2 під тиском p_A і для створення необхідної швидкості гідроциліндра v для подолання переміщення значенням y за час t треба підвести витрату $Q_{ЦА}$. В гідроциліндрі діють сили тертя $\Delta F_{Ц}$ в поршневому і штоковому ущільненнях, а також втрати тиску при течії РР. Ці сили тертя є гідромеханічними втратами і визначають гідромеханічний ККД гідроциліндра. Силу зовнішнього навантаження $F_{Ц}$ і сили тертя $\Delta F_{Ц}$ треба подолати за допомогою тиску p_A . Робоча рідина (РР) зливається зі штокових порожнини В1 і В2 гідроциліндрів під тиском $p_{зл}$. Характеристикою ділянки підводу РР є її стисливість (визначається модулем пружності E) і початковий об'єм поршневої порожнини $V_{пп}$. На рис. 2,б приведена схема роботи гідропривода при опусканні стріли для здійснення навантаження на буровий шнек. РР під тиском p_B і витратою $Q_{ЦВ}$ підводиться в штокові порожнини В1 і В2 гідроциліндрів Ц1 і Ц2 для подолання зовнішнього навантаження $F_{Ц}$. Одночасно РР зливається з поршневих порожнини А1 і А2 гідроциліндрів під тиском $p_{зл}$.

Слід відзначити, що робота бурильної стріли може бути розглянута на двох режимах. При підйомі стріли без протидії ґрунту на шнек, коли останній обертається, практично на гідроциліндри діє мінімальне зусилля зовнішнього навантаження. Але в тому випадку, коли бур не обертається при поламці гідромотора, зусилля на гідроциліндри може суттєво зростати для зрушування бурового шнеку з землі. Тому розглядаємо гідропривод переміщення бурильної стріли на двох режимах, які можуть бути екстремальними щодо значень зовнішнього навантаження на гідроциліндри. У зв'язку з тим, що гідроциліндри працюють паралельно, то для спрощення запису розрахункових формул розглядаємо один гідроциліндр, а при визначенні подачі насосу та вибору його робочого об'єму, а також ККД гідропривода і діаметрів трубопроводів внесемо необхідні подвійні значення витрати. Такий підхід дасть можливість обрати окремо конкретний гідроциліндр з номенклатурного ряду їх виробника [3].

Крім того, перехід на живлення гідропривода від аксіальнопоршневого насосу з номінальним тиском в 28 МПа (максимальним 35 МПа) дає можливість підняти значення зовнішнього навантаження на гідроциліндри, тобто підняти технічний рівень бурильної установки.

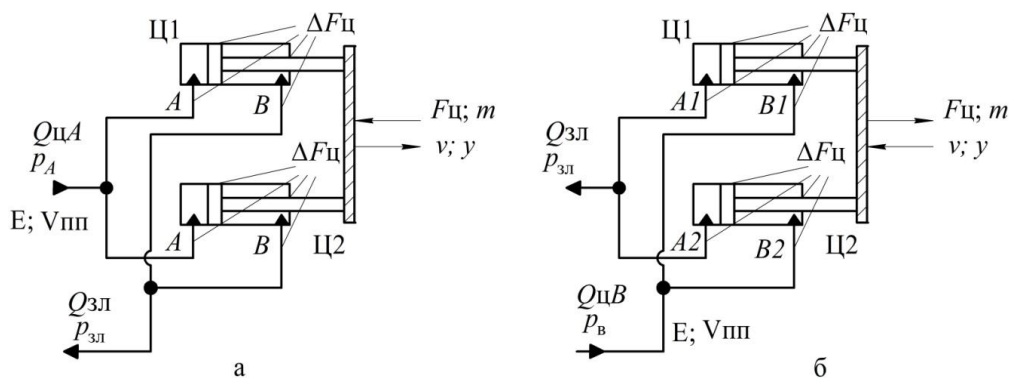


Рис. 2. Розрахункові схеми гідропривода переміщення кранової і бурової стріл при підводі РР в поршневу (а) або штокову (б) порожнини

Для проведення динамічних розрахунків гідропривода нахилу бурильної стріл розглядаємо режими роботи гідропривода при найбільш напруженому режимі, коли треба витягнути буровий шнек з ґрунту. На такому режимі треба

створювати максимальне зусилля на стрілу щоб витягнути бур з ґрунту. Обмеженням щодо зусилля, яке в змозі створити гідропривод є тиск РР від аксіальнопоршневого насосу. Максимальне значення тиску може досягати 35 МПа згідно технічній характеристиці насоса і налаштовується регулятором тиску РТ насоса, а також може бути обмеженим запобіжним клапаном в блоці гідророзподільників. Якщо йти шляхом підвищення тиску, то тоді треба підібрати гідророзподільники і гідроциліндри на такий же підвищений тиск. Принципово, закордонна номенклатура гідророзподільників і гідроциліндрів дозволяє функціонувати на підвищених до 32 МПа тисках.

Таким чином, розглядаємо режим, коли до поршнів циліндрів підводиться витрата $Q_{2ц}$ під тиском p_A . Ця витрата $Q_{2ц}$ необхідна бути за значенням такою, щоб поршні зі штоками рухались зі швидкістю v і переміщувались на задану відстань y (повний хід гідроциліндра досягає 900 мм). РР зливається зі штокової порожнини гідроциліндра під тиском $p_{зл}$. Сили зовнішнього навантаження на два гідроциліндри $F_{2ц}$, сили тертя $\Delta F_{2ц}$ і силу, що створюється тиском на злив $p_{зл}$ в штокових порожнинах, треба подолати за допомогою тиску p_A .

У зв'язку з високою герметичністю сучасних ущільнень втрати щодо витоків РР відсутні і їх не розглядаємо в математичній моделі. Також для спрощення не розглядаємо модель дроселя системи LS на вході в гідророзподільник, а обмежуємося завданням витрати РР на вході в поршневі порожнини гідроциліндрів. Така дія досягається електронним блоком гідропривода, якій трансформує потрібні умови роботи щодо швидкості гідроциліндра автоматичним відкриттям щілини дроселя і зворотним зв'язком за швидкістю штока гідроциліндра.

Візьмемо за основу математичну модель гідропривода поступального руху (з гідроциліндром) [4] з урахуванням прийнятих допущень та з введенням доповнень, які пов'язані з завданням витрати та зовнішнього навантаження в

повному циклі переміщення гідроциліндра за допомогою числових блоків пакету прикладних програм map-VisSim.

Витрата РР в поршневих порожнинах гідроциліндрів має форму запису:

$$Q_{2ц} = 2S_{п} \cdot v + \frac{V_{пп} + 2S_{п} \cdot y}{E} \cdot \frac{dp_A}{dt}, \quad (6)$$

і в нормальній формі Коши відносно похідної $\dot{p}_A$ знайдемо значення тиску:

$$\frac{dp_A}{dt} = \frac{Q_{2ц} - 2S_{п} \cdot v}{V_{пп} + 2S_{п} \cdot y} \cdot E; \quad p_A = \int_0^{t_k} dp_A dt, \quad (7)$$

де $Q_{2ц}$ – витрата РР на вході в гідроциліндри,

$S_{п}$ – ефективна площа поперечного перерізу поршневої порожнини одного гідроциліндра діаметром $D_{п}$ [мм],

v і y – швидкість [м/с] і переміщення поршнів [м], відповідно,

$V_{пп}$ – початковий об'єм РР в поршневих порожнинах, дм^3 ;

E – модуль пружності РР, МПа.

Рівняння руху поршнів навантажених двох гідроциліндрів з урахуванням сил тертя через їх гідромеханічний ККД має вигляд:

$$\dot{v} = \frac{1}{m} [2S_{п} p_A - 2S_{пп} p_B - F_{2ц} - \Delta F_{2ц}], \quad v = \int_0^{t_k} \dot{v} dt, \quad y = \int_0^{t_k} v dt, \quad (8)$$

де втрати на тертя $\Delta F_{2ц}$ визначаємо як:

$$\Delta F_{2ц} = F_{2цт} (1 - \eta_{гм}), \text{ Н}, \quad (9)$$

де $\eta_{гм}$ – гідромеханічний ККД одного гідроциліндра:

$$\eta_{гм} = F_{ц} / F_{цт}, \quad (10)$$

де $F_{ц}$ – фактичне заміряне, наприклад, при стендових випробуваннях значення зусилля, яке розвивається гідроциліндром, Н,

$F_{цт}$ – теоретичне значення зусилля. Н.

Гідромеханічний ККД гідроциліндра залежить від значення тиску РР та втрат тертя і тиску по довжині і в каналах штуцерів, досягаючи при номінальному (максимальному робочому) тиску 96%...99% та істотно знижується при низькому тиску, наближаючись до $\eta_{\text{гм}} \approx 0$.

Визначення гідромеханічного ККД для поршневого гідроциліндра з однобічним штоком ведуть за формулами [3]:

при прямому ході поршня і підводі РР в порожнину А:

$$\eta_{\text{гм}A} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{F_{\text{ц}A}}{D^2 p_A - (D^2 - d^2) p_{\text{зл}}}, \quad (11)$$

де теоретичне значення зусилля дорівнює:

$$F_{\text{ц}A} = \frac{\pi [D^2 p_A - (D^2 - d^2) p_{\text{зл}}]}{4}, \text{ Н}; \quad (12)$$

при зворотному ході і підводі РР в порожнину В;

$$\eta_{\text{гм}B}^{\text{зх}} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{F_{\text{ц}B}}{(D^2 - d^2) p_B - D^2 p_{\text{зл}}}, \quad (13)$$

де теоретичне значення зусилля дорівнює:

$$F_{\text{ц}B} = \frac{\pi [(D^2 - d^2) p_B - D^2 p_{\text{зл}}]}{4}, \text{ Н}; \quad (14)$$

де $F_{\text{ц}A}$ і $F_{\text{ц}B}$ – зусилля на штоку гідроциліндра при підводі РР в відповідну порожнину, Н;

D і d – діаметри поршня і штока, відповідно, мм;

p_A і p_B – тиск нагнітання в порожнинах гідроциліндра, МПа;

$p_{\text{зл}}$ – тиск в зливній порожнині гідроциліндра, МПа.

Запишемо рівняння для знаходження тиску, швидкості та переміщення гідроциліндрів при течії РР під тиском p_B в штоковій порожнині, що відповідає технологічному режиму подачі бурового шнеку в ґрунт.

Знаходимо витрату в штокових порожнинах гідроциліндрів:

$$Q_{2шт} = 2S_{штп} \cdot v + \frac{V_{штп} + 2S_{штп} \cdot y}{E} \cdot \frac{dp_B}{dt}, \quad (15)$$

і в нормальній формі Коши відносно похідної $\dot{p}_A$ знайдемо значення тиску:

$$\frac{dp_B}{dt} = \frac{Q_{2штп} - 2S_{штп} \cdot v}{V_{штп} + 2S_{штп} \cdot y} \cdot E; \quad p_B = \int_0^{t_k} dp_B dt, \quad (16)$$

де $Q_{2штп}$ – витрата РР на вході в гідроциліндри, л/хв;

$S_{штп}$ – ефективна площа поперечного перерізу штокової порожнини одного гідроциліндра діаметром поршня $D_{п}$ [мм] і штоку $d_{шт}$ [мм], мм²;

v і y – швидкість [м/с] і переміщення поршнів [м], відповідно;

$V_{штп}$ – початковий об'єм РР в поршневих порожнинах, дм³;

E – модуль пружності РР, МПа.

Рівняння руху поршнів навантажених двох гідроциліндрів з урахуванням сил тертя через їх гідромеханічний ККД має вигляд:

$$\dot{v} = \frac{1}{m} [2S_{штп} p_B - 2S_{штш} p_A - F_{2ц} - \Delta F_{2ц}], \quad v = \int_0^{t_k} \dot{v} dt, \quad y = \int_0^{t_k} v dt, \quad (17)$$

Для гідропривода переміщення бурильної стріли за допомогою двох паралельних і об'єданих жорстко між собою металоконструкцією стріли гідроциліндрів з параметрами кожного поршневого одноштокового гідроциліндра $D_{п} = 110$ мм, $d_{шт} = 56$ мм і $l_{п} = 930$ мм задаємо максимальні значення зусилля в $F_{2ц} = 340$ кН і витрати $Q_{2ц} = 107,3$ л/хв, що дає можливість реалізувати повний підйом стріли за 10 с. Крім того, задаємо значення тиску в зливній порожнині $p_{зл} = 0,5$ МПа.

Для режиму підйому бурового шнеку після його занурення в важкий скальний ґрунт знайдемо максимальне (пикове) зусилля двох гідроциліндрів при спрацюванні запобіжного клапану при тиску в $p_{32} = 32$ МПа:

$$F_{2ц.пик} = 2S_{п} \cdot p_{32} \cdot \eta_{гм} \cdot H. \quad (18)$$

Для проведення динамічного аналізу гідропривода нахилу бурильної стріли скористаємося пакетом прикладних програм VisSim і побудуємо відповідні обчислювальні блоки за вищенаведеними формулами. При цьому використовуємо блоки змінних параметрів Variable і задаємо режими зовнішнього навантаження, витрати робочої рідини, що забезпечують необхідний час переміщення стріли, і ККД гідроциліндра. Режими, що задаємо, записуємо в чисельному вигляді за допомогою блоків map-VisSim. Для рішення диференціальних рівнянь скористаємося методом інтеграції Рунге-Кутти четвертого порядку з дискретністю $\Delta = 0,001$ с в діапазоні до $t_k = 0,025$ с. Ці рішення дають вихідні характеристики $p_A(t)$, $v(t)$ і $y(t)$, що дають можливість виконати відповідний аналіз.

При моделюванні динамічних процесів розглянемо режими роботи гідропривода нахилу бурильної стріли залежно від часу щодо зовнішнього навантаження, витрати і ККД гідроциліндра з урахуванням властивостей РР (модуля пружності) і маси, приєднаної до штоків гідроциліндрів.

На першому етапі перевіряємо виконання завдання щодо повного переміщення гідроциліндрів на хід 900 мм за 10 с. На рис. 3 приведені осцилограми, зокрема знизу ті, що задають навантаження, витрату та ККД гідроциліндрів, а зверху значення перепаду тисків в гідроприводі, швидкості і переміщення гідроциліндрів, відповідно.

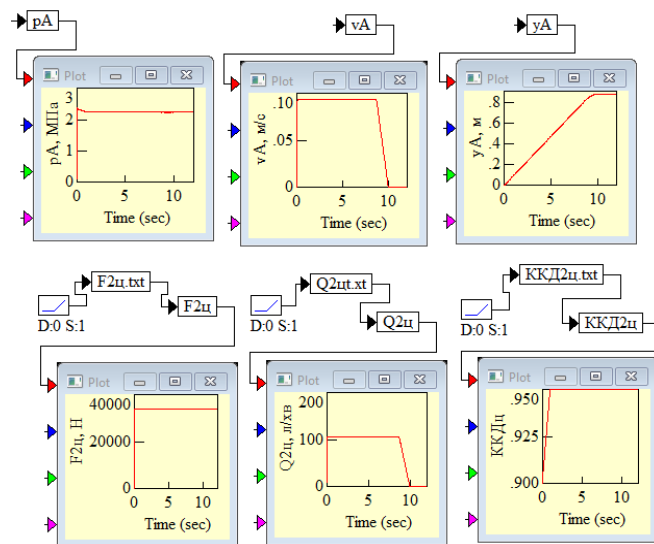


Рис. 3. Перевірка виконання завдання щодо переміщення гідроциліндрів на 900 мм за 10 с в режимі холостого ходу

В режимі холостого ходу, тобто при навантаженні в 34 кН (10 % від номінального в 340 кН) і витраті РР від насоса в 107,3 л/хв маємо пересування циліндрів зі швидкістю 0,09 м/с і виконується переміщення в 900 мм за 10 с. Перепад тисків на такому режимі не перевищує 2,2 МПа, що відповідає режиму холостого ходу при налаштуванні бурильної стріли на технологічний режим буріння. При цьому враховуємо, що гідроциліндр не має витоків РР по ущільненням згідно його технічній характеристиці, а витокami по гідророзподільнику нехтуємо в зв'язку їх малістю (на такому режим за тиском не більше 0,01 л/хв).

На другому етапі розглядаємо режим роботи гідропривода при витягуванні бурового шнека з ґрунту. Нормальний режим роботи з зусиллям 340 кН (рис. 4,а) дає перепад тисків в гідроприводі 19 МПа при зростанні навантаження за 0,01 с тиск і швидкість практично не мають коливань. При зменшенні часу навантаження до 0,001 с коливальний процес суттєво зростає і перепад тисків досягає 32 МПа (рис. 4,б), що вже практично на рівні можливостей насоса і гідроциліндра за тиском.

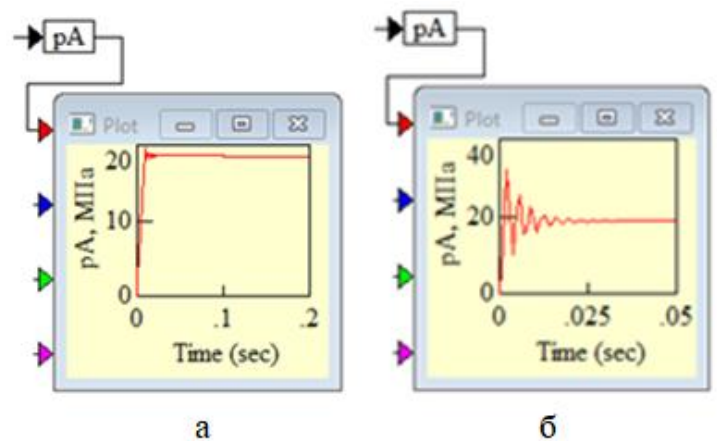


Рис. 5. Осцилограми зміни тиску в гідропривода від часу навантаження

Висновки. Виявлені досить суттєві коливання тиску в гідроприводі бурильної стріли залежно від швидкодії зростання зовнішнього навантаження в порівнянні зі статичним режимом, де перепад тисків не перевершує 19 МПа, а коливальний процес дає підвищення тиску до 32 МПа.

Література

1. Бурильно-кранова машина БКМ-2М. Паспорт: БКМ-2М.00.00.000ПСТОВ. ТУ У 29.5-42283450-001:2020. ТОВ «МК БУДАГРОМАШ». 2024. 12 с.
2. Бурильно-кранова машина БКМ-2М. Керівництво з експлуатації: БКМ-2М.00.00.000КЕ. ТОВ «МК БУДАГРОМАШ». 2024. 28 с.
3. Аврунін Г.А., Кириченко І.Г., Самородов В.Б. Гідравлічне обладнання будівельних та дорожніх машин: підручник. За ред. Г.А. Авруніна. Харків: ХНАДУ, 2016. 438 с.
4. Аврунін Г.А., Подригало М.А., Закапко О.Г., Мороз І.І., Разарьонов Л.В., Холодов А.П., Холодов М.П. Аналіз динаміки об'ємного гідропривода рульового керування самохідного тракторного шасі. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати: Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Hydraulic machines and hydraulic units: зб. наук. пр. Нац. техн. ун-тет «Харків. політехн. ін-т. Х: НТУ «ХПІ», 2023. № 1. С. 35-42.

Капула Т. Е. (здобувач бакалаврату, 1 курс)

Гузема Д. В. (здобувач бакалаврату, 1 курс)

Науковий керівник - викл. Рижкова Т. Ю.

Полтавський державний аграрний університет (м.Полтава)

РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАВДАНЬ ІНЖЕНЕРНОГО СПРЯМУВАННЯ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Формування фахових компетентностей підготовки здобувачів вищої освіти інженерного спрямування націлене на розв'язування завдань прикладного змісту, що допомагають у подальшому вирішувати проблеми і задачі майбутньої професійної діяльності з використанням фундаментальних

положень фізики й математики. Формування навичок розв'язування прикладних завдань дозволяють здобувачам вищої освіти поєднувати реальні фізичні процеси та явища з математичними моделями, що допомагає розвивати у них цілісну картину наукової діяльності. Це дозволяє сприймати вивчення навчальних дисциплін фізико-математичного спрямування як цілісний процес навчально-пізнавальної діяльності. Важливим етапом під час пошуку розв'язків таких завдань є розуміння зв'язків між фізичним змістом явищ і процесів та створенням математичних моделей, що описують їх та пояснюють.

Метою дослідження є: розробка технології розв'язування прикладних завдань здобувачами вищої освіти за допомогою проведення експерименту з фізики, за результатами якого побудовану математичну модель дослідити засобами програмного продукту.

Наведемо приклад завдання: встановити залежність опору терморезистора від температури і дослідити математичну модель, що описує дану залежність.

Розглянемо етапи розв'язування прикладного завдання. На першому етапі здобувачі вищої освіти розглядають будову і принцип роботи терморезисторів, визначають їх види й області застосування в інженерній діяльності. Наступним етапом є добір обладнання, що забезпечить зняття відповідних експериментальних параметрів, а саме: нагрівальна піч, термометр і мультиметр для вимірювання опору.

Третій етап передбачає процес зняття параметрів і відповідних вимірів із визначеним діапазоном температур, починаючи від показів температури без нагрівання. Вимірювання параметрів температури й опору є досить тривалим процесом, що націлене на спостереження фізичного явища та вміння пояснити його фізичну суть. Результати експерименту представимо у вигляді таблиці (табл. 1). Звітна таблиця результатів експерименту складається із значень температури (T , К) й опору терморезистора (R , кОм). За даними експерименту побудуємо графічну і функціональну залежності (табл. 1).

Таблиця 1

Результати вимірювання опору в залежності від температури

T, К	289	299	312	318	323	326	332	338	342	347	353	357	366	374	386
R, кОм	185	153	131	116	98	80	68	55	49	36	25	20	16	11	7

Наступним етапом є аналіз отриманих даних для побудови математичної моделі. Застосування прикладного програмного забезпечення дозволяє оптимізувати й унаочнити процес моделювання. Для виведення математичної моделі застосовується динамічне середовище GeoGebra, за допомогою якого створюється графічна залежність, отримана дослідним шляхом [1]. Програмний продукт GeoGebra має широкий спектр застосування і забезпечує взаємозв'язок числових даних експерименту, алгебраїчних обчислень і геометричних побудов.

Наступним етапом є проведення аналізу отриманої залежності за допомогою побудов різних ліній тренду і визначення для кожної з них коефіцієнтів детермінації (рис. 1).

Перевагою GeoGebra, наприклад, у порівняння з можливостями MS Excel, є представлення одночасно ліній тренду для однієї графічної залежності, що дозволяє наочно оцінити їх перспективність.

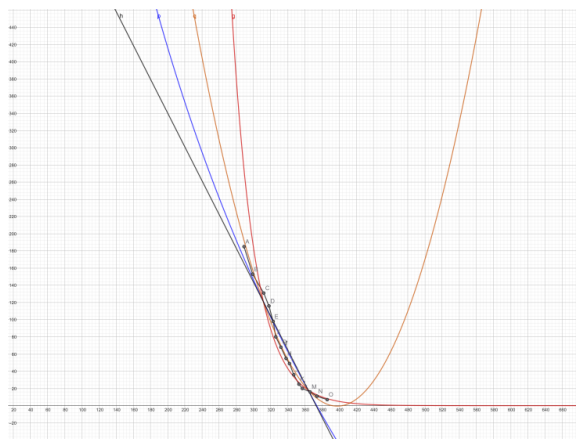


Рис. 1. Лінії тренду в GeoGebra для розв'язування проблемного завдання

Результати опрацювання експериментальних даних за допомогою програмного продукту дозволяють встановити, що найкращим наближенням лінії тренду є експоненціальна апроксимація: $g(x) = 9694853,56e^{-0.04x}$. Слід зауважити, що знак «—» вказує на спадну функцію (рис. 2), що не суперечить фізичному змісту експерименту.

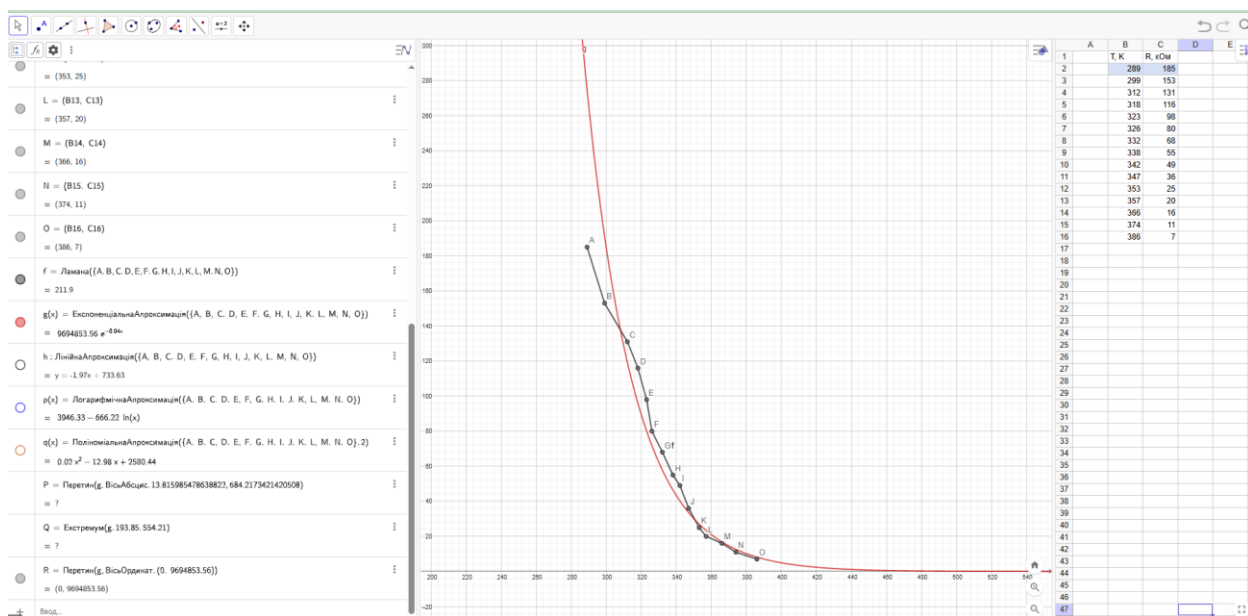


Рис. 2. Побудована графічна залежність з визначеною лінією тренду та коефіцієнтом детермінації

Наступний етап полягає в обґрунтуванні отриманих даних і поясненні фізичної суті процесу або явища. Так як терморезистор є напівпровідником, то за змін зовнішньої температури відбуватимуться зміни енергії активації домішки. Оскільки під час нагрівання всі домішки активізуються, то виникає ефект «швидкого виснаження» їх кількості: за досить короткий проміжок часу їх кількість зменшується, а значить, при подальшому нагріванні, опір зменшиться та через певний час залишатиметься практично сталим. Відповідно теоретичного пояснення опір терморезистора спадає за експонентою: $R = R_0 e^{\frac{\Delta E q}{kT}}$, це не суперечить одержаній експериментальній графічній залежності та визначеному рівнянню. Слід зазначити, що дана залежність відповідає функції $y = e^{\frac{1}{x}}$, яка належить області $x \in (-\infty; 0) \cup (0; +\infty)$, але у завданні для терморезистора зміна температури спостерігалася у діапазоні $(0; +\infty)$. Отже, графік експериментальної залежності зміни опору від температури відповідає частині області побудови (рис. 2).

Представлену технологію розв'язування прикладного завдання доцільно застосовувати під час навчання студентів дисциплінам фізико-математичного спрямування. Запропонований підхід до розв'язування завдання прикладного змісту демонструє міждисциплінарні зв'язки, що дозволяє унаочнити

поєднання експериментальних фізичних досліджень із теоретичним математичним аналізом. Унаочнення результатів програмними засобами сприяє полегшенню розуміння отриманих аналітичних рівнянь та їх фізичної суті.

Анотація. Наукове дослідження стосується процесу розв'язування прикладних завдань під час вивчення дисциплін фізико-математичного спрямування, що містять в собі експериментальні дослідження, опрацювання даних і побудову математичної моделі за допомогою програмного засобу GeoGebra.

Ключові слова: прикладне завдання, математичне моделювання, фізичний процес.

Література

GeoGebra класична : офіційний сайт. URL:<https://www.geogebra.org/classic?lang=uk>

Ксенофонов Є. Р. (здобувач магістратури, 1 курс),

Клягін П. В. (здобувач магістратури, 1 курс),

Земляной О. А. (здобувач магістратури, 1 курс).

Науковий керівник – проф. Ярхо Т. О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

СТАТИСТИЧНІ КРИТЕРІЇ ВИЯВЛЕННЯ НАДМІРНИХ ПОХИБОК ВИМІРЮВАНЬ: ОГЛЯД

У теперішній час методи вимірювань розповсюджуються на нові сфери діяльності фахівців: нанотехнології, засоби неруйнівного контролю, сучасні напрями медицини тощо. Отже, нової актуальності набуває проблема точності вимірювань.

Основним змістом вимірювань є отримання достовірної кількісної експериментальної інформації про досліджувані фізичні величини [1]. Вимірювання являють собою знаходження числових значень певних фізичних величин експериментальним шляхом. При прямих вимірюваннях ці числові значення переважно отримують за допомогою вимірювальних приладів, які проградуєвано в одиницях вимірювання. Відхилення результату вимірювання від істинного значення фізичної величини, яку вимірюють, є похибкою.

Похибка вимірювання являє собою кількісну характеристику точності вимірювання [2].

Внаслідок випадкових обставин (наприклад, нестабільності умов експерименту) з'являються випадкові похибки. Вони призводять до отримання різних значень однієї і тієї ж фізичної величини при її повторних вимірюваннях. До окремої групи похибок випадкового характеру відносять надмірні похибки, пов'язані з непередбачуваною зміною умов експерименту: виникненням випадкових імпульсних завад, можливим пошкодженням вимірювального приладу, прорахунками експериментатора тощо. Під надмірною похибкою розуміють значення похибки, що суттєво перевищує очікувану в даних обставинах величину. Результати, що містять надмірну похибку, називаються промахами [3].

Промахи мають бути виключені з вибірки на етапі попереднього аналізу вимірювальної інформації як аномальні значення, що спотворюють кінцевий результат статистичної обробки даних експерименту. Якщо заздалегідь відома фізична сутність вимірювальної величини, створена модель спостережень добре вивчена і випробувана, а певні значення вимірювань різко виділяються на фоні отриманого ряду експериментальних результатів, то ці аномальні вимірювання можуть бути автоматично видалені з вибірки спостережень. Проте зазначений аналіз усування промахів використовується достатньо рідко. Для виключення аномальних спостережень, як правило, застосовують статистичні критерії [4, 5]. У статті [5] для перевірки результатів вимірювання щодо наявності промахів пропонуються критерії Райта, Романовського, Діксона, Ірвіна, Смирнова, Шовене, Граббса, варіаційного розмаху. Більшість із зазначених критеріїв призначено для виявлення аномальних значень вибірки спостережень нормального розподілу. Проаналізуємо сутність окремих критеріїв зазначеної сукупності.

1. **Критерій Райта** (або критерій «трьох сигм») доречний за умов, що випадкові дані спостережень підпорядковані нормальному закону розподілу, а вимоги до точності результатів прямих вимірювань є невисокими. Згідно

критерію Райта, «підозрілий» результат вимірювання x^0 вилучають з вибірки спостережень $\{x_i\}$ ($i = \overline{1, n}$) та обчислюють

- $\overline{x_B}$ (вибіркове середнє) – точкову оцінку математичного сподівання μ ;
- σ_B (вибіркове середнє квадратичне відхилення) – точкову оцінку середнього квадратичного відхилення σ [6].

Якщо умова

$$|x^0 - \overline{x_B}| > 3\sigma_B \quad (1)$$

виконується, то з врахуванням відомого правила «трьох сигм», вважається, що результат спостережень x^0 містить надмірну похибку, тобто є промахом. x^0 має бути виключеним з отриманої вибірки даних [3, 4, 5].

Приклад 1. Зафіксовано наступні результати вимірювань сили струму на виході мультиметра в амперах (А):

x_i , А	5,41	5,35	5,16	4,82	5,28	5,43	5,32	5,17	5,37	5,26
--------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Необхідно перевірити, чи містить результат 4,82 А надмірну похибку за припущенням нормального закону розподілу досліджуваної випадкової величини.

Розв'язання. Вилучимо значення $x^0 = 4,82$ А з ряду спостережень та розрахуємо $\overline{x_B}$, σ_B за відомими формулами [6]:

$$\overline{x_B} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad \sigma_B = \sqrt{D_B} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \overline{x_B})^2} \quad (2)$$

Наведемо отримані значення:

$$\overline{x_B} = 5,31 \text{ А}; \quad \sigma_B = 0,0917.$$

Отже, $3\sigma_B = 0,2751$.

Оцінимо $|x^0 - \overline{x_B}|$.

$$|x^0 - \overline{x_B}| = |4,82 - 5,31| = 0,49 > 0,2751 \text{ (А)}.$$

Маємо

$$|x^0 - \overline{x_B}| > 3\sigma_B.$$

Висновок: результат 4,82 А містить надмірну похибку (є промахом) і має бути виключеним з отриманої вибірки даних.

Зауважимо, що за критерієм Райта можна перевіряти як мінімальні, так і максимальні значення в ряді спостережень.

2. **Критерій Діксона** застосовується для нормального розподілу досліджуваної випадкової величини, у разі невеликих обсягів спостережень ($n \leq 30$), для перевірки максимального або мінімального значення в отриманих даних. Алгоритм виявлення результатів з надмірною похибкою залежить від апіорної інформації щодо можливої наявності одного або декількох промахів у ряді спостережень [4].

Перевірка наявності одного результату з надмірною похибкою здійснюється за наступним правилом:

- результати вимірювання упорядковують за зростанням

$$x^{(1)} < x^{(2)} < \dots < x^{(n)}.$$

Інакше, дані вимірювань розташовують у варіаційний ряд

$$x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(n)};$$

- результат $x^{(n)}$ (максимальний) містить надмірну похибку, якщо

$$d_{\max} = \frac{x^{(n)} - x^{(n-1)}}{x^{(n)} - x^{(1)}} > d_{\alpha}(n). \quad (3)$$

- результат $x^{(1)}$ (мінімальний) містить надмірну похибку, якщо

$$d_{\min} = \frac{x^{(2)} - x^{(1)}}{x^{(n)} - x^{(1)}} > d_{\alpha}(n). \quad (4)$$

Тут $d_{\max}$, $d_{\min}$ – емпіричні (спостережувані) значення статистики Діксона d ; $d_{\alpha}(n)$ – граничне значення статистики Діксона (α – рівень значущості, n – об'єм вибірки).

Застосуємо критерій Діксона для виявлення значення з надмірною похибкою (промаху) в результатах вимірювання сили струму (приклад 1).

Приклад 2. Маємо ряд спостережень

x_i , А	5,41	5,35	5,16	4,82	5,28	5,43	5,32	5,17	5,37	5,26
--------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Упорядкуємо результати вимірювань за зростанням, отримаємо варіаційний ряд об'єму $n = 10$:

$x^{(i)}$, А	4,82	5,16	5,17	5,26	5,28	5,32	5,35	5,37	5,41	5,43
------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Розрахуємо $d_{\min}$ за формулою (4):

$$d_{\min} = \frac{5,16 - 4,82}{5,43 - 4,82} = \frac{0,34}{0,61} = 0,56.$$

Задамо $\alpha = 0,05$. Наведемо таблицю 1 граничних значень статистики Діксона, що є фрагментом відповідної таблиці [4].

Таблиця 1

Граничні значення статистики $d_{\alpha}(n)$

n	Рівень значущості α		
	0,1	0,05	0,01
4	0,68	0,76	0,89
6	0,48	0,56	0,70
8	0,40	0,47	0,59
10	0,35	0,41	0,53
14	0,29	0,35	0,45

У нашому випадку $d_{\alpha}(n) = d_{0,05}(10) = 0,41$.

Оскільки $0,56 > 0,41$, маємо

$$d_{\min} > d_{0,05}(10).$$

Висновок: результат 4,82 А містить надмірну похибку (є промахом) і має бути виключеним з отриманої вибірки вимірювань.

3. **Критерій Ірвіна** запропоновано для виявлення та відбракування аномальних значень вибірки спостережень нормальної випадкової величини [5, 7]. Для застосування критерію дані вимірювання розташовують у варіаційний ряд

$$x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(n)}. \quad (5)$$

$x^{(1)}$ (мінімальний) або $x^{(n)}$ (максимальний) варіанти варіаційного ряду (5) містять надмірну похибку, якщо виконуються умови:

$$\lambda_{\min} = \frac{x^{(2)} - x^{(1)}}{S} \geq \lambda_{\alpha}(n) \quad - \quad (6)$$

для мінімального значення,

$$\lambda_{\max} = \frac{x^{(n)} - x^{(n-1)}}{S} \geq \lambda_{\alpha}(n) \quad - \quad (7)$$

для максимального значення.

Тут $\lambda_{\min}$, $\lambda_{\max}$ – емпіричні (спостережувані) значення статистики Ірвіна λ ; S – виправлене середнє квадратичне відхилення, обчислене за варіаційним рядом; $\lambda_{\alpha}(n)$ – граничне значення статистики Ірвіна (α – рівень значущості, n – об’єм вибірки).

Приклад 3. За умовою прикладів 1, 2 перевірити, із застосуванням критерію Ірвіна, чи містить надмірну похибку варіант 4,82 А варіаційного ряду

$x^{(i)}$, А	4,82	5,16	5,17	5,26	5,28	5,32	5,35	5,37	5,41	5,43
------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

за припущенням нормального закону розподілу досліджуваної випадкової величини.

Розв’язання. За формулами (2) обчислимо

$$\overline{x_B} = 5,26; \quad D_B = 0,0287.$$

$$\text{Отже,} \quad S^2 = \frac{n}{n-1} D_B = \frac{10}{9} \cdot 0,0287 = 0,0319.$$

$$S = 0,179.$$

З таблиці 2, що є фрагментом наведеної в [5] таблиці граничних значень статистики Ірвіна:

Таблиця 2

Граничні значення статистики $\lambda_{\alpha}(n)$

n	Рівень значущості α		
	0,1	0,05	0,01

2	2,33	2,77	3,64
3	1,79	2,17	2,90
10	1,18	1,46	2,03
20	1,03	1,27	1,80
30	0,96	1,20	1,70

виписуємо величину

$$\lambda_{10}(0,05) = 1,46.$$

Маємо за формулою (6)

$$\lambda_{\min} = \frac{5,16 - 4,82}{0,179} = \frac{0,34}{0,179} = 1,9 > 1,46.$$

Висновок: результат 4,82 А містить надмірну похибку (є промахом) і має бути виключеним з отриманої вибірки даних.

Таким чином, результати перевірки даних вимірювань сили струму щодо наявності надмірної похибки за критеріями Райта, Діксона та Ірвіна співпадають (приклади 1, 2, 3). На закінчення наведемо наступну практичну рекомендацію авторів статті [5]. З урахуванням відмінностей у критеріальних вимогах, що визначають межу, за якою знаходяться надмірні похибки, перевірку отриманих вимірювань на наявність промахів варто виконувати одразу за кількома критеріями (використовувати не менше трьох). Остаточний висновок щодо наявності промахів слід робити за підсумками більшості застосованих статистичних критеріїв.

Література

1. Поджаренко В. О., Кулаков П. І., Ігнатенко О. Г., Войтович О. П. Основи метрології та вимірювальної техніки: навч. посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 151 с.
2. Лавренова Д. Л., Хлистов В. М. Основи метрології та електричних вимірювань: навч. посібник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 133 с.
3. Скіцько, І.Ф., Скіцько О.І. Обробка результатів фізичних вимірювань: навч. посібник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 84 с.
4. Куц Ю. В., Лисенко Ю. Н. Статистичні методи визначення залежностей між випадковими величинами: навч. посібник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 115 с.
5. Долішня Н. Б., Піндус Н. М. Порівняльний аналіз теоретичних методів статистичної обробки експериментальних даних. Математичне моделювання. Науковий журнал. № 1 (26), 2012. – С. 62 – 66.
6. Ярхо Т. О., Ємельянова Т. В. Стохастична методологія в прикладних дослідженнях.

– Харків: ХНАДУ, 2023. – 160 с.

7.Леонтьева В. В., Кондрат'єва Н. Л. Математичне моделювання виробничих процесів: навч. посібник. – Запоріжжя: ЗНУ, 2011. – 120 с.

УДК 004.942:[3277

Лексін А. О. (здобувач бакалаврату, 4 курс)

Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (м.Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПРОГНОЗУ ПОГОДИ

У сучасному цифровому світі величезну кількість даних генерують різноманітні джерела, починаючи від соціальних мереж і закінчуючи великими корпоративними базами даних. Збільшення обсягів даних ставить перед сучасними інформаційними системами нові виклики у забезпеченні їх ефективності та масштабованості [1]. Досягнення в цифрових технологіях призвели до експоненціального зростання обсягів даних у контексті моніторингу прогнозу погоди, які потребують обробки та аналізу.

В дослідницькій роботі здійснено ґрунтовний аналіз існуючих систем комплексного аналізу даних з використання технологій штучного інтелекту. Розроблення інформаційної системи аналізу та візуалізації прогнозу погоди відповідає актуальним потребам сучасного світу та є важливим етапом у розвитку інформаційного суспільства.

Технології Big Data стали відповіддю на ці виклики, пропонуючи нові підходи до збору, зберігання, обробки та аналізу великих обсягів даних [2]. Розвиток цих технологій відкриває широкі можливості для розроблення програмних систем, спрямованих на комплексний аналіз даних та отримання інсайтів, які можуть бути використані для підтримки прийняття рішень у різних сферах, від бізнесу до науки та громадської діяльності.

Зростання обсягів даних, їх різноманітність та швидкість зміни створюють виклики для існуючих програмних систем, які не завжди можуть ефективно

впоратися з такими обсягами інформації. Проблеми, які виникають у зв'язку з аналізом Big Data, включають: *масштабованість*, *швидкість опрацювання даних*, *різноманітність даних*, *якість даних*. Розроблення архітектури програмної системи комплексного аналізу даних з використанням технологій Big Data є актуальною задачею, що вирішує наведені вище проблеми та відповідає потребам сучасного інформаційного середовища [3].

У рамках дослідження розроблено архітектуру програмної системи комплексного аналізу даних із використанням технологій Big Data, що відповідає основним параметрам: *ефективність*: здатність обробляти великі обсяги даних з високою швидкістю. *Масштабованість*: здатність розширюватися для роботи з ще більшими обсягами даних. *Гнучкість*: здатність адаптуватися до нових типів даних та завдань аналізу. *Простота у використанні*: доступність для користувачів з різним рівнем знань та досвіду. *Безпечність*: здатність захищати дані від несанкціонованого доступу.

Предметом дослідження є архітектура програмної системи для комплексного аналізу даних з використанням технологій Big Data в контексті аналізу та візуалізації прогнозу погоди відповідає. Це включає в себе розробку концепції системи, вибір технологій, проектування архітектурних рішень, реалізацію програмного забезпечення та його тестування. Предмет дослідження також охоплює аналіз ефективності розробленої системи та порівняння з існуючими аналогами на ринку.

Big Data описує набори даних, що характеризуються 5V: *Volume*: об'єм вказує на величезну кількість даних, яку потрібно обробити та аналізувати [4]. Це можуть бути тексти, числа, зображення, відео, аудіо тощо. Потужність сучасних систем зберігання даних, таких як сервери та хмарні обчислення, дозволяє зберігати терабайти, петабайти, а навіть ексабайти інформації.

Velocity: швидкість описує темп, з яким дані генеруються та оброблюються. Великі потоки даних можуть надходити в реальному часі з сенсорів Інтернету речей (IoT) [5], соціальних мереж, медичного обладнання

тощо. Здатність обробляти ці дані миттєво чи навіть передбачати їхній потік є ключовою для ефективного аналізу.

Variety: різноманіття означає, що дані можуть бути представлені у різних форматах та структурах. Вони можуть бути структурованими (наприклад, таблиці баз даних), неструктурованими (текстові файли, відео) або напівструктурованими (XML-файли, JSON-об'єкти). Управління цією різноманітністю вимагає розуміння та використання різних методів обробки даних.

Veracity: вірогідність відноситься до якості даних та їхньої достовірності. При обробці великих обсягів даних можуть виникати проблеми з несправжніми, неточними або неповними даними. Важливо мати механізми для виявлення та коригування цих проблем для забезпечення точності аналізу.

Value: цінність вказує на потенційну користь, яку можна отримати від аналізу цих даних. Це може бути виявлення нових інсайтів, покращення прийняття рішень у бізнесі, розробка нових продуктів та послуг тощо. Здатність витягти цінну інформацію з великого обсягу даних визначає успішність використання Big Data в різних сферах діяльності.

Розуміння та врахування цих п'яти основних характеристик Big Data допомагає підготуватися до ефективного аналізу та використання великих обсягів даних у різних галузях [6].

У рамках дослідження виконано завдання:

1. Здійснено ґрунтовний аналіз можливостей та особливостей використання різних технологій Big Data в контексті аналізу та візуалізації прогнозу погоди, обрано найбільш підходящі для розроблення програмної системи.
2. Визначено функціональні та нефункціональні вимоги до програмної системи.
3. Проведено опитування користувачів для визначення їх потреб та очікувань.
4. Розроблено загальну схему програмної системи.

5. Визначено компоненти програмної системи та їх взаємозв'язки.

6. Обрано відповідні технології для реалізації кожного модуля програмної системи.

7. Розроблено прототип програмної системи, що демонструє її основні функціональні можливості.

8. Проведено тестування програмної системи для перевірки її працездатності, ефективності та безпеки.

9. Здійснено оцінювання програмної системи в контексті відповідності її вимогам.

У рамках дослідження вдалося розробити та вдосконалити компоненти інформаційної системи аналізу та візуалізації прогнозу погоди [7], що дозволило забезпечити ефективну роботу з цими даними та отримати цінні інсайти для прийняття управлінських та стратегічних рішень.

Анотація. Актуальність теми розроблення архітектури програмної системи комплексного аналізу даних з використанням технологій Big Data очевидна в сучасному інформаційному суспільстві. Досягнення в цифрових технологіях призвели до експоненціального зростання обсягів даних у контексті моніторингу прогнозу погоди, які потребують обробки та аналізу. В дослідницькій роботі здійснено ґрунтовний аналіз існуючих систем комплексного аналізу даних з використання технологій штучного інтелекту. Розроблення інформаційної системи аналізу та візуалізації прогнозу погоди відповідає актуальним потребам сучасного світу та є важливим етапом у розвитку інформаційного суспільства.

Ключові слова: дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, штучний інтелект, аналіз даних, прогноз погоди, КОМСДН.

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.

4. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5

5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.

6. Гриб'юк О.О. Рівнева модель дослідницького навчання учнів математики з використанням комп'ютерно орієнтованої методичної системи. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2020. Том 77. № 3. 39-65.

7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

УДК 004.942:[327

Лунчев Г. О. (здобувач бакалаврату, 3 курс)

Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (м.Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ІГРОВОЇ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ «ЗМІЙКА» ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Ігрова програмна система «Змійка» є класичною аркадною грою, що завдяки своїй простоті не втрачає своєї популярності з 1976 року, попри стрімке удосконалення комп'ютерних технологій, а з ним й виробництва більш складних та цікавих ігр. Гравець бере на себе роль змії, мета котрої їсти яблука, щоб збільшуватись у розмірі. На заваді гравцю межі ігрового поля та її тіло, зіткнувшись з ними змійка помирає й гра завершується. Гра має безліч варіацій, таких як оригінальна версія для Nokia 3310, багатокористувацька Slither.io, та Google Snake, що інтегрована в пошуковик. Проєкт вирізняється використанням мови C++ та API SFML, що дозволяє створити продуктивну гру для будь-якої платформи [1].

Мета дослідницької роботи полягає у розробленні ігрової програмної системи «Змійка» із використанням технології об'єктно-орієнтованого

програмування. Для реалізації гри важливо розуміти її основні концепції. ІГП складається з чотирьох основних об'єктів: змійки (Snake), яблука (Apple), ігрового поля (Game) та меню (Menu), а також двох допоміжних для конфігурації (Configuration) та рендеру (Render) [2].

У рамках дослідження створено всі основні об'єкти гри (рис. 1), при ініціалізації завантажуються ресурси відповідні об'єкту: іконки, шрифти чи звуки. Для кожного об'єкта задається початковий стан. Клас Menu завантажує шрифти для кнопок та визначає параметри заголовку. Клас Game створює об'єкти класів Snake та Apple, після довантажує всі звукові ефекти. Для аудіо буферу встановлюється початковий звук. Викликаються методи класу Render для завантаження шейдерів [3], створення текстури фону гри. Snake викликає функцію для встановлення стандартних значень, де визначається початкове положення, позицій вершин для рендеру, напрямок руху. Apple отримує посилання на об'єкт змійки, створюються об'єкти для випадкової генерації координати та об'єкт Rectangle, що графічно представлятиме яблуко, одразу встановлюється його колір. Яблуко генерує нову позиції на полі.

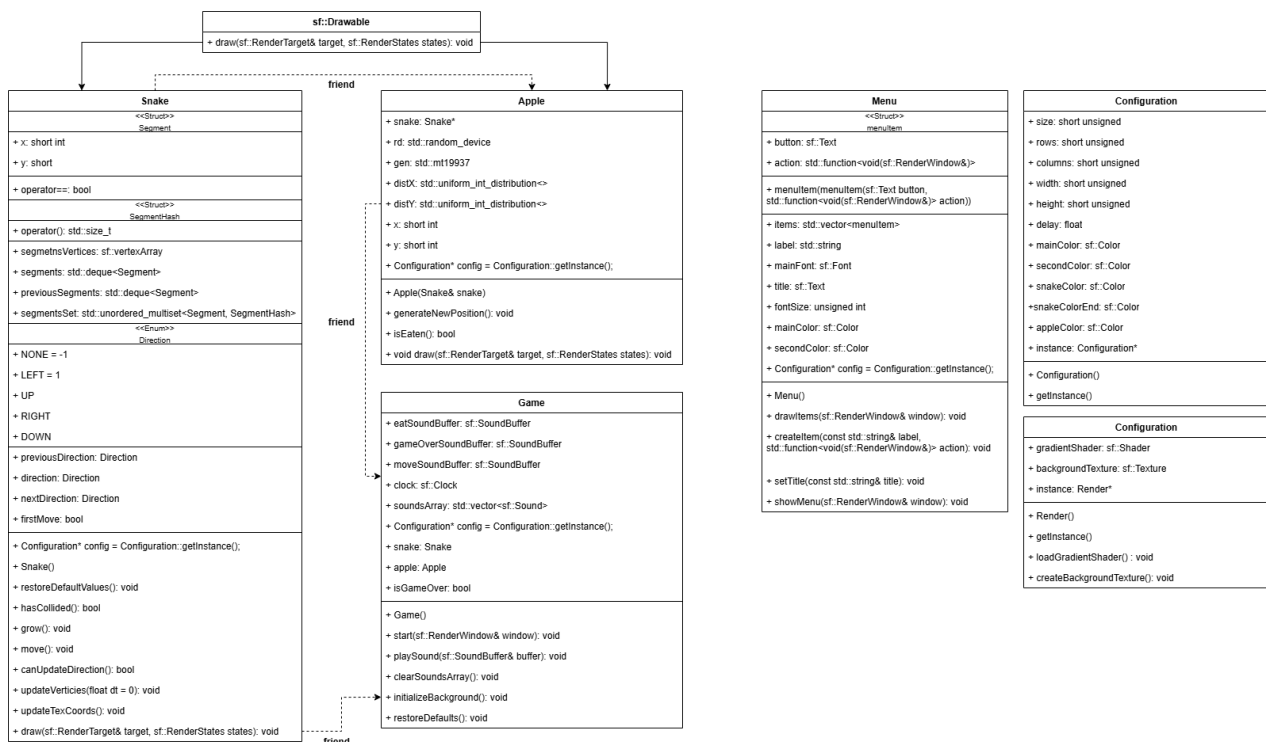


Рис. 1. Фрагмент діаграми класів ІПС «Змійка»
Джерело: опрацювання власне

Основний цикл гри відбувається у класі Game, а саме методі start. Він триває допоки не відбудеться колізії між головою змійки та її наступними сегментами, або ж з краями ігрового поля. Його можна поділити на такі частини [4]: 1. Перевірка введення з клавіатури користувачем: оновлення наступного напрямку змійки відповідно до введення; зачинення вікна при натисканні “хрестіку”. Оновлення стану: присвоєння нового напрямку руху поточному; за виконання деякої умови, пройграш звукового ефекту; присвоєння нових координат сегментам змійки; перевірка колізії, повернення до початкових значень й вихід у меню, якщо повернеться True; перевірка колізії з яблуком, збільшення змійки й змінення координат яблука, якщо повернеться True; оновлення координат вершин для рендеру змійки. Рендер очищення буферу минулого кадру; рендер у буфер всіх об’єктів; вивід на екран. Для обмеження по частоті кадрів анімації переміщення змійки, а також обмеження оновлення ігрової логіки, всередині циклу запущено таймер.

Алгоритм генерації їжі: 1. Спочатку алгоритм перевіряє, чи не зайняла змійка все місце на ігровому полі(отже нема куди помістити яблуко). 2. Якщо місце є, генеруємо координати допоки вони не перетинатимуться з координатами змійки. 3. В кінці розміщуємо графічне відображення яблука(rect) в нове місце.

```
void Apple::generateNewPosition()
{
    if (gridX * gridY == snake->segments.size()) return;
    do {
        x = distX(gen);
        y = distY(gen);
    } while (snake->segmentsSet.count({ x,y }) != 0);
    rect.setPosition({ x * size, y * size });
}
```

Алгоритм руху змійки: 1. Якщо напрямок руху змійки(direction) не задано(NONE), виходимо з функції. 2. В іншому випадку оновлюємо попередні, якщо це не перший рух, та теперішні координати змійки. 3. Змінюємо

координати голови відповідно до напрямку руху. 4. На кінець даємо програмі зрозуміти, що рух змійки відбувся, отже її старий напрямок став теперішнім.

```
void Snake::move()
{
    if (direction == NONE) return;

    if (!firstMove) {
        previousSegments.pop_back();
        previousSegments.emplace_front(segments.front());
    }
    firstMove = false;

    segmentsSet.erase(segments.back());
    segments.pop_back();
    segments.emplace_front(segments.front());

    switch (direction) {
        case RIGHT: segments[0].x++; break;
        case LEFT: segments[0].x--; break;
        case UP: segments[0].y--; break;
        case DOWN: segments[0].y++; break;
        default: break;
    }

    segmentsSet.insert(segments.front());
    previousDirection = direction;
}
```

Алгоритм перевірки колізії змійки складається з трьох перевірок: 1. Якщо хеш-таблиця з координатами змійки містить однакові значення, тоді координати голови перетнулися з іншими сегментами — змійка зіткнулась з самою собою. 2. Якщо координати більше розміру ігрового поля по x чи y — змійка зіткнулась з ігровими межами. 3. При виконанні будь-яких з цих умов повернеться true.

Для спрощення перевірки колізії з межами ігрового поля значення координат змійки переводяться в тип `unsigned`. Таким чином, якщо координати менше нуля, то вони перетворюються в величезне число, отже будуть більше розміру ігрового поля й умова виконується.

```

bool Snake::hasCollided()
{
    return segmentsSet.count(segments[0]) > 1
        || unsigned(segments[0].x) > gridX - 1
        || unsigned(segments[0].y) > gridY - 1;
}

```

Рефакторинг [5]. 1. На початкових етапах розробки клас меню було важко масштабувати, оскільки кнопки створювались у головному циклі, що ускладнювало прив'язку зовнішніх методів. Після рефакторингу з'явилися публічні методи для створення кнопок і прив'язки функцій, що дозволило створювати кнопки в основній функції та легко прив'язувати зовнішні методи. Це значно покращило масштабованість та спростило код всередині основного циклу меню.

```

menu.createItem("Start", [&game, &window]() {
    game.start(window);
});
menu.createItem("Exit", [&window]() {
    window.close();
});

```

Фон гри спочатку складався з безлічі квадратів, що імітували шахову дошку, де колір визначався modulo суми координат. Це було повільно й ресурсоємно, адже кожен квадрат рендерився як окремий об'єкт. Після рефакторингу фон замінено на шейдер, що генерує невелику текстуру 2×2 клітинки, масштабує її та повторює її по всьому полю, що значно зменшило використання пам'яті [6].

Метод перевірки колізії голови змійки з її тілом перебирав кожен сегмент та порівнював його. Цей підхід повільний для великої кількості сегментів. Для оптимізації цього методу було створено раніше згадану хеш-таблицю, завдяки чому було можливо позбутись циклу, а колізія перевіряється в один захід. Ця ж хеш-таблиця посприяла оптимізації методу генерації позиції яблука, адже колізія яблука зі змією теж перевіряється в один захід.

Анотація. У рамках дослідження здійснено ґрунтовий аналіз технологій об'єктно-орієнтованого програмування у процесі створення ігрової програмної системи, дібрано інструментарій API SFML 3.0.0, розроблено зручний графічний інтерфейс і реалізовано основні класи гри, ігрову логіку, а також забезпечено коректну роботу ППМ «Змійка». Мета дослідницької роботи полягає у розробленні ігрової програмної системи «Змійка» з використанням технології об'єктно-орієнтованого програмування [7].

Ключові слова: геймдизайн орієнтований підхід, Slither.io, Google Snake, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, ППС «Змійка», AI, ігровий інтерфейс, ООП, C++, API SFML.

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем / О. О. Гриб'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.
4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
6. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

Мельник М. В. (здобувач бакалаврату, 4 курс)

Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (м.Київ)

ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ГРИ "SPACE PATH" ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГЕЙМДИЗАЙН ОРІЄНТОВАНИХ ПІДХОДІВ

В сучасному світі ігрова індустрія займає перше місце в прибутковості серед усіх індустрій розваг. Все більше людей мають доступ до створення ігор у себе вдома, але навіть маючи навички програмування, далеко не кожен знає як саме треба зробити гру, щоб задовольнити користувачів. Саме цим аспектом створення гри займається геймдизайнер [1]. Він слідує за цілим процесом розробки гри: від ідеї до дизайну упаковки.

Мета дослідницької роботи полягає у розробленні гри «Space Path» у відповідності до принципів візуалізації і конструювання ігрового середовища з урахуванням геймдизайн орієнтованих підходів.

У рамках дослідження проведено опитування щодо створених в цій роботі інтерфейсів. Було взято групу людей, які тестували інтерфейс та відповідали на питання. На основі відповідей була проведена ітерація дизайну та проведено останнє опитування, ціль якого дійти до максимально комфортного для гравця інтерфейсу [2].

Дослідження стануть важливим інструментом та посібником для створення UX орієнтованих ігор. Проаналізувавши існуючі матеріали по цій темі, було виявлено, що більшість посібників мають поверхнєве описання правил та методологій створення таких ігор, які захоплять гравців [3]. На зараз, дуже мало матеріалів описують як проводити UX орієнтовані дослідження, як проводити опитування саме в ігровій сфері та як аналізуючи результати досліджень та опитувань створити гру, яка буде створена на основі потреб гравців і правил геймдизайну [4].

У рамках дослідження ґрунтовно прописано правила геймдизайну, створені одним з найважливіших геймдизайнерів світу – Сідом Меєром. Розглянуто як психологія людини диктує нові методи створення ігрового досвіду на прикладі сучасних ігор [5]. Було аналізовано як створюється такий левел дизайн, який не дає гравцю засумувати, але і не проводить його за руку через рівні, давая йому свободу вибору. Також, було розглянуто як створюється дизайн ігрового інтерфейсу на основі проведення безліч експериментів [6].

Розроблено методологію створення гри у 2D стилі в ігровому двигуні «GameMaker2» за допомогою системи нодів і створення 3D гри в ігровому двигуні «Unreal Engine 4», де детально описується створення BSP моделей в самому двигуні і методологія створення дизайну міста в 3D середовищі, проведено створення ігрового інтерфейсу для обох ігор за правилами UI/UX [7].

Залежності: Кожна залежність - пакет або модуль Unity, на який покладаються всі проекти. Наприклад, `com.unity.2d.animation`, `com.unity.2d.sprite`, і `com.unity.2d.tilemap` - пакети Unity, що забезпечують спеціальну функціональність для 2D, таку як обробка спрайтів, анімація та системи тайл-карт. Інформація про версію: Кожен пакет має свою версію, наприклад, `com.unity.2d.animation` використовує версію 10.1.3. Це важливо для забезпечення сумісності та підтримки необхідних функцій. Джерело: Поле "source": "registry" вказує на те, що пакети витягуються з реєстру пакетів Unity. Деякі пакети позначені як "builtin", що означає, що вони вбудовані в Unity, і їх не потрібно отримувати з реєстру.

Залежності всередині пакетів: Деякі пакети мають свої власні залежності. Наприклад, `com.unity.2d.animation` залежить від `com.unity.2d.common` і `com.unity.2d.sprite`, що означає, що ці пакети потрібні для належної роботи пакета анімації. URL: Пакети, не вбудовані в Unity, мають URL-адресу ("url": "url": "https://packages.unity.com"), яка веде до реєстру пакетів Unity, звідки їх можна завантажити чи оновити.

Ієрархія пакетів: Поле "depth" показує ієрархію або рівень пакета в дереві залежностей. Пакети, як-от `com.unity.2d.sprite` з глибиною 1, є прямими

залежностями, тоді як com.unity.2d.common з глибиною 2 є залежністю іншого пакета.

У рамках дослідження пропонуються результати опитування користувачів у контексті створених ігрових інтерфейсів пропонованих ігор. Результати опитування збираються та аналізуються, а на їх основі проводиться етап ітерації – зміни в дизайні базуючись на відповідях та потребах користувачів. Після закінчення ітерації проводиться повторне опитування з новим дизайном і аналізуються результати до і після ітерації.

Основні результати роботи:

1. Здійснено ґрунтовний аналіз правил використання гейм дизайну в процесі створення ігор.
2. Розглянуто інструментарій ігрових двигунів «GameMaker 2» і «Unreal Engine 4».
3. Розроблено методичні аспекти проектування і створення 2D і 3D ігор.
4. Здійснено опитування користувачів щодо оптимізації створених ігор з урахуванням геймдизайн орієнтованого підходу.
5. Проведено ітерації в геймдизайні з урахуванням відповідей користувачів.

Результати роботи готові для того, щоб брати у приклад при створенні ігор у стилі 2D в ігровому двигуні «GameMaker 2» та ігор у стилі 3D в ігровому двигуні «Unreal Engine 4». Результати опитування стануть у нагоді при створенні ігрового інтерфейсу для ігор у 2D та 3D стилі, адже мають данні ігрового досвіду реальних людей.

Анотація. Актуальність роботи визначається популяризацією комп'ютерних ігор як інструменту дозвілля. Чим глибше розвивається індустрія – тим вищі очікування від гри, тому необхідно розуміти як створити якісну гру, яка буде ставитись в приклад новим проектам. Мета дослідження полягає у розробленні комп'ютерних ігор у 2D та 3D стилі у відповідності до принципів візуалізації і конструювання ігрового середовища з урахуванням геймдизайн орієнтованих підходів.

Ключові слова: геймдизайн орієнтований підхід, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, ігрова система, GameMaker2, AI, ігровий інтерфейс, Unreal Engine 4, UI/UX.

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем / О. О. Гриб'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.
4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
6. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

УДК 004 + 621.91:67.05

Могильницький М. В. (методист)

Навчально-методичний центр професійно-технічної освіти у Чернігівській області (м. Чернігів)

ДО ПИТАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ВИРОБНИЦТВІ І В ТЕХНІЧНІЙ ОСВІТІ

Одним з методів алгоритмізації праці (діяльності) в межах ергономіки, психології праці, започаткованого ще в 1960-ті рр., але такого, що не втратив популярності досі, став описово-критеріальний метод А.І. Губинського. Сам метод використовував традиційну структурно-процедурну алгоритмізацію, що

була притаманна мовам програмування тих років. А.І. Губинський – відомий ергономіст і психолог праці ще радянських часів, який заклав основи методу опису технологічних процесів та їх критеріального оцінювання в людино-машинних системах (ЛМС) [5]. Він вплинув на розвиток ергономіки, психології та психофізіології праці, технічної естетики зокрема й в Україні – згадаємо його послідовників у нас: Є.О. Лавров, О.П. Ротштейн, А.Т. Ашерев.

Передумовами аналізу професійної діяльності за А.І. Губинським є виділення основних завдань, що виконує людина в межах ЛМС. Далі алгоритмізують виконуваний завдання в різних режимах діяльності (штатному, аварійному), доходячи до рівня конкретних дій за різних умов. Для опису залучають опис виконання кожної дії в тривимірному просторі (повороти рук, нахили тулуба, голови і т. д.), «вписаність» в робоче середовище (методи ергономіки, антропології, 3D, тощо). Алгоритмізація проводиться на рівні функціональних одиниць діяльності (типових одиниць функціонування, ТОФ). ТОФ (іноді кажуть «блоки») наступні: робоча одиниця (виконання операцій) – з виділенням сенсорної та моторної складової, логічна одиниця (вибір), затримка (пауза), перехід до наступної одиниці алгоритму, діагностична одиниця (контроль налагодженості технічної системи), самоконтроль (контроль правильності виконання власних дій людиною). Можуть бути й інші ТОФ. Одиниці ТОФ можуть мати не тільки лінійну структуру, але й розгалужену чи деревовидну, схему з переходами тощо. Формалізм ТОФ можна прикласти до ситуації покрокового або покроково-програмованого навчання (навчальний матеріал подається і оцінюється порціями). В випадку професійно-технічного навчання воно має характер не лише засвоєння теорії та виконання закріплюючих її вправ, але й виконання учнями суто технологічних, по суті трудових завдань (на верстатах, з ручним інструментом тощо). Закінчена функціональна сукупність ТОФ, що веде до певного результату, називається типовою функціональною системою (ТФС). Вводять операцію «згортання», або еквівалентування, тобто перетворення одних ТФС в інші за певними критеріями ефективності. Часто це критерій мінімізації операцій, точності

виконання, тощо. Після перетворення з'являється нова еквівалентна структура [3].

Формально метод Губинського описується наступним чином. Нехай $L = \{O_1, O_2, \dots, O_i, \dots, O_\ell\}$ – множина технологічних процесів [2]. Будь-який техпроцес O_i може бути описаний за допомогою множини $\{ТОФ\} = \{O_1, O_2, \dots, O_i, \dots, O_\ell\}$ сукупністю функціональних типових одиниць (ТФС). Множина $\{L\}$ породжує множину $\{ТФС\} = \{S_1, S_2, \dots, S_j\}$, елементами якої є типові технологічні операції, що часто повторюються $O_i \in \{ТОФ\}$, і які складають процес $\{L\}$. З урахуванням обраного методу кількісної оцінки множини $\{L\}$ для сукупності ТФС, таких що для всіх $S_j \in \{L\}$ можна збудувати вектор еквівалентних характеристик $W_s^j = [\{P_e\}^j, \{T_e\}^j, \{C_e\}^j]$, елементами якого є множини еквівалентних імовірнісних $\{P_1\}^j$ тимчасових $\{T_1\}^j$ і вартісних $\{C_1\}^j$ характеристик, що обчислюються з урахуванням усіх можливих результатів при виконанні S_j . Через побудовану сукупність оцінкових векторів можна визначити ефективність діяльності за різними критеріями, тобто забезпечити зворотній зв'язок за критерієм еталонного вектора W_e . Процес виконується допоки W^j не зблизиться з еталоном W_e : $\text{abs}(W_e - W_s^j) < \varepsilon_1$ (ε – умовна різниця, що виражає встановлену ефективність діяльності, взята по комплексу критеріїв).

Сам метод Губинського дає лише напрямок пошуку критеріїв успішності діяльності, але такий критерій треба конкретизувати. Так Г.О. Балл висловив думку [1], що успішність діяльності Q , обсяг діяльності T , суб'єктивний поправочний коефіцієнт – залежить від конкретного індивіда або типу завдань (η), важкість діяльності для людини («утруднення») D можна виразити через систему наступних функцій: $T = f(Q)$, $T = \varphi(Q, \eta)$. Тут f та φ монотонно зростаючі функції Q . Поряд з Q вводять значення Q_e – еталонне значення ($Q_e = \text{const}$), що характеризує достатній рівень виконання завдань. Тоді утруднення при виконанні завдань будуть функціями $D = f(Q_e) = \varphi(Q_e, \eta)$. При таких умовах $D = D(\eta)$ виявляється функцією від η . На роль базового закону для опису ефективності навчання тієї чи іншої діяльності автор [1] висунув

формулювання закону навчання в версії Л.Терстона. Це відомий психологічний закон. Він має вигляд $Y = LX / (X + R)$. Тут Y – показник успішності діяльності (кількість успішних дій), L – максимально можливе значення показника успішності, X – обсяг практики (кількість вправ, що виконано індивідом з початку процесу навчання), R – параметр швидкості навчання. Відносний показник успішності позначимо як $Q = Y/L$; $X=T$; $\eta = R$. Тоді закон Терстона буде записаний як $Q = T / (T + \eta)$, звідси $T = (Q / (1 - Q)) \cdot \eta$. Остання формула є частковою конкретизацією формули $T = \varphi(Q, \eta)$. Поклавши $Q = Q_e$ шукаємо показник для утруднення діяльності : $D = \eta / (Q_e / (1 - Q_e))$. Якщо $\eta = 0.9$, то покладають що успішність Y сягає 90% максимально можливих значень – $D = 9 \eta$. Зрозуміло, що такий випадок є спрощеним, але він дає можливість уявити опис успішності виконання трудових (навчально-трудова) завдань на різних етапах діяльності. Отже, метод Губинського, якщо вдається сформулювати точні критерії успішності діяльності, може слугувати не лише описовим інструментом, але й засобом оцінки якості виконання технологічних завдань як в виробничій сфері, так і в межах начального процесу для опанування технологіями.

Висновки. Підхід А.І. Губинського є методом алгоритмізації широкого спектру рухово-моторних задач з урахуванням психологічних особливостей людини, але також це і метод оцінювання ефективності діяльності (при адекватних формальних критеріях). Це дає можливість опису як технологічних процесів, так і навчально-трудова операцій. Також це й елемент опису зворотних зв'язків в структурі діяльності. Описаний метод широко використовується в навчальному процесі ВНЗ: здобувачі вищої освіти застосовують його при дипломному проектуванні за тематикою ЛМС.

Анотація. В статті розглядається використання методу А.І. Губинського щодо завдань алгоритмізації та оцінювання ефективності перебігу технологічних процесів в людино-машинних системах. Опис технологічних процесів порівнюється з проектними методами програмованого та покрокового навчання, оцінкою їхньої ефективності, особливо в опануванні технологічними навичками в професійно-технічній освіті.

Ключові слова: метод А.І. Губинського, формула Л.Терстона, успішність професійної діяльності, навчання, технології, людино-машинна система.

Література

1. Балл, Г.О. До питання про кількісну оцінку важкості завдань. *Програмоване навчання та навчаючі машини* (Інститут кібернетики АН УРСР, Київ). №1. 1969. С.73–80.
2. Болтянська, Н.І. Надійність технологічних систем. Методичні вказівки до практичної роботи №1 для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» спеціальності 208 «Агроінженерія». Запоріжжя: Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2019. 24 с. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/pr-1-analiz-tehnolohinyh-system-208-ahroinzheneriya.pdf>
3. Губинський, А. І., Чабаненко, П. П., Лаушкін, Г. Д. Оптимізація ерготехнічних систем. Київ : Знання, 1982. 25 с.
4. Сердюк, С. М. Ергономічні питання проектування людино-машинних систем : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. 334 с.
5. Трофімов, Ю. Л. Інженерна психологія. Київ : Либідь, 2002. 264 с.

УДК 004.942:[3271

Олейник А. Т. (здобувач бакалаврату, 4 курс)
Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.
Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (м.Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ РОЗВАЖАЛЬНОГО ЧАТ-БОТУ НА ПЛАТФОРМІ TELEGRAM

Telegram-боти вже давно стали не просто зручним інструментом для спілкування, а й ефективним способом автоматизації різних процесів. [1] Сьогодні вони активно використовуються у сфері ігор, освіти, бізнесу та адміністрування. Симулятор президента у форматі Telegram-бота – це цікавий спосіб моделювання процесів управління державою, що дозволяє користувачам приймати рішення, аналізувати їх наслідки та розвивати стратегічне мислення.

Мета дослідження полягає у накопиченні, аналізі і визначенні високорівневих потреб і можливостей системи розважального чат-бота на платформі Telegram із використанням технологій штучного інтелекту, формуванні вимог до власної розробленої системи та реалізації власної інновації. Предметом дослідження є методи створення і функціонування Telegram-ботів, що реалізують симуляційні сценарії [2]. У даному випадку розглядаються механізми економічного управління, прийняття стратегічних

рішень і взаємодія з користувачем у межах гри. Об'єктом дослідження є Telegram-бот «President Simulator» – його структура, алгоритми роботи, програмна реалізація та механіка гри [3].

Завдання дослідження: 1. Ознайомитися з технологіями розробки Telegram-ботів та їх можливостями. 2. Спроектувати Telegram-бот для симуляції державного управління. 3. Реалізувати основні механіки гри: бюджетування, стратегічне планування, прийняття рішень (рис. 1). 4. Проаналізувати, як вибір користувача впливає на розвиток ігрового процесу. 5. Оцінити перспективи розвитку подібних ігрових ботів та можливі напрямки їх удосконалення.

Telebot (з бібліотеки Telebot): атрибути: керування ботом та взаємодія з API Telegram. *Методи:* send_message, polling, register_next_step_handler тощо. *Функції для керування грою:* create_tables(): створює таблиці у базі даних; load_all_users(): завантажує користувачів із бази даних; run_bot(): запускає основний цикл обробки повідомлень; send_daily_status(chat_id: int): надсилає статус гри користувачеві.

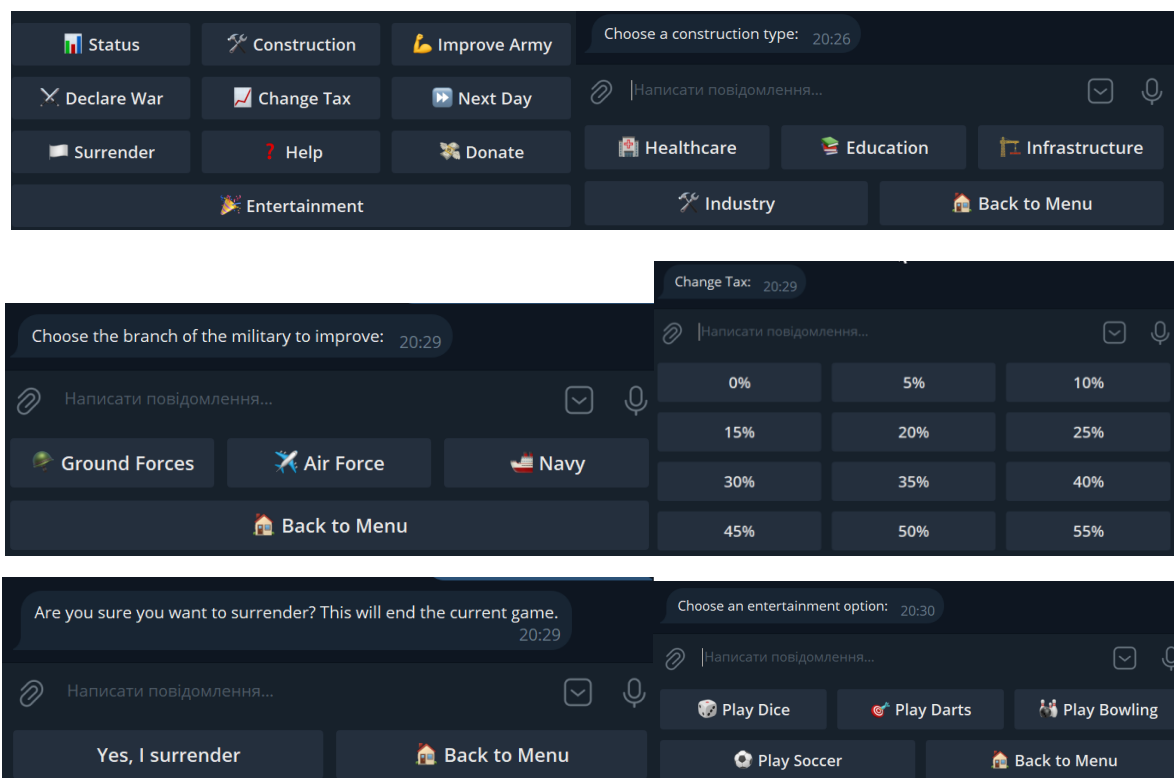


Рис. 1. Прототипи екранних форм розважального чат-боту «President Simulator» на платформі Telegram

Джерело: опрацювання власне

Гра «President Simulator» — це складна симуляція державного управління, яка змушує гравців розвивати свої стратегічні навички, передбачати наслідки своїх рішень та знаходити баланс між довгостроковими інтересами країни та короткостроковими потребами. Проєкт базується на сучасних технологіях, таких як Telegram Bot API, Python та SQLite, що забезпечує стабільність і високу продуктивність [4]. Завдяки чіткій структурі коду, гра може бути легко масштабована або розширена новими функціями [5].

```
def create_keyboard(buttons):
    return types.ReplyKeyboardMarkup(resize_keyboard=True).add(*[types.KeyboardButton(btn) for btn in buttons])

def create_start_keyboard():
    return create_keyboard(['🔥 Start'])

def create_main_keyboard():
    return create_keyboard(['📊 Status', '🏗️ Construction', '💪 Improve Army', '⚔️ Declare War', '💰 Change Tax', '📅 Next Day', '🏳️ Surrender', '❓ Help'])

def create_build_keyboard():
    return create_keyboard(['🏥 Healthcare', '🎓 Education', '🏢 Infrastructure', '🏭 Industry', '🏠 Back to Menu'])

def create_large_construction_keyboard(user):
    return create_keyboard(['🏭 Factory (400 resources, 6 days)', '🛒 Shopping Center (300 resources, 5 days)', '🏙️ Skyscraper (500 resources, 7 days)'])

def create_improve_army_keyboard():
    return create_keyboard(['🌿 Ground Forces', '✈️ Air Force', '🚢 Navy', '🏠 Back to Menu'])

def create_tax_keyboard():
    return create_keyboard([f'💰 {i}%' for i in range(0, 101, 5)] + ['🏠 Back to Menu'])

def create_confirm_surrender_keyboard():
    return create_keyboard(['👉 Yes, I surrender', '🏠 Back to Menu'])

def create_entertainment_keyboard():
    return create_keyboard(['🎲 Play Dice', '🎯 Play Darts', '🎳 Play Bowling', '⚽ Play Soccer', '🏠 Back to Menu'])
```

Пропоноване дослідження є цінним з точки зору аналізу механік ігрових симуляцій в Telegram-ботах. Зокрема, досліджується вплив інтерактивного ігрового процесу на прийняття рішень, а також реалізація ефективної моделі державного управління в ігровому середовищі [6]. Надалі можливе розширення функціоналу гри, додавання нових сценаріїв, деталізація економічної системи, а також впровадження багатокористувацьких режимів для змагання між гравцями.

Анотація. Гра «President Simulator» — це складна симуляція державного управління, яка змушує гравців розвивати свої стратегічні навички, передбачати наслідки своїх рішень та знаходити баланс між довгостроковими інтересами країни та короткостроковими потребами. Мета дослідження полягає у накопиченні, аналізі і визначенні високорівневих потреб і можливостей системи розважального чат-боту на платформі Telegram із

використанням технологій штучного інтелекту, формуванні вимог до власної розробленої системи та реалізації власної інновації. Проєкт базується на сучасних технологіях, таких як Telegram Bot API, Python та SQLite, що забезпечує стабільність і високу продуктивність [7]. Завдяки чіткій структурі коду, гра може бути легко масштабована або розширена новими функціями.

Ключові слова: чат-бот, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, нейронні моделі, AI, КОМСДН, President Simulator.

Література

1. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
3. Гриб'юк О.О. *Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем* / О. О. Гриб'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.
4. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
5. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

УДК 004.942

Пилипенко Д. Д. (здобувач бакалаврату, 3 курс)

Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (м.Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ РОЗВАЖАЛЬНОГО ЧАТ-БОТУ НА ПЛАТФОРМІ TELEGRAM

У сучасному світі інформаційні технології розвиваються з прискореним темпом, що значно впливає на всі сфери людської діяльності, від науки й освіти до бізнесу та розваг. Цей бурхливий прогрес супроводжується зростаючою

потребою у створенні ефективних інструментів для обробки, аналізу та інтерпретації великих обсягів даних.

Серед ключових завдань програмування особливе місце займає розроблення інтерпретаторів арифметичних виразів, які стають невід'ємною частиною програмного забезпечення, що виконує математичні обчислення в межах заданих алгоритмів [1]. Такі інструменти дозволяють автоматизувати складні обчислення, забезпечуючи точність і швидкість виконання, що є критично важливим для сучасних комп'ютерних систем, від простих калькуляторів до складних наукових симуляцій.

Мета дослідницької роботи полягає у здійсненні ґрунтовного аналізу технологій розроблення інтерпретатора арифметичних виразів як засобу дослідницького навчання і розроблення інтерпретатора арифметичних виразів із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування.

Інтерпретатор арифметичних виразів — це спеціалізований програмний засіб, призначений для аналізу та виконання математичних операцій на основі вхідного тексту, представленого у вигляді виразу. На відміну від традиційних калькуляторів, які мають фіксований інтерфейс і обмежений набір функцій, інтерпретатор здатен розбирати складні вирази, декомпонувати їх на окремі компоненти (наприклад, числа, оператори, дужки), обробляти ці елементи відповідно до заданих правил і зводити їх до кінцевого результату. Цей процес включає розпізнавання структури виразу, визначення порядку виконання операцій (з урахуванням пріоритетів або формату, як у зворотному польському записі), а також обробку можливих помилок, таких як ділення на нуль чи синтаксичні неточності [2]. Така гнучкість робить інтерпретатори незамінними в задачах, де потрібна динамічна обробка математичних виразів, наприклад, у скриптових мовах, аналітичних програмах чи системах штучного інтелекту.

Мета дослідницької роботи полягає у здійсненні ґрунтовного аналізу технологій розроблення інтерпретатора арифметичних виразів як засобу дослідницького навчання і розроблення інтерпретатора арифметичних виразів із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування. Основна

ціль — створити модульну та гнучку структуру коду, яка дозволить не лише ефективно обробляти базові математичні операції, а й забезпечить можливість розширення функціоналу в майбутньому.

Зокрема, акцент робиться на реалізації механізмів для додавання нових операторів (наприклад, піднесення до степеня чи обчислення остачі) і підтримки різних форматів вхідних даних, таких як звичний інфіксний запис чи зворотний польський запис. Такий підхід має на меті не лише вирішити поточну задачу обчислень, а й закласти основу для подальшого вдосконалення інтерпретатора, роблячи його придатним для інтеграції в більш складні програмні системи [3].

У ході дослідження буде проведено поглиблений аналіз основних принципів побудови інтерпретаторів арифметичних виразів. Зокрема, розглянуто методи декомпозиції виразів, алгоритми парсингу та обчислення, а також особливості використання стекових структур для обробки операцій. Окрема увага буде приділена застосуванню об'єктно-орієнтованого програмування для реалізації цих принципів, включаючи створення класів, інкапсуляцію даних і централізовану обробку помилок [4].

```
Ссылка: 3
public partial class Form1 : Form
{
    Ссылка: 1
    public Form1()
    {
        InitializeComponent();
    }

    Ссылка: 2
    private void GetResult(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {
            PolishInverseReselt.Text = Fraction.Instance.GetConvertToPolishInverseEntry(input.Text).ToString();
            resultLabel.Text = Fraction.Instance.Calculate(PolishInverseReselt.Text).ToString();
        }
        catch (ArgumentNullException ex) { ▲ CS0168: Переменная "ex" объявлена, но ни разу не использована.
            MessageBox.Show(text: "Помилка! Аргумент відсутній");
        }
        catch (InvalidOperationException ex) { ▲ CS0168: Переменная "ex" объявлена, но ни разу не использована.
            MessageBox.Show(text: "Помилка! Операція не дійсна");
        }
        catch (ArgumentOutOfRangeException ex) { ▲ CS0168: Переменная "ex" объявлена, но ни разу не использована.
            MessageBox.Show(text: "Помилка! Индекс вышел за межі списку");
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message);
        }
    }
}
```

Важливою складовою успішної розробки таких інтерпретаторів є вибір відповідного програмного підходу. У цьому контексті об'єктно-орієнтоване

програмування (ООП) відіграє ключову роль, забезпечуючи повторне використання коду, компактність його структури та спрощення процесу розширення функціональності. ООП дозволяє створювати модульні компоненти, такі як класи, які інкапсулюють логіку обробки виразів, дані (наприклад, список операторів) та методи (обчислення, конвертація), що полегшує модифікацію й додавання нових можливостей, наприклад, підтримки додаткових операторів чи форматів вхідних даних [5].

Використання принципів інкапсуляції, успадкування та поліморфізму дає змогу розробникам будувати гнучкі та масштабовані системи, які легко адаптуються до змінних вимог. Крім того, ООП сприяє кращій організації коду, що особливо цінно в складних проєктах, де інтерпретатор може бути частиною ширшої системи, наприклад, веб-додатку чи серверного API.

Важливим аспектом стала оптимізація коду, спрямована на підвищення продуктивності, наприклад, через ефективне використання пам'яті та швидкості виконання операцій. Також буде досліджено забезпечення коректної роботи інтерпретатора в різних умовах, таких як обробка некоректних вхідних даних, підтримка десяткових чисел чи обробка виразів із дужками. Ці аспекти дозволять не лише створити функціональний інтерпретатор, а й зробити його надійним і готовим до практичного застосування в реальних сценаріях, від навчальних програм до комерційних рішень.

```

public float Calculate(string expression)
{
    if (string.IsNullOrEmpty(expression))
        throw new ArgumentException(message: "Вхідний рядок не може бути порожнім");

    string[] tokens = expression.Split(new[] { ' ' }, StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);
    Stack<float> stack = new Stack<float>();
    foreach (var string token in tokens)
    {
        if (float.TryParse(token, out var float number))
            stack.Push(number);
        else if (operators.Contains(token))
        {
            if (stack.Count < 2)
                throw new InvalidOperationException(message: "Недостатньо операндів");
            float b = stack.Pop();
            float a = stack.Pop();
            float result = token switch
            {
                "+" => a + b,
                "-" => a - b,
                "*" => a * b,
                "/" => b == 0 ? throw new DivideByZeroException() : a / b,
                _ => throw new InvalidOperationException(message: $"Невідомий оператор: {token}")
            };
            stack.Push(result);
        }
        else
            throw new InvalidOperationException(message: $"Некоректний значення: {token}");
    }
    if (stack.Count != 1)
        throw new InvalidOperationException(message: "Некоректний вираз");
    return stack.Pop();
}

```

Отже, дослідження має на меті не лише розробити практичний інструмент для обчислення арифметичних виразів, а й продемонструвати переваги ООП у створенні модульних і розширюваних програмних систем [6]. Результати дослідження можуть бути використані як основа для подальших удосконалень, наприклад, інтеграції з веб-інтерфейсами чи розширення підтримки математичних функцій, що зробить інтерпретатор більш універсальним і цінним інструментом у сфері інформаційних технологій.

Інтерпретатор арифметичних виразів є важливим інструментом для обробки та обчислення математичних виразів. На відміну від калькулятора, який зазвичай є готовим пристроєм або програмою з інтерфейсом для виконання базових операцій (додавання, віднімання тощо) шляхом введення чисел і операторів через кнопки, інтерпретатор арифметичних виразів призначений для аналізу та обробки складних математичних виразів, поданих у текстовій формі.

```

Ссылка 1
public string GetConvertToPolishInverseEntry(string str)
{
    if (string.IsNullOrEmpty(str))
        throw new ArgumentException(message: "Вхідний рядок не може бути порожнім");

    StringBuilder output = new StringBuilder();
    Stack<string> stack = new Stack<string>();
    Dictionary<string, int> precedence = new Dictionary<string, int> { [key: "+"] = 1, [key: "-"] = 1, [key: "*"] = 2, [key: "/" ]
    Regex TokenPattern = new Regex(pattern: @"-?\d-?([\.\,]\d+)?|[\+\-\*\^\/]");
    MatchCollection matches = TokenPattern.Matches(str);
    foreach (Match match in matches)
    {
        string token = match.Value;
        if (float.TryParse(token, out _))
            output.Append(handler: $"{token} ");
        else if (token == "(")
            stack.Push(token);
        else if (token == ")")
        {
            while (stack.Count > 0 && stack.Peek() != "(")
                output.Append(handler: $"{stack.Pop()} ");

            if (stack.Count == 0 || stack.Peek() != "(")
                throw new ArgumentException(message: "Помилка! Немає пари до дужки");

            stack.Pop();
        }
        else if (operators.Contains(token))
        {
            while (stack.Count > 0 && stack.Peek() != "(" && precedence[stack.Peek()] >= precedence[token])
                output.Append(handler: $"{stack.Pop()} ");

            stack.Push(token);
        }
        else
            throw new ArgumentException(message: $"Некоректний значення: {token}");
    }
    while (stack.Count > 0)
    {
        if (stack.Peek() == "(")
            throw new ArgumentException(message: "Помилка! Немає пари до дужки");

        output.Append(handler: $"{stack.Pop()} ");
    }
    return output.ToString().Trim();
}

```

Інтерпретатор розбирає вираз, визначає порядок операцій і обчислює результат, що робить його більш універсальним інструментом для програмного аналізу, ніж калькулятор, який часто обмежений фіксованим набором функцій. У цій частині розглянемо два способи представлення виразів: звичайний запис (Infix) і польський інверсний запис (Postfix), їх характеристики та порівняння [7].

Анотація. Інтерпретатор арифметичних виразів є важливим інструментом для обробки та обчислення математичних виразів. На відміну від калькулятора, який зазвичай є готовим пристроєм або програмою з інтерфейсом для виконання базових операцій (додавання, віднімання тощо) шляхом введення чисел і операторів через кнопки, інтерпретатор арифметичних виразів призначений для аналізу та обробки складних математичних виразів, поданих у текстовій формі. Мета дослідницької роботи полягає у здійсненні ґрунтовного аналізу технологій розроблення інтерпретатора арифметичних виразів як засобу дослідницького навчання і

розроблення інтерпретатора арифметичних виразів із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування.

Ключові слова: інтерпретатор арифметичних виразів, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, нейронні моделі, АІ, КОМСДН, ООП.

Література

1. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.
2. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.
3. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
4. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
6. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
7. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.

УДК 004.942:[3275

Посмаренко О. С. (здобувач бакалаврату, 3 курс)
Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.
Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (м.Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ІГРОВОЇ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ «АРКАНОЇД» ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Із виваженим використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем (КОМСДН), у тому числі адаптованих декларативних і процедурних

знань в процесі розв'язування дослідницьких задач ґрунтовно розширилися можливості використання комп'ютера за рахунок неформалізованих раніше галузей знань [1]. У процесі створення ігрової програмної системи «Арконоїд» передбачається створення тривимірної гри з використанням OpenGL та SDL2 [2], яка демонструє принципи об'єктно-орієнтованого програмування (ООП) мовою C++.

Мета дослідження полягає у створенні 3D-версії популярної гри «Арконоїд» із використанням OpenGL та SDL2. Основне завдання полягає в реалізації захопливого ігрового процесу з тривимірною графікою, динамічною взаємодією об'єктів і музичним супроводом, що підвищує залучення гравця.

Ігрова програмна система розроблялася в середовищі Visual Studio 2022 [3]. Основна ідея гри -зруйнувати всі блоки на ігровій сцені за допомогою м'яча, керуючи платформою. Гравець використовує клавіатуру або мишу для пересування платформи в горизонтальній площині, щоб відбивати м'яч і спрямовувати його до блоків. Якщо м'яч падає за межі платформи, гравець втрачає життя. Гра завершується, коли всі блоки зруйновані або у гравця закінчуються життя.

Структура коду базується на ключових класах. Engine управляє ресурсами гри та ініціалізує OpenGL і SDL2. Scene відповідає за організацію ігрових об'єктів (рис. 1). GameObject є базовим класом для м'яча, платформи та блоків. ShaderProgram обробляє шейдери, забезпечуючи графічні ефекти.

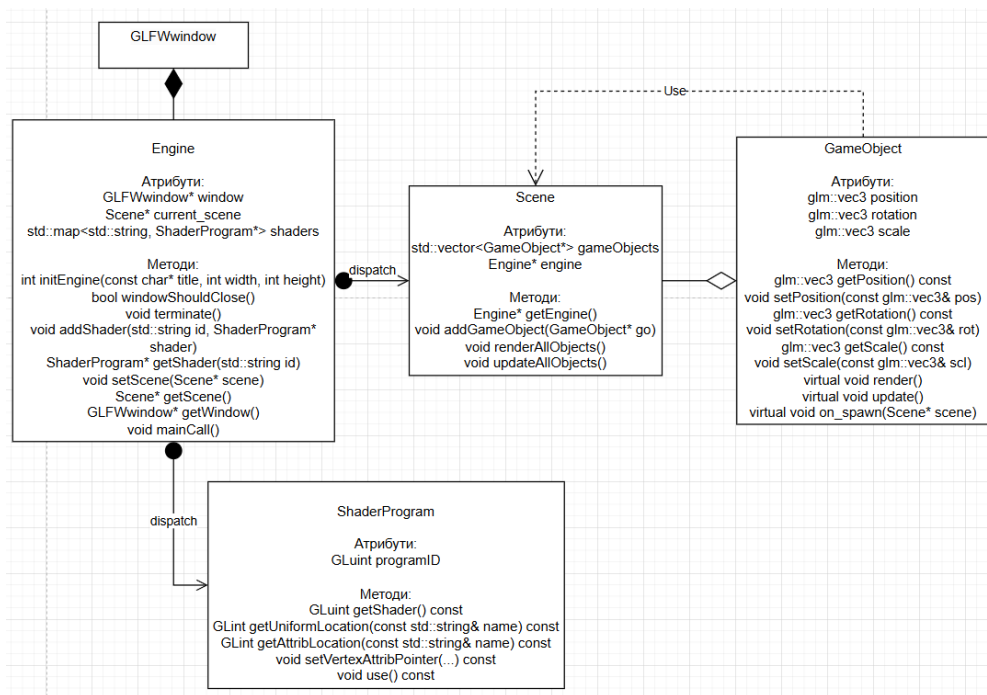


Рис.1. Діаграма класів ІПС «Арканойд»
Джерело: опрацювання власне

Взаємодія користувача відбувається через головне меню, меню паузи та налаштувань (рис. 2). Вони дозволяють запускати гру, регулювати параметри графіки, звуку та управління, а також призупиняти ігровий процес.

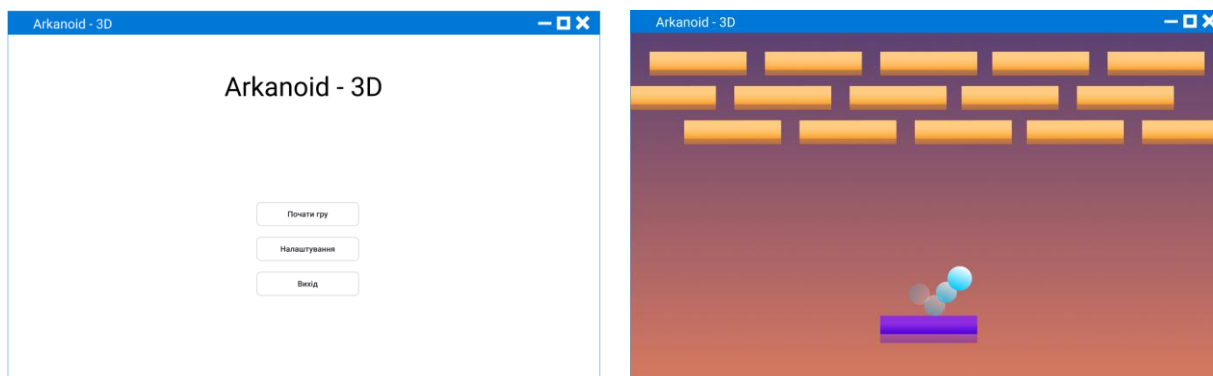


Рис. 2. Прототипи екранних форм ІПС «Арканойд»
Джерело: опрацювання власне

Звуковий супровід реалізовано через SDL_mixer: музика адаптується до ситуації, а звукові ефекти підсилюють атмосферу. Для графічної складової гри використовуються OpenGL-шейдери, зокрема вершинні та фрагментні. Вони забезпечують створення ефектів освітлення, кольору та текстур. Анімація при руйнуванні блоків та відскоках м'яча додає візуального різноманіття (рис. 3).

```

ShaderProgram(const std::string& vertexShaderSource, const std::string& fragmentShaderSource) {
    // Компіляція вершинного шейдера
    GLuint vertexShader = compileShader(vertexShaderSource, GL_VERTEX_SHADER);
    // Компіляція фрагментного шейдера
    GLuint fragmentShader = compileShader(fragmentShaderSource, GL_FRAGMENT_SHADER);

    // Створення шейдерної програми
    programID = glCreateProgram();
    glAttachShader(programID, vertexShader);
    glAttachShader(programID, fragmentShader);
    glLinkProgram(programID);

    // Перевірка на успішність лінування
    GLint success;
    glGetProgramiv(programID, GL_LINK_STATUS, &success);
    if (!success) {
        char infoLog[512];
        glGetProgramInfoLog(programID, 512, NULL, infoLog);
    }

    // Очищення ресурсів
    glDeleteShader(vertexShader);
    glDeleteShader(fragmentShader);
}

```

Рис. 3. Фрагмент лістингу ІПС «Арконоїд»

Джерело: опрацювання власне

Гра має потенціал для розширення: додавання бонусів, нових рівнів із унікальним дизайном і покращених візуальних ефектів. Це дозволить підвищити інтерес користувачів і продемонструвати нові можливості програмування [5].

Розроблена ігрова програмна система демонструє застосування принципів об'єктно-орієнтованого програмування (ООП), включаючи інкапсуляцію, поліморфізм і структурування коду, що базується на класах. Призначення програмного забезпечення полягає в забезпеченні інтерактивного досвіду для користувачів за допомогою цікавої гри, яка включає різні рівні складності, бонуси та унікальні механіки [6]. Гра також є навчальним проєктом, спрямованим на розвиток навичок з роботи з 3D-графікою, шейдерами та фізичними обчисленнями.

Анотація. Використання технологій штучного інтелекту у процесі розроблення ігрових застосунків відкривають нові можливості для творчості гейм дизайнерів, збагачуючи арсенал в процесі проєктування і програмування гри, в результаті ігровий досвід збагачується, стаючи захоплюючим та емоційно насиченим для гравців. Розглядається приклад програмної реалізації 3D-версії популярної гри «Арконоїд» із використанням об'єктно орієнтовного програмування як інструментів для забезпечення розвитку майбутнього інженера [7].

Ключові слова: арканойд, дослідницьке навчання, варіативні моделі, об'єктно орієнтованого програмування, комп'ютерне моделювання, варіативні моделі, ігрові застосунки, AI, КОМСДН, OpenGL, SDL2.

Література

1. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.
2. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
3. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
4. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
5. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
6. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds). *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

Саркісов М. Г. (здобувач бакалаврату, 2 курс)

Веретельникова Ю. Ю. (здобувач бакалаврату, 2 курс)

Науковий керівник – доц. Ємельянова Т. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПРО ЗВ'ЯЗОК МІЖ СТІЙКІСТЮ НЕНУЛЬОВИХ І ТРИВІАЛЬНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ СИСТЕМИ

Різноманітні фізичні явища в багатьох випадках описуються величинами, зв'язок між котрими відстежити достатньо складно. Досліджуючи різноманітні фізичні явища, технологічні процеси у багатьох галузях науки і техніки, роботу

систем керування складними процесами, в більшості випадків не вдається безпосередньо простежити залежність між величинами, що описують певний процес чи явище. Однак можна виявити функціональну залежність між визначальними характеристиками процесу (функціями), швидкостями їх зміни й часом, тобто знайти рівняння, які містять шукані функції та їх похідні. В такому випадку явища чи процеси описуються системами диференціальних рівнянь, які складають математичну модель процесу що досліджується.

Нехай математична модель вивчаемого процесу описується системою загальних диференціальних рівнянь. Система диференціальних рівнянь завжди має нескінчену множину розв'язків, і для встановлення одного визначеного розв'язку треба вказати відповідні початкові умови.

В реальних умовах система, яка знаходиться у визначеному режимі, піддається неминучим відхиленням параметрів зовнішньої дії. Тому при будівництві математичної моделі системи, яка повинна знаходитися в визначеному режимі, виникає проблема стійкості динамічного режиму системи в наслідок неминучих відхилень початкових умов, що визначаються зовнішньою дією. При аналізі поведінки динамічної системи, яка є математичною моделлю досліджуваного процесу, звертають увагу на її стійкість, тобто на реакцію динамічної системи на мале збурення початкової умови. Якщо при завгодно малих змінах стан динамічної системи, що є математичною моделлю досліджуваного процесу, починає все більш відрізнятися з часом від визначеного, то система є нестійкою. Такі математичні моделі не використовуються для опису процесів. Якщо ж малі збурення розв'язку згасають з часом, система сама повертається до визначеного умовами задачі режиму. Такий режим роботи системи є стійким, відповідна початкова умова визначає точку спокою. Система перебуває у стійкому стану спокою.

Для аналізу поведінки динамічної системи 2-го порядку в обраному режимі необхідно розв'язати задачу Коші для системи диференціальних рівнянь з заданими початковими умовами. Початкові умови визначають деяку точку на фазовій площині у просторі системи диференціальних рівнянь.

Стійкість розв'язків задачі Коші визначається не початковими умовами, а визначником коефіцієнтів матриці системи диференціальних рівнянь. Точка $(0,0)$ фазової площини завжди відповідає стану покою системи. Розв'язок системи з початковою умовою в точці $(0,0)$ фазової площини простору системи диференціальних рівнянь має назву тривіального розв'язку системи. Тому, дослідження на стійкість розв'язку задачі Коші з певними початковими умовами завжди можна замінити дослідженням тривіального розв'язку задачі Коші.

Приклад. Нехай дана система:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = y, \\ \frac{dy}{dt} = -2x - 2y \end{cases}. \quad (1)$$

Характеристичне рівняння системи

$$\begin{vmatrix} -p & 1 \\ -2 & -2-p \end{vmatrix}$$

має ненульові корені при умові

$$\begin{vmatrix} -p & 1 \\ -2 & -2-p \end{vmatrix} = 0$$

$p_{1,2} = -1 \pm i$ - характеристичні числа системи.

Загальний розв'язок системи має вигляд

$$\begin{aligned} x &= e^{-t}(x_0 \cos t + (x_0 + y_0) \sin t), \\ y &= e^{-t}(y_0 \cos t - (2x_0 + y_0) \sin t), \end{aligned}$$

де $x_0 = x(0)$, $y_0 = y(0)$ - початкові значення функцій в момент часу $t=0$.

Частинний розв'язок системи з початковою умовою $x(0) = 0$, $y(0) = 1$ має вигляд

$$\begin{aligned} x &= e^{-t} \sin t, \\ y &= e^{-t} (\cos t - \sin t). \end{aligned}$$

Використаємо цей розв'язок для дослідження на стійкість нульового (тривіального) розв'язку системи, розв'язку з нульовими початковими умовами

$x(0) = 0, y(0) = 0$. Вводимо нові функції $\alpha(t)$ і $\beta(t)$, для яких виконується нульова початкова умова $\alpha(0) = 0$ і $\beta(0) = 0$, за правилом

$$\begin{aligned} x &= \alpha(t) + e^{-t} \sin t, \\ y &= \beta(t) + e^{-t} (\cos t - \sin t). \end{aligned} \quad (2)$$

Задана система рівнянь після введення функції $\alpha(t)$ і $\beta(t)$

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = y, \\ \frac{dy}{dt} = -2x - 2y. \end{cases} \quad \begin{cases} (\alpha(t) + e^{-t} \sin t)' = \beta(t) + e^{-t} (\cos t - \sin t), \\ (\beta(t) + e^{-t} (\cos t - \sin t))' = -2(\alpha(t) + e^{-t} \sin t) - 2(\beta(t) + e^{-t} (\cos t - \sin t)) \end{cases}$$

проведення диференціювання та скорочення подібних приймає вигляд

$$\begin{cases} \frac{d\alpha}{dt} = \beta, \\ \frac{d\beta}{dt} = -2\alpha - 2\beta. \end{cases} \quad (3)$$

Отримана система (3) не відрізняється від системи (1) для функцій $x(t)$ і $y(t)$, але для введених функцій $\alpha(t)$ і $\beta(t)$ системи (3) виконується нульова початкова умова $\alpha(0) = 0$ і $\beta(0) = 0$.

Таким чином, дослідження стійкості ненульового розв'язку системи (1) можна замінити дослідженням стійкості нульового (тривіального) розв'язку системи (3), точки спокою, розташованої в початку системи координат, оскільки стійкість ненульового розв'язку системи (1) рівносильна стійкості тривіального розв'язку системи (3).

Література

1. Дослідження стійкості розв'язків систем диференціальних рівнянь. Навчально-методичний посібник: [Електронний ресурс]: для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 111 "Математика" / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А.Л.Гречко, М.Є.Дудкін. – Електронні текстові дані (1 файл: 345Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 25с.
2. Теорія стійкості руху: курс лекцій / С. А. Щоголев. – Одеса : Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2017. – 148 с.

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БІБЛІОТЕКИ FACE API

В сучасному світі функції розпізнавання образів використовуються в різних галузях. Системи штучного інтелекту сучасних автомобілів, що відповідають за автопілотування, активно використовують системи розпізнавання образів у контексті оптимізації функціонування системи для виявлення порушників правил дорожнього руху, пошуку окремої людини в натовпі людей. Виробники смартфонів починають все більше інтегрувати функцію розблокування телефону з використанням Face ID. Розпізнавання обличчя є дотепер складною проблемою для комп'ютерів [1].

Люди мають вроджену здатність легко ідентифікувати інших людей по їх обличчям в режимі реального часу. Безперечно, необхідність отримання точних вказівок щодо обробки зображення та пошуку такого об'єкта ПК є необхідною умовою [2]. Тонкі особливості та видозміни, наприклад, коли людина посміхається/нахмурена призводять до неточного визначення обличчя комп'ютером. Тому потрібен загальний метод, щоб зрозуміти те, що є найпоширенішим в обличчі людини, і, відповідно, виокремлювати/розпізнавати лише на ці особливості зображення. Різноманітні мобільні застосунки надають можливість накласти на обличчя віртуальний фільтр для фото або відео.

Одним із важливих напрямків у цій галузі є розроблення методів, які дозволяють точно виявляти та ідентифікувати обличчя в реальному часі. Дотепер існує безліч архітектур нейронних мереж, які дозволяють розв'язувати задачі розпізнавання зображень [3], проте залишається ряд викликів, пов'язаних зі спотвореннями, такими як зміни в освітленні, перспективі або деформації.

Мета дослідження полягає у здійсненні аналізу методик побудови систем розпізнавання зображень, що допоможе сформулювати оптимальне рішення, добір необхідних засобів для створення програмного забезпечення розпізнавання образів на зображеннях і розробленні веб-застосунку для розпізнавання обличчя на зображеннях та відео в режимі реального часу із застосуванням бібліотеки face api.

У ході дослідження було вивчено актуальне питання вибору архітектури, інструментів та алгоритмів для побудови систем розпізнавання зображень. Було проаналізовано доробок науковців та розробників у сфері розпізнавання образів, досліджено найбільш поширені підходи та алгоритми обробки зображень [4]. Проведено огляд існуючих методик побудови систем розпізнавання образів та виявлено особливості архітектурного рішення програмної системи, що розроблена з використання сучасних JavaScript фреймворків та бібліотек. На основі проведених досліджень спроектовано та розроблено застосунок для виявлення обличчя на зображеннях та відео-поточі в режимі реального часу із використанням сучасних технологій. Розроблений веб-застосунок вирізняється простотою реалізації та можливістю подальшого використання в практичних чи наукових цілях.

Застосунок складається із клієнтської частини у контексті мінімізації часових і ресурсних витрат щодо розгортання системи, адже його можна розгорнути на будь-якій платформі, що підтримує роботу статичних файлів в форматі .json та надає не менше 50 мегабайт місця в файловій системі. Система виявлення обличчя розроблена із використанням одного з найпопулярніших фреймворків React.js. Він базується на мові програмування JavaScript та надає зручні інструменти для побудови інтерактивних сторінок. Сторінки пишуться на HTML5, логіка роботи програми описується в JS коді компонентів із використанням open-source бібліотек [5].

Головним компонентом є App.js, який містить розподілення посилань на інші компоненти та є контейнером для всіх інших компонентів. Серед інших компонентів системи для роботи з зображеннями та відео-поток: Nome.js –

необхідний для відображення головної сторінки, де можна знайти посилання на два інші компоненти. `ImageInput.js` – компонент для роботи із зображеннями. `VideoInput.js` – компонент для роботи із відеокамерою. Система використовує вже інсталювану бібліотеку `faceapi.js`, для роботи з якою необхідно натренувати моделі з `TensorFlow.js` та/або завантажити їх заздалегідь. Всі моделі мають бути в форматі `json` для коректної роботи бібліотеки. Після запуску веб-застосунку користувач потрапляє на головну сторінку, де він може обрати методи розпізнавання обличчя на зображеннях або відео-потоці, що виокремлюється із використанням камери пристрою.

Посилання `Image Page` з головної сторінки переведе користувача на сторінку виявлення облич на зображеннях (рис. 1). За замовчуванням система містить в собі одне тестове зображення, яке відразу починає опрацьовуватись після завантаження сторінки. Для додавання іншого зображення необхідно натиснути кнопку `Choose File`, яка відкриє файловий менеджер, де користувач може обрати необхідний файл. Після завантаження файлу він почне одразу опрацьовуватись системою. Через декілька секунд на зображенні з'являться квадрати синього кольору, які будуть відмічати знайдені обличчя. У процесі здійснення переходу на сторінку опрацювання відео потоку, браузер запитає дозвіл користувача на використання камери.

У діалоговому вікні необхідно натиснути кнопку `Allow`, після чого запуситься компонент камери та розпочнеться процес опрацювання відео в режимі реального часу (рис. 2). Швидкість виявлення обличчя залежить від наступних факторів: якість потоку з камери; освітлення; апаратні характеристики пристрою, на якому використовується застосунок.

Для даного веб застосунку написано декілька `unit-тестів`, які спрямовані на перевірку основних методів і генерування необхідних елементів. Для написання та запуску тестів використано бібліотеку `enzyme`. Розпізнавання образів стало важливою задачею у комп'ютерній науці. З розвитком технологій та збільшенням обсягів даних, що генеруються, звісно, виникає потреба в

автоматизації процесів аналізу та інтерпретації зображень [6]. Це особливо актуально в контексті управління складними системами, де точність і

```
JS Home.js JS ImageInput.js X
src > components > JS ImageInput.js > ImageInput > processImageChange
17 class ImageInput extends Component {
19   constructor(props) {
21     this.state = { ...InitialState, faceMatcher: null }
22   }
23
24   processImageChange = async event => {
25     this.resetState()
26     await this.setState({
27       imageURL: URL.createObjectURL(event.target.files[0]),
28       loading: true
29     })
30     this.processImage()
31   }
32
33   processImage = async (image = this.state.imageURL) => {
34     await getFullFaceDescription(image).then(fullDesc => {
35       if (!fullDesc) {
36         this.setState({
37           fullDesc,
38           detections: fullDesc.map(fd => fd.detection),
39           descriptors: fullDesc.map(fd => fd.descriptor)
40         })
41       }
42     })
43
44     if (this.state.descriptors && this.state.faceMatcher) {
45       let match = await this.state.descriptors.map(descriptor =>
46         this.state.faceMatcher.findBestMatch(descriptor)
47       )
48       this.setState({ match })
49     }
50   }
51 }
```

Рис. 1. Фрагмент лістингу щодо виявлення обличчя на світлині

```
JS Home.js JS ImageInput.js JS VideoInput.js X
src > components > JS VideoInput.js > ...
15 class VideoInput extends Component {
48   startCapture() {
49     this.interval = setInterval(() => {
50       this.capture()
51     }, faceScanInterval)
52   }
53
54   componentWillUnmount() { ...
56   }
57
58   async capture() {
59     if (!this.webcam.current) {
60       return null
61     }
62     let fullDesc = await getFullFaceDescription(
63       this.webcam.current.libCameraPhoto.getDataUri({}),
64       inputSize
65     )
66     if (fullDesc) {
67       this.setState({
68         detections: fullDesc.map(fd => fd.detection),
69         descriptors: fullDesc.map(fd => fd.descriptor)
70       })
71     }
72
73     if (this.state.descriptors && this.state.faceMatcher) {
74       let match = this.state.descriptors.map(descriptor =>
75         this.state.faceMatcher.findBestMatch(descriptor)
76       )
77       this.setState({ match })
78     }
79   }
-- }
```

Рис. 2. Фрагмент лістингу щодо виявлення обличчя на відео потоці

швидкість обробки інформації можуть суттєво впливати на ефективність функціонування розробленого застосунку.

Анотація. На основі проведених досліджень спроектовано і розроблено веб застосунок для виявлення обличчя на зображеннях і відео-потоці в режимі реального часу із використанням сучасних технологій. Практичне значення полягає у подальшому використанні методик побудови систем розпізнавання зображень, що дозволять ефективно створювати застосунки з алгоритмами та архітектурою різного рівня складності. Попри значні досягнення у цій сфері, дослідження показують, що багато моделей все ще страждають від недостатньої стійкості до різноманітних умов. Це відкриває нові можливості для вдосконалення існуючих алгоритмів, зокрема шляхом інтеграції нових нейромережових архітектур [7], які можуть запропонувати нові рішення для розпізнавання образів. В дослідницькій роботі здійснено ґрунтовний аналіз існуючих систем комплексного аналізу зображень із використання технологій штучного інтелекту, що відповідає актуальним потребам сучасного світу та є важливим етапом у розвитку інформаційного суспільства.

Ключові слова: комп'ютерний зір, дослідницьке навчання, варіативні моделі, штучний інтелект, аналіз даних, КОМСДН, Face API.

Література

1. Hrybiuk, O., Kant, G.S. CleverCOMSRL: Implementation of an AI Computer-Aided Design System in the Context of the Cognitive Science Paradigm for the Research Training Process. In: Machado, J., et al. *Innovations in Mechatronics Engineering III. icieng 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2024. P. 351-362. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61575-7_32.
2. Khang A., Abdullayev V., Hrybiuk O., & Shukla A.K. (Eds.). *Computer Vision and AI-Integrated IoT Technologies in the Medical Ecosystem* (1st ed.). CRC Press. 2024. <https://doi.org/10.1201/9781003429609>.
3. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
5. Гриб'юк О.О. Рівнева модель дослідницького навчання учнів математики з використанням комп'ютерно орієнтованої методичної системи. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2020. Том 77. № 3. 39-65.
6. Hrybiuk, O. Improvement of the educational process by the creation of centers for intellectual development and scientific and technical creativity. In: Hamrol, A., Kujawińska, A., Barraza, M.F.S. (eds.) *MANUFACTURING 2019. LNME*, 2019. P. 370–382. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18789-7_31.
7. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.

УДК 004.942:[3275

Тарасюк Д. Ю. (здобувач бакалаврату, 3 курс)

Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (м.Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ГРИ «SPIDER JUMP» ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

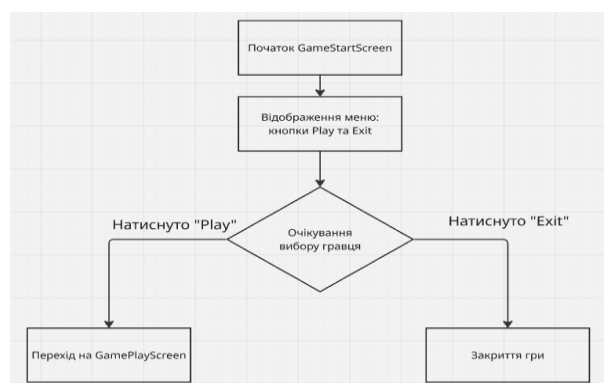
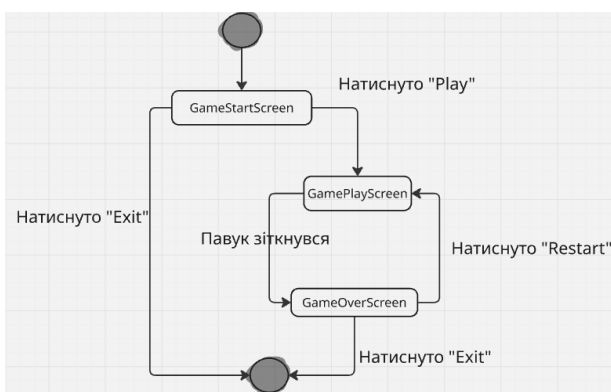
Розроблення комп'ютерних ігор є одним із найпопулярніших напрямків програмування, що поєднує логіку, алгоритмічне мислення і креативність. У дослідженні розглядається створення простої 2D-гри «Spider Jump». Головним персонажем у розробленій грі є павук, який стрибає через перешкоди у вигляді каміння. Модифікація механіки гри та зміна її стилістики дозволяє створити новий досвід для гравців, зберігаючи водночас простоту керування та

захопливість процесу [1]. Використання мови програмування Java та бібліотеки libGDX забезпечує кросплатформенність, що дозволяє запускати гру на різних пристроях і операційних системах.

Метою дослідницької роботи є розроблення 2D-гри «Spider Jump», функціонування якої ґрунтується на механіці стрибків через перешкоди, з використанням мови Java та бібліотеки libGDX. Для досягнення цієї мети реалізовано такі завдання: 1. Проаналізувати особливості роботи з libGDX та його можливості для створення 2D-ігор. 2. Спроекувати структуру гри, включаючи основні механіки, логіку взаємодії об'єктів та користувацький інтерфейс. 3. Реалізувати рух персонажа (павука) та механізм подолання перешкод (каміння). 4. Налаштувати систему підрахунку очок. 5. Оптимізувати гру для плавного виконання та забезпечити її кросплатформенність. 6. Протестувати додаток та усунути можливі помилки в роботі гри.

Ігрова програмна система «Spider Jump» реалізована в середовищі Java з використанням бібліотеки libGDX, що забезпечує ефективне управління графікою, фізикою та ресурсами гри [2]. Розробка та тестування будуть проводитися на операційній системі Windows, проте завдяки libGDX гру можна адаптувати під Android, iOS і навіть веб-браузери.

Загальна логіка роботи гри "Spider Jump" описується наступним чином (рис. 1): старт гри: відображення стартового екрану (GameStartScreen). Натискання кнопки "Start" запускає основний ігровий екран (GamePlayScreen). Натискання кнопки "Exit" закриває гру.



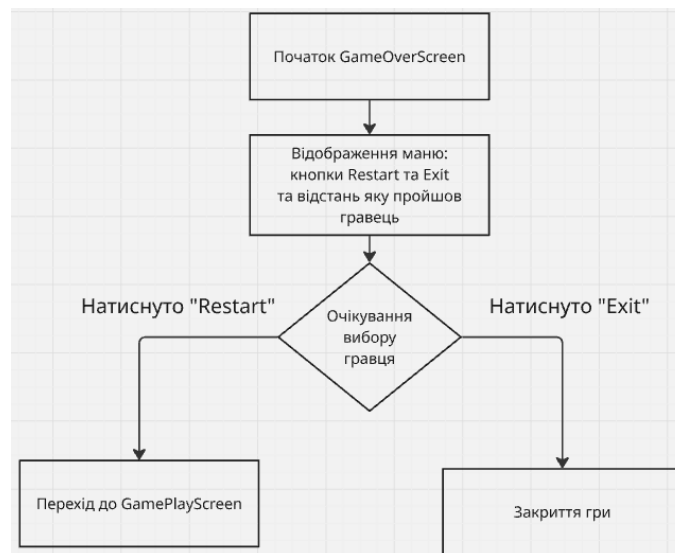


Рис. 1. Ескізний проєкт ігрового застосунку «Spider Jump»

Джерело: опрацювання власне

Основний ігровий процес: постійний рух фону та перешкод уліво. При натисканні на клавішу пробілу виконується стрибок павука. Поступове збільшення складності шляхом пришвидшення перешкод [3]. Підрахунок дистанції, яку пройшов гравець. *Перевірка на зіткнення:* якщо відбувається перетин прямокутників об'єктів, то гра завершується. *Завершення гри:* перехід до екрану завершення (GameOverScreen). Відображення результату та можливість перезапустити або закрити гру. Гравітація діє на павука, коригуючи вертикальну швидкість ($velocity.y$) за допомогою формули: $velocityY -= gravity;$. Цей процес змінює положення павука по вертикалі ($spiderY$), під впливом сили гравітації. Коли гравець натискає пробіл, використовуючи `Gdx.input.isKeyJustPressed(Input.Keys.SPACE)`, то павук починає стрибати. Йому надається початкова швидкість у напрямку вгору (за допомогою значення $velocityY = jumpStrength$), і він змінює свій стан на "стрибок" (`isJumping`).

Під час стрибка фізика змінюється, враховуючи гравітацію та швидкість падіння, поки павук не досягне рівня землі (`groundLevel`). Каміні генеруються випадково і рухаються з певною швидкістю в напрямку до лівого краю екрану [4]. Якщо камінь виходить за межі екрану, він повертається на праву сторону і продовжує рухатися. Швидкість руху каменя залежить від розміру

екрану, щоб забезпечити відповідний рівень складності. Камені перевіряють на зіткнення з павуком за допомогою їх hitbox'ів. Для перевірки зіткнень використовується прямокутник, що обмежує камінь, зменшений по ширині та висоті для точнішого визначення зіткнень [5]. Фон рухається горизонтально, забезпечуючи ефект "прокручування". Фон переміщається зі швидкістю scrollSpeed, і після досягнення кінця екрану фон переміщається назад, створюючи безперервний цикл прокручування.

Кожен з цих модулів реалізується у вигляді окремого класу в Java, що відповідає принципам розділення відповідальностей [6]. Завдяки такій структурі кодування, тестування та супровід гри значно спрощуються. Крім того, проєкт орієнтується на можливість розширення: - додавання нових екранів, персонажів або типів перешкод без значних змін у вже існуючому коді [7]. Запропонована структура гри забезпечує зрозумілий алгоритм роботи та дозволяє ефективно реалізувати задуману механіку гри ігрової програмної системи «Spider Jump».

Анотація. У дослідженні розглядаються теоретичні та практичні аспекти створення ігрової програмної системи «Spider Jump», включаючи реалізацію основних механік, методи їх оптимізації і перспективи подальшого розвитку. Метою дослідницької роботи є розроблення гри «Spider Jump» із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування. У процесі дослідження здійснено ґрунтовний аналіз і визначено високорівневі потреби та аналіз можливостей ігрового застосунку, розроблення зручної, ефективної програмної системи. Аналіз отриманих результатів дозволить не лише оцінити ефективність запропонованих підходів, а й визначити можливості для подальшого покращення ігрового процесу. Це допоможе сформуванню більш комплексне розуміння структури гри та її потенційного розвитку в майбутньому.

Ключові слова: об'єктно-орієнтованого програмування, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, варіативні моделі, ігрові застосунки, AI, КОМСДН, Spider Jump.

Література

1. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.
2. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. // *Сьома міжнародна науково-практична*

конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.

3. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.

4. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.

5. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.

6. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.

7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds). *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

УДК 004.942:[3275

Терновий Д. С. (здобувач бакалаврату, 4 курс)

Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (м.Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ГЕНЕРАТОРА ВИПАДКОВИХ ЧИСЕЛ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

У рамках дослідження розроблено генератор випадкових чисел з використанням технологій об'єктно-орієнтованого програмування. Проект реалізується як веб-застосунок з адаптивним дизайном, що підтримує як десктопний, так і мобільний інтерфейси. Система дозволяє генерувати випадкові числа різних типів у заданому діапазоні значень [1].

Мета дослідження полягає у розробленні зручного та функціонального інструменту для генерації випадкових чисел, який можна використовувати для різноманітних потреб — від наукових розрахунків до ігрових механік.

Особлива увага приділяється застосуванню об'єктно-орієнтованого підходу для створення модульної, розширюваної архітектури програми [2]. Система побудована за модульним принципом з використанням об'єктно-орієнтованого підходу (рис. 1.).

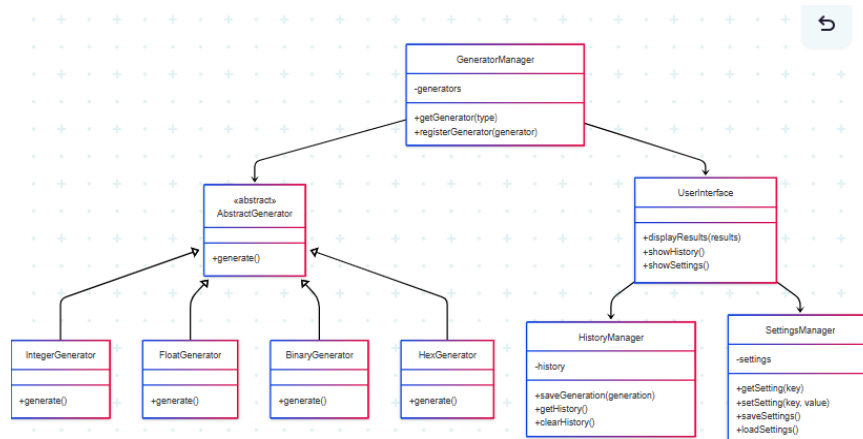


Рис. 1. Діаграма класів ІС генератора випадкових чисел
Джерело: опрацювання власне

Послідовність взаємодії. 1. Введення параметрів користувачем. Повідомлення: Користувач → Інтерфейс: Ввід параметрів Опис: Користувач вводить необхідні параметри генерації через елементи управління інтерфейсу: Вибирає тип чисел (цілі, дробові, двійкові, шістнадцяткові). Вказує діапазон значень (мінімальне та максимальне) [3]. Визначає кількість чисел для генерації. Встановлює додаткові опції (унікальність, формат виведення).

2. Передача запиту на генерацію. Повідомлення: Інтерфейс → Менеджер генераторів: Запит на генерацію Опис: Інтерфейс перевіряє коректність введених параметрів та формує запит на генерацію, який включає: Тип генератора, який потрібно використати. Повний набір параметрів для генерації. Додаткові опції форматування результатів [4].

3. Створення відповідного генератора. Повідомлення: Менеджер генераторів → Менеджер генераторів: Створення генератора Опис: Менеджер генераторів виконує внутрішній процес вибору та створення відповідного типу генератора на основі параметрів запиту: Застосовує патерн "Factory Method" для створення об'єкта генератора. Встановлює початкові параметри для створеного генератора. Підготовлює генератор до роботи. (рис. 2).

4. Процес генерації чисел. Повідомлення: Менеджер генераторів → Генератор: Виклик генерації. Опис: Менеджер генераторів делегує процес генерації створеному генератору: Передає всі необхідні параметри. Вказує обмеження та специфічні налаштування. Ініціює процес генерації [5].

The image shows a web application prototype titled "Прототип системи з генератором випадкових чисел" (Prototype of the system with a random number generator). Below the title is a navigation bar with four buttons: "Генератор чисел" (Number generator), "Каталог" (Catalog), "Спосіб доставки" (Delivery method), and "Спосіб оплати" (Payment method). The main section is titled "Генератор випадкових чисел" (Random number generator). It contains a form with the following elements: a "Тип чисел:" (Number type) section with radio buttons for "Цілі числа" (Integer numbers) and "Дробові числа" (Decimal numbers), where "Дробові числа" is selected; a "Діапазон чисел: Від" (Number range: From) field with a value of "1"; a "До" (To) field with a value of "100"; a "Кількість цифр після коми:" (Number of digits after the decimal point) field with a value of "2"; a blue "Згенерувати" (Generate) button; a list of generated numbers: 27.15, 31.77, 75.03, 16.84, and 49.18; two buttons, "Скопіювати" (Copy) and "Зберегти у файл" (Save to file); and a large orange button at the bottom that says "Перейти на мобільний додаток" (Go to mobile app).

Рис. 2. Прототип головної екранної форми ІС генератора випадкових чисел версії ПК
Джерело: опрацювання власне

5. Отримання результатів генерації. Повідомлення: Генератор → Менеджер генераторів: Повернення результату Опис: Після завершення процесу генерації генератор повертає результат [6]: Масив згенерованих випадкових чисел. Додаткову інформацію про процес генерації (час виконання, використаний алгоритм). Статистичні дані про згенеровані числа (за необхідності).

6. Передача результатів до інтерфейсу. Повідомлення: Менеджер генераторів → Інтерфейс: Повернення результату Опис: Менеджер генераторів обробляє отримані від генератора дані та передає їх до інтерфейсу: Форматує

результати відповідно до налаштувань. Додає метадані про генерацію. Підготовлює дані для відображення.

7. Відображення результатів користувачеві. Повідомлення: Інтерфейс → Користувач: Відображення результату Опис: Інтерфейс відображає отримані результати у зручному для користувача форматі: Виводить згенеровані числа в області результатів [7]. Додає статистичну інформацію (мінімум, максимум, середнє значення) (рис. 3). Активує кнопки для додаткових дій (копіювання, експорт). Оновлює статус програми.

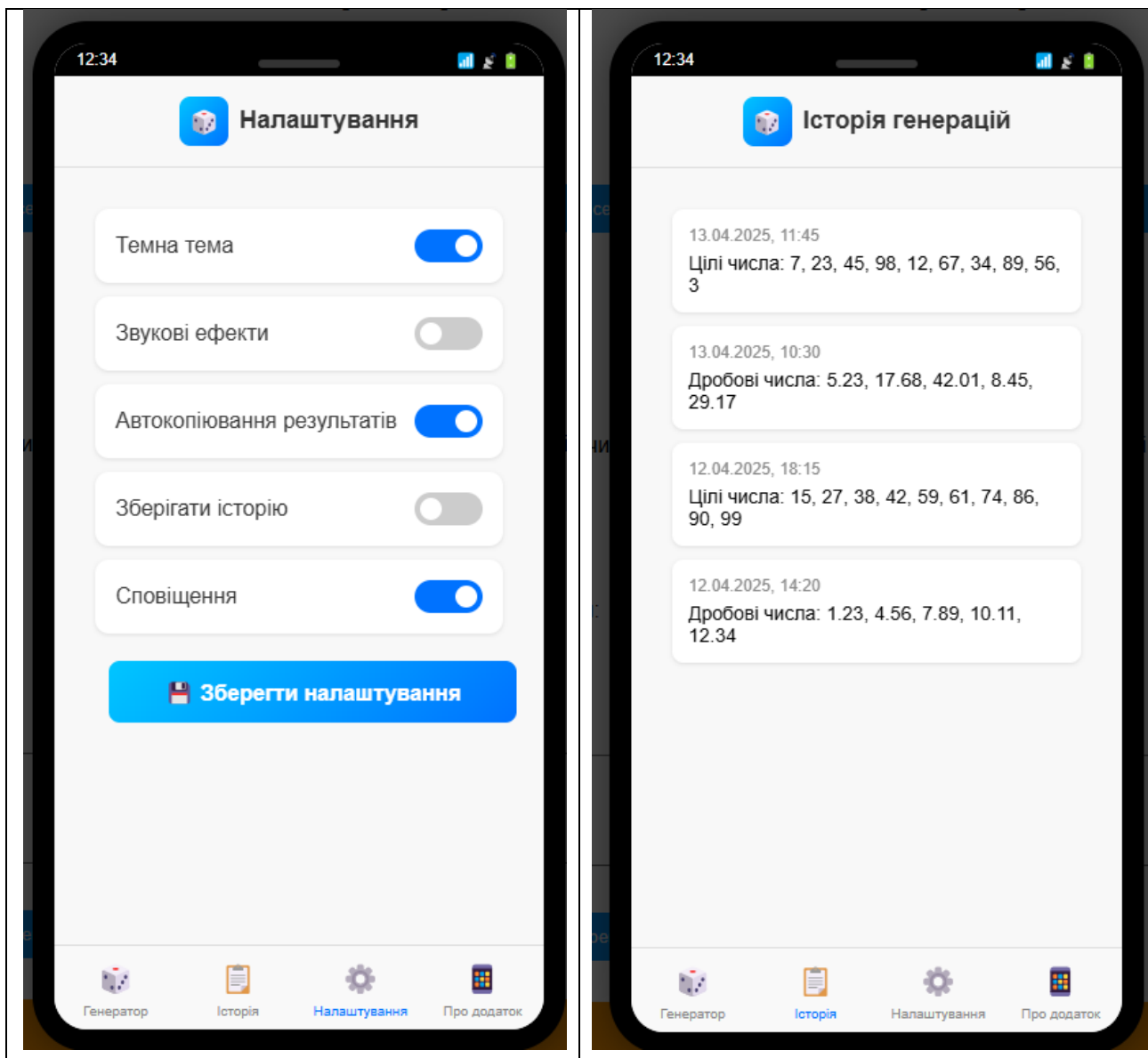


Рис. 3. Прототипи екранних форм ІС генератора випадкових чисел мобільної версії

Джерело: опрацювання власне

8. Збереження інформації про генерацію. Повідомлення: Інтерфейс → Менеджер історії: Збереження в історію Опис: Інтерфейс передає інформацію про поточну генерацію до менеджера історії для збереження: Параметри генерації. Дата та час операції. Результати (повні або скорочені, залежно від розміру). Ідентифікатор сесії користувача.

Важливим є те, що прототип має функціональність, максимально наближену до реального додатку, з високим ступенем взаємодії користувача з системою. Такий підхід дозволяє не лише продемонструвати зовнішній вигляд інтерфейсу, а й оцінити зручність його використання. Розроблена ПС демонструє впевнене володіння інструментами HTML, CSS і JavaScript у контексті створення інтерактивних інтерфейсів, а також розуміння принципів полягає у розробленні зручного та функціонального інструменту адаптивного дизайну для різних типів пристроїв.

Анотація. *Мета дослідження для генерації випадкових чисел, який можна використовувати для різноманітних потреб — від наукових розрахунків до ігрових механік. Особлива увага приділяється застосуванню об'єктно-орієнтованого підходу для створення модульної, розширюваної архітектури програми. Система побудована за модульним принципом з використанням об'єктно-орієнтованого підходу.*

Ключові слова: генератор випадкових чисел, дослідницьке навчання, варіативні моделі, об'єктно орієнтоване програмування, комп'ютерне моделювання, варіативні моделі, інформаційна система, КОМСДН, HTML, CSS, JavaScript.

Література

1. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.
2. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
3. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
4. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools,

[w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.

5. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.

6. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.

7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds). *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

Тітула І. (здобувач бакалаврату, 2 курс)

Кириченко А. (здобувач бакалаврату, 2 курс)

Науковий керівник – ст. викл. Мороз І. І.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИКОРИСТАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ЧИСЛЕННЯ ДЛЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ОЦІНКИ ВИТРАТ РІЗНИМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТУ

Діяльність по управлінню матеріальними потоками здійснювалась людством з давніх часів. Логістика в господарській практиці почала застосовуватися зовсім нещодавно (а на значному числі вітчизняних підприємств ще і не почала застосовуватися). Згідно з визначенням [1], логістика це наука про планування, реалізацію і контроль ефективних і економних з точки зору витрат операцій переміщення і зберігання матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції, а також пов'язану з ними інформацію про постачання товарів від місця виробництва до місця споживання відповідно до вимог клієнтури.

Пошуки оптимальних рішень, що дозволяють економіці ефективно освоїти необхідні об'єми перевезень при можливо малих витратах засобів, нині відносяться до основних завдань стабілізації і подальшого підйому промисловості і сільського господарства.

Освоєння перевезень різними видами транспорту залежить від цілого ряду чинників [2] одним з яких є розміщення транспортних засобів і мережі видів транспорту відносно підприємств і населених пунктів.

У роботі [2] вказані основні техніко-економічні особливості, що характеризують специфічність транспортно-логістичних систем різних видів транспорту.

1. Задача оптимізації транспортних витрат при перевезенні вантажу залізничним і автомобільним транспортом.

Вздовж прямої AB (рис.1) проходить залізнична колія. В стороні, на відстані l від залізничної колії знаходиться пункт C , з якого необхідно перевезти вантаж до пункту A . Припустимо, що з пункту C можна дістатися автомобільним транспортом по прямій до довільної точки залізної дороги. Виникає питання – по якій трасі необхідно перевезти вантаж з пункту C до залізної дороги, а потім по залізній дорозі до пункту A , щоб транспортні витрати були мінімальними, якщо відомо, що витрати по перевезенню 1 т вантажу автотранспортом у 3 рази вищі, ніж витрати по залізничному перевезенню на таку ж відстань, а також якщо транспортні витрати пропорційні відстані ?

Для розв'язання задачі проведемо $CB \perp BA$. Нехай відстань між пунктами A і B дорівнює r км. Припустимо, що ми перевозимо вантаж автотранспортом від C до M – якого-небудь пункту на залізниці. Введемо позначення $BM = x$. Якщо вантаж необхідно перевезти по залізниці на відстань r від пункту B , то шлях MA по залізниці буде складати $r - x$. Оскільки $CM = \sqrt{l^2 + x^2}$, тоді транспортні витрати складають:

$$K(x) = r - x + 3\sqrt{l^2 + x^2}. \quad (1)$$

Треба розрахувати, при якому значенні x транспортні витрати будуть мінімальними.

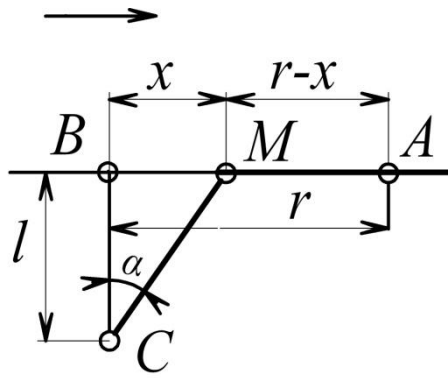


Рис 1.

Знайдемо першу похідну функції $K(x)$:

$$K'(x) = -1 + \frac{3x}{\sqrt{l^2 + x^2}} = \frac{3x - \sqrt{l^2 + x^2}}{\sqrt{l^2 + x^2}}. \quad (2)$$

З рівняння $K'(x) = 0$, визначимо точку екстремуму:

$$3x - \sqrt{l^2 + x^2} = 0, \quad 9x^2 = l^2 + x^2, \quad (3)$$

тоді:

$$x = \frac{l\sqrt{2}}{4}. \quad (4)$$

Знайдемо другу похідну:

$$K''(x) = \frac{\sqrt{l^2 + x^2} \left(3 - \frac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}}\right) - (3x - \sqrt{l^2 + x^2}) \frac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}}}{(\sqrt{l^2 + x^2})^2} = \frac{3l^2}{(l^2 + x^2)\sqrt{l^2 + x^2}}. \quad (5)$$

Звертаємо увагу на те, що друга похідна $K''(x)$ строго додатня. З цього випливає, що функція $K(x)$ набуває мінімуму в точці $x = \frac{1}{4}l\sqrt{2}$.

Таким чином, транспортні витрати мінімальні, якщо вантаж перевозять до пункту M , який розташований, на відстані $\frac{1}{4}l\sqrt{2}$ від пункту B .

Відзначимо, що в рішенні не фігурує r – відстань між пунктами A і B . Це означає, що завжди вигідно везти вантаж до залізниці під певним кутом, не зважаючи на те, на яку відстань він перевозиться. Цей кут залежить тільки від

співвідношення ставок оплати за 1 км транспортування автомобільним або залізничним транспортом, бо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{l} = \frac{\frac{1}{4} l \sqrt{2}}{l} = \frac{\sqrt{2}}{4} . \quad (6)$$

Якщо з пункту C вивозяться великі партії вантажу і до нього неможливо провести залізницю, наприклад, до каменоломні, тоді у пункті M слід побудувати станцію перевантаження, яка обслуговує перевозки з місцевості C .

Якщо б перевозки необхідно було направляти до пункту, який знаходиться зліва від B , то вантажі слід було б, везти до симетрично розташованого пункту M' з лівої сторони від B як центра.

2. Задача оптимізації транспортних витрат при сухопутно-морських перевезеннях.

Припустимо, що вантаж необхідно перевезти від пункту A до пункту B , причому перевезення здійснюють від пункту A до берега моря по суші, а від узбережжя – морем до пункту B . Відстань від пункту A до морського узбережжя складає a км, а від пункту B до узбережжя – b км. Відстань A_1B_1 складе c км (рис. 2). Нехай витрати по сухопутним перевезенням складають m грошових одиниць на 1 км, а морським – n грошових одиниць на 1 км, причому $n < m$. Треба розрахувати, якою дорогою слід везти вантаж, щоб транспортні витрати були мінімальними.

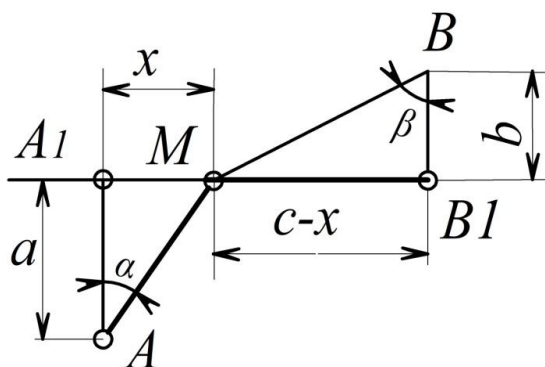


Рис. 2

Намітимо на узбережжі пункт M , віддалений від A_1 на x км. Запишемо витрати по шляху AMB у вигляді функції від x і визначимо, де знаходиться мінімум цієї функції.

Маємо $A_1M = x$, $MB_1 = c - x$, тоді:

$$AM = \sqrt{a^2 + x^2}, \quad BM = \sqrt{(c - x)^2 + b^2}. \quad (7)$$

Отже, транспортні витрати складають:

$$K(x) = m\sqrt{a^2 + x^2} + n\sqrt{(c - x)^2 + b^2}. \quad (8)$$

Таким чином, витрати, виражені у вигляді функції від x , а інші параметри a, b, c, m, n відомі.

Застосуємо метод дослідження функції $K(x)$ на екстремум.

Знайдемо першу похідну $K'(x)$ та дорівнюємо її до нуля:

$$K'(x) = \frac{mx}{\sqrt{x^2 + a^2}} + \frac{-n(c - x)}{\sqrt{(c - x)^2 + b^2}} = 0. \quad (9)$$

Це можна записати також у вигляді:

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} : \frac{c - x}{\sqrt{(c - x)^2 + b^2}} = \frac{n}{m}. \quad (10)$$

З рис. 2 випливає:

$$\sin \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}}, \quad \sin \beta = \frac{c - x}{\sqrt{(c - x)^2 + b^2}}, \quad (11)$$

тоді:

$$\sin \alpha : \sin \beta = n : m. \quad (12)$$

Знайдемо другу похідну $K''(x)$:

$$K''(x) = m \frac{a^2}{(a^2 + x^2)^{3/2}} + n \frac{b^2}{(b^2 + (c - x)^2)^{3/2}}. \quad (13)$$

Як видно із виразу другої похідної, її значення строго додатне (в формулі містяться тільки додатні величини). Тому можна зробити висновок, що в точці, де перша похідна дорівнює нулю, транспортні витрати мінімальні.

Отже, ми прийшли до висновку, що вартість мішаних сухопутно-морських перевезень мінімальна в тому випадку, коли маршрут вибраний так, що синуси кутів нахилу лінії маршрутів до ліній, перпендикулярних до берега, обернено пропорційні транспортним витратам. Зауважимо, якщо б задача стосувалась не витрат, а мінімуму часу на перевезення на 1 км по морю і по суші, тоді розв'язок був би таким саме, тільки замість відношення транспортних витрат слід було брати відношення часу перевезення на 1 км по морю і по суші. Оскільки час обернено пропорційний до швидкості, тоді, позначивши через V_A швидкість руху по суші, а через V_B по морю, можна було б записати:

$$\sin\alpha : \sin\beta = V_A : V_B. \quad (14)$$

Висновки. Задачі 1, 2 є прикладом застосування одного з найбільш поширених в логістиці методів – методу аналітичного моделювання. Аналітичне моделювання – це математичний метод, що дозволяє отримувати точні рішення. У задачах 1, 2 розглянуті порівняно прості системи, в яких були досліджені явні залежності, що зв'язують шукані величини з параметрами і змінними системи.

При ускладненні систем дослідження їх аналітичними методами пов'язане з певними труднощами, що є недоліком методу. В цьому випадку, щоб використати аналітичний метод, необхідно істотно спростити первинну модель з метою вивчення характерних властивостей системи.

Застосування математичних методів для вирішення наукових і практичних завдань в області логістики дозволяє прогнозувати матеріальні потоки, створювати інтегровані системи управління і контролю їх руху, розробляти системи логістичного обслуговування, оптимізувати запаси і вирішувати ряд інших завдань.

Анотація. В роботі розглянуто характеристики, переваги і недоліки автомобільного, залізничного, морського та річного транспорту, розв'язано транспортно-логістичні задачі оптимізації витрат при перевезенні вантажу різними видами транспорту. Процес дослідження складався з таких етапів: постановка задачі; складання простих аналітичних математичних моделей;

розв'язання математичних моделей з використанням диференціального числення, висновки.

Ключові слова: логістика, математична модель, оптимізація, транспорт.

Література

1. Тюріна Н.М., Гой І.В., Бабій І.В. Логістика: навч. посібник. Київ, 2015, 392 с.
2. Безугла Л.С., Юрченко Н.І., Ільченко Т.В., Пальчик І.М., Воловик Д.В. Логістика; навч. посібник. Дніпро: Пороги, 2021, 252 с.
3. Кігель В.Р. Оптимізація логістичних рішень: навч. посібник. Київ: Університет економіки та права «КРОК», 2007, 136 с.
4. Малюта Л. Я., Шерстюк Р.П. Курс лекцій з дисципліни «Логістика», Тернопіль: Тернопільський технічний університет ім. Івана Пулюя, 2017. 139 с.

УДК 004.942:[327

Турушева М. В. (здобувач бакалаврату, 3 курс)

Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (м.Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ГРИ «ФУТБОЛ» ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Гра «Футбол» є однією із найпопулярніших спортивних симуляторів, що відтворює реальні матчі, розвиває тактичне мислення і тренує реакцію гравців. Такі ігри використовуються не лише для розваги, а й для аналізу ігрових ситуацій і тренувань [1]. Під час аналізу існуючих реалізацій 2D-футбольних ігор було розглянуто проєкт rugame-football, створений із використанням Python та бібліотеки Rugame. Проєкт демонструє базову ігрову механіку футболу: керування одним гравцем, рух м'яча, наявність штучного інтелекту суперника та просту обробку фізики колізій [2]. Гра орієнтована на демонстрацію базових можливостей побудови ігор у середовищі Rugame. Завдяки використанню мінімалістичного підходу вона добре ілюструє технічні можливості бібліотеки.

У дослідженні акцентується увага не лише на геймплей, а й на структурі проєкту в контексті застосування принципів об'єктно-орієнтованого програмування (ООП). У грі реалізовано можливість перемикання між

декількома гравцями, передачу м'яча із візуальною підказкою, рахунок команд із динамічним оновленням інтерфейсу, а також сценарії перемоги з меню рестарту. Окрема увага приділена чистоті коду [3]: виокремлено окремі класи для кожної логіки (рух гравців, м'яч, рахунок, пас), використання шаблону проектування Singleton для GameManager і чітка інкапсуляція даних.

На відміну від проекту на Pygame, де деякі частини логіки об'єднані у великі блоки коду, у моїй реалізації досягнуто кращої масштабованості та зручності подальшого розширення гри. Вже зараз гра передбачає можливість додавання штучного інтелекту, звукових ефектів та вдосконалення інтерфейсу без потреби в значних переробках існуючого коду.

У процесі створення гри "Футбол" було активно використано основні принципи об'єктно-орієнтованого програмування (ООП), що дозволило побудувати зрозумілу та зручну для розширення архітектуру гри [4]. Всі змінні класів (Rigidbody2D rb, Ball currentBall, тощо) оголошені як private, що забезпечує захист даних від небажаного доступу ззовні. Кожен об'єкт гри (гравці, м'яч, ворота) має власний клас зі своїми методами та змінними, що розділяє відповідальність.

Усі ігрові об'єкти наслідують базовий клас MonoBehaviour, що дозволяє їм взаємодіяти з рушієм Unity (методи Start(), Update(), OnTriggerEnter2D()). У скриптах реалізовані методи з однаковими назвами (OnTriggerEnter2D, Update), які працюють по-різному для м'яча, воріт та гравця. Завдяки цьому код став більш гнучким і простим у підтримці.

Клас GameManager реалізує шаблон Singleton (GameManager.Instance), що дає можливість централізовано керувати грою (рахунок, рестарт, визначення переможця). Логіка оновлення рахунку (UpdateScoreUI()), перевірки перемоги (CheckForWin()), переміщення об'єктів (RespawnGameObjects()) винесена в окремі методи, що робить код чистішим і модульним.

На етапі проектування ігрової програмної системи витрат передбачається реалізація необхідних компонентів [6]. Мова програмування: C# – основна мова для написання скриптів у середовищі Unity. Ігровий рушій: Unity –

використовується для створення сцени, об'єктів, фізики гри, керування об'єктами та обробки подій. Середовище розробки: Rider – застосовується для написання скриптів та налагодження коду на C#. Графіка: піксельні спрайти були створені вручну на сайті PixilArt.

Гра представляє собою 2D-симуляцію футболу, створену на ігровому двигуні Unity з використанням мови C#. У межах проєкту реалізовано наступні механіки (рис. 1): керування футболістами та їх переміщення по полю. Взаємодія з м'ячем (удари по м'ячу, паси, перехоплення). Реалізація воріт та системи підрахунку зароблених очок. Обмеження руху гравця, для уникнення заходу у ворота. Відображення користувацького інтерфейсу (UI) з відображенням рахунку та сповіщенням про перемогу.



Рис. 1. Прототип екранної форми гри «Футбол»
Джерело: опрацювання власне

Гравець може керувати переміщенням по полю, використовуючи клавіші WASD або стрілки. Використовується Rigidbody2D для забезпечення фізичного руху. При зіткненні з воротами гравець зупиняється, щоб уникнути порушень. Реалізовано у скрипті: PlayerController.cs.

М'яч може перебувати під контролем гравця або ж вільно рухатися по полю. Натисканням клавіші Space виконується удар в напрямку курсора. Натисканням клавіші F здійснюється передача м'яча іншому гравцеві. Гравці можуть перехоплювати м'яч при зіткненні. Реалізовано в скриптах: Ball.cs, PlayerPass.cs

У випадку, якщо м'яч потрапляє у ворота, команді суперника зараховується гол, і гра перевіряє умови для перемоги (наприклад, до 3 голів). Після забитого гола м'яч та гравці повертаються на початкові позиції. У разі набору необхідної кількості очок однією з команд, відображається повідомлення про перемогу. Реалізовано у скриптах: Goal.cs, GameManager.cs

Гравець має можливість керувати різними персонажами своєї команди, перемикаючись між ними за допомогою клавіші Tab. Обраний футболіст виділяється спеціальним індикатором. У разі отримання гравцем м'яча, управління автоматично перемикається на нього. Реалізовано у скрипті: PlayerSwitcher.cs.

Усі піксельні спрайти створені вручну з використанням PixilArt-редактора. У грі реалізовано візуальні підказки (наприклад, лінія прицілу при передачі). Використовується TextMeshPro для виведення даних про рахунок. Для покращення моделі видозмінено розташування об'єктів і відповідний рівень складності. Перед тестуванням ігрової програмної системи здійснено ґрунтовне тестування специфікації вимог. Тестування вимог ПС здійснювалося з використанням рецензування у формі перегляду та співставлення вимог до необхідних показників якості вимог авторської гри [6].

Анотація. *ІТ-освіта є одним з інструментів підготовки фахівців майбутнього, здатних креативно мислити та створювати інноваційні продукти. В статті розглядаються особливості проектування і розроблення компонентів авторської ігрової програмної системи «Футбол» із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування, здійснено ґрунтовний аналіз вимог до програмного забезпечення і тестування у контексті використання геймдизайн орієнтованого підходу та технологій штучного інтелекту як інструменту для розвитку майбутнього інженера.*

Ключові слова: *ігрова програмна система, комп'ютерне моделювання, дослідницьке навчання, варіативні моделі, КОМСДН, AI, футбол.*

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.*
2. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна*

науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5

3. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.

4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.

5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68.

6. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

УДК 004.942:[327

Фурдецький В. А. (здобувач бакалаврату, 3 курс)

Рабенко А. А. (здобувач бакалаврату, 3 курс)

Шпагін П. А. (здобувач бакалаврату, 3 курс)

Шостак А. В. (здобувач бакалаврату, 3 курс)

Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (м.Київ)

ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ КРОСПЛАТФОРМЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОЇ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ БІБЛІОТЕКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Сучасний розвиток інформаційних технологій сприяв широкому впровадженню штучного інтелекту у різні галузі знань, включаючи бібліотечні системи. Зростаюча кількість цифрового контенту створює виклики для ефективного управління інформацією, її класифікації та персоналізації користувацького досвіду. Інтернет-бібліотеки забезпечують доступ до величезних масивів даних, однак їх ефективне управління, персоналізація та автоматизація залишаються актуальними проблемами.

Традиційні бібліотечні системи часто не мають інструментів для аналізу поведінки користувачів і адаптації контенту відповідно до їхніх потреб. Саме

тут на допомогу приходять алгоритми штучного інтелекту, які дозволяють створювати персоналізовані рекомендації, автоматизувати обробку запитів та покращувати пошук інформації. Алгоритми ШІ можуть суттєво покращити роботу бібліотек за допомогою використання різних методів і технологій. Використовуючи методи машинного навчання, система може аналізувати історію запитів, переглядів та вибору книг користувачем, надаючи індивідуалізовані рекомендації [1]. Це сприяє покращенню користувацького досвіду та підвищенню зацікавленості у читанні.

За допомогою алгоритмів обробки природної мови (NLP) бібліотечна система може автоматично розподіляти книги за жанрами, тематиками та рівнем складності, що спрощує процес пошуку необхідної інформації. ШІ дозволить покращити релевантність пошуку, використовуючи семантичний аналіз та інтелектуальні фільтри [2]. Це дозволяє не лише знаходити книги за ключовими словами, але й розуміти контекст запиту користувача. Також одна із найважливіших методик це чат-боти, засновані на штучному інтелекті, які будуть відповідати на запити користувачів, допомагати знайти книги, пояснювати правила користування бібліотекою і надавати рекомендації.

FunLib — це інноваційна бібліотечна система, яка використовує алгоритми машинного навчання для підвищення ефективності управління бібліотечними ресурсами. Вона має багаторівневу архітектуру, що включає кілька основних компонентів. Веб-портал для доступу до електронного каталогу надає користувачам можливість переглядати доступні книги, здійснювати пошук за різними параметрами (назвою, автором, жанром) і отримувати персоналізовані рекомендації (рис 1).

Портал розроблений на основі сучасних веб-технологій, зокрема HTML5, CSS3, JavaScript та фреймворку React (рис. 2), що забезпечує високу швидкодію та адаптивність інтерфейсу (рис. 3). Пошук може здійснюватися за критеріями: 1. *Назва книги*: користувачі можуть ввести частину або всю назву книги для її пошуку. 2. *Автор*: можна знайти книги конкретного автора. 3. *Жанр*:

категоризація книг за жанрами допомагає швидко знаходити книги в межах певних тем (наприклад, фантастика, наукова література, детективи тощо).

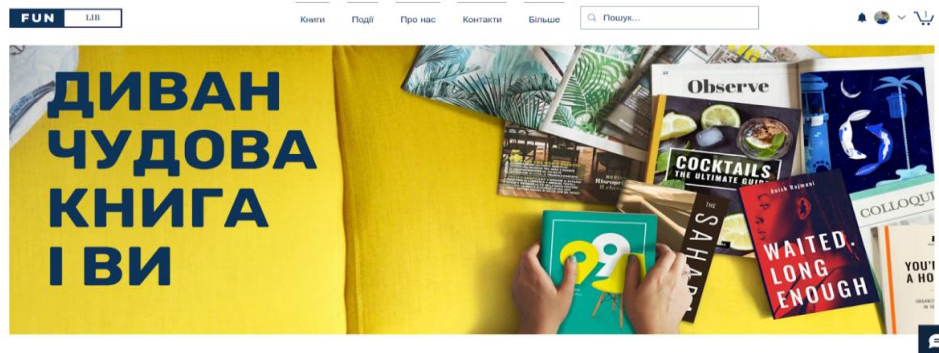


Рис. 1. Прототип екранної форми «Головна сторінка»

Джерело: опрацювання власне

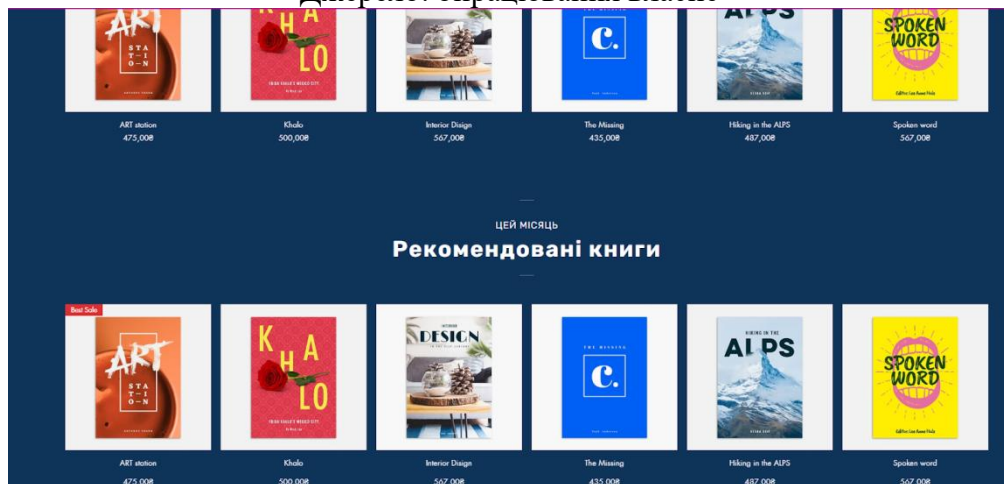


Рис. 2. Модуль «Рекомендовані книги»

Джерело: опрацювання власне

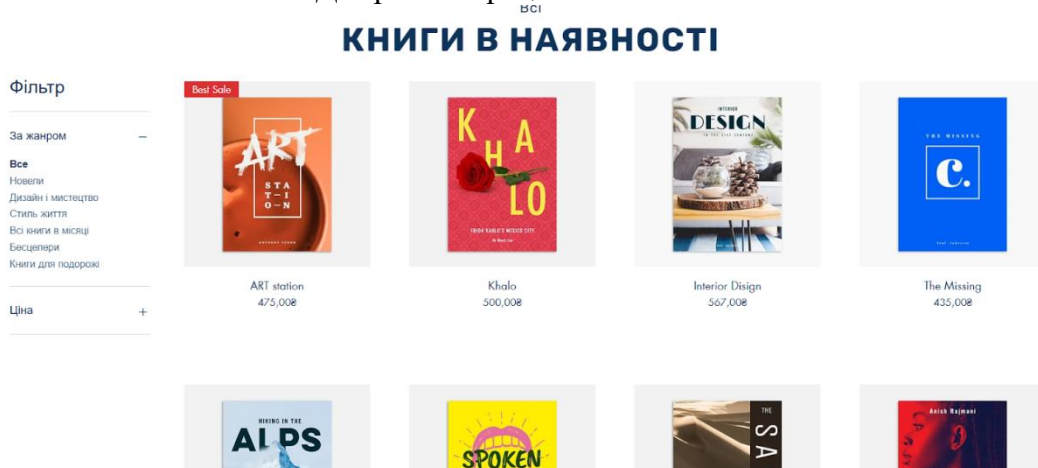


Рис. 3. Модуль «Пошук книг»

Джерело: опрацювання власне

Модуль персоналізованих рекомендацій аналізує вподобання користувачів, застосовуючи алгоритми колаборативної фільтрації та контентного аналізу [3]. Це дозволяє значно покращити релевантність

пропозицій. Серверна частина реалізована на Node.js з використанням бази даних PostgreSQL (рис. 4) для ефективного зберігання та обробки запитів.

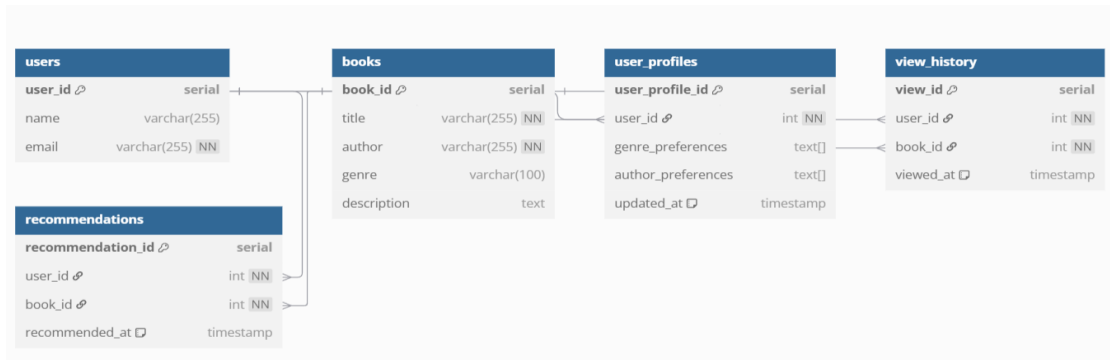


Рис. 4. Модуль «Структура БД»

Джерело: опрацювання власне

Інтерфейси користувачів включають як веб-версію, так і підтримку різних екранів у вигляді адаптивного дизайну. Розгортання класів в системі передбачає чітке розмежування функціональності, де окремі класи обробляють запити, надають рекомендації та забезпечують доступ до необхідних даних [4]. Прототипи екранних форм демонструють організацію інтерфейсу: на основному екрані користувач може бачити персоналізовані пропозиції, а також здійснювати пошук, фільтрацію та перегляд деталей кожної книги.

Діаграма розгортання (рис. 5) показує взаємодію між сервісами обробки запитів та алгоритмами аналізу даних, які працюють у фоновому режимі для надання актуальної інформації користувачеві.

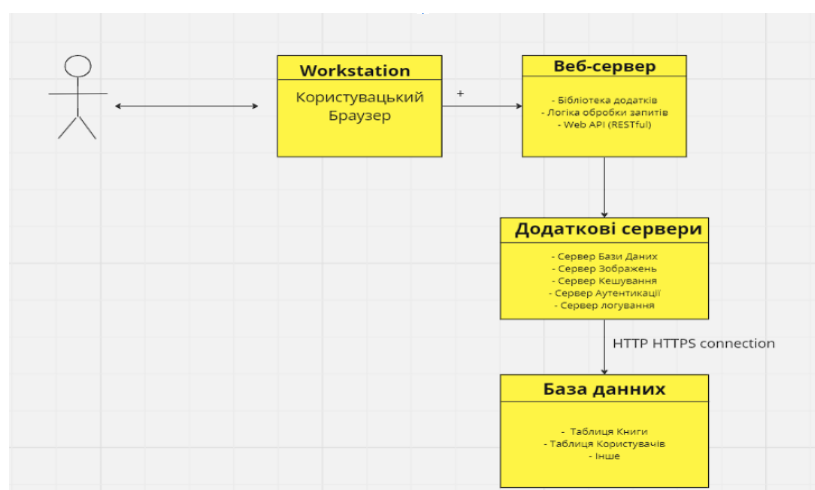


Рис. 5. Діаграма розгортання

Джерело: опрацювання власне

Автоматизована система аналітики користувацьких запитів дозволяє бібліотеці відстежувати популярність книг, виявляти основні запити

користувачів і покращувати якість обслуговування завдяки аналізу поведінкових патернів [5]. Для обробки великих обсягів даних система використовує інструменти для аналітики, які забезпечують розширену візуалізацію результатів і допомагають здійснювати прогнози щодо популярних запитів і майбутніх потреб користувачів.

Штучний інтелект (ШІ) активно трансформує сучасні цифрові сервіси, роблячи їх більш адаптивними, персоналізованими та автоматизованими. У сфері інформаційних платформ, таких як FunLib, ШІ може відігравати ключову роль у покращенні взаємодії користувачів із контентом, автоматичному аналізі великих масивів даних, персоналізації рекомендацій та оптимізації внутрішніх процесів.

Однак ефективне впровадження ШІ вимагає не лише інтеграції алгоритмів, а й детального опрацювання архітектурних рішень, оптимізації обчислювальних ресурсів і вирішення низки викликів, пов'язаних із якістю даних, безпекою та масштабованістю. ШІ-алгоритми у FunLib можуть бути використані для автоматичного аналізу текстового контенту, формування рекомендацій, виявлення трендів та прогнозування інтересів користувачів [6]. Одним із ключових завдань є розробка моделей, які можуть адаптуватися до змін у поведінці аудиторії та працювати в умовах неповних або обмежених даних.

Машинне навчання, особливо його підгалузь – глибоке навчання, є основним підходом у побудові системи. Використання нейронних мереж дозволяє знаходити складні патерни у даних, що робить такі методи ефективними для розпізнавання тексту, аналізу поведінки користувачів та автоматизації обробки великих обсягів інформації. Наприклад, для формування персоналізованих рекомендацій можна застосовувати комбінацію методів колаборативної фільтрації та контент-орієнтованого аналізу [7]. Колаборативна фільтрація передбачає виявлення схожих груп користувачів на основі їхніх уподобань, у той час як контент-орієнтовані методи аналізують характеристики самих книг або статей, щоб знаходити найбільш релевантні матеріали.

Розпізнавання тексту та його аналіз можуть здійснюватися за допомогою сучасних трансформерних моделей, таких як BERT чи GPT. Вони дозволяють автоматично витягати ключові теми з тексту, визначати його тональність, генерувати анотації до книг чи статей та дають змогу покращити якість пошуку в системі, а також автоматизувати процес створення описів контенту. Ще одним перспективним напрямом є використання алгоритмів кластеризації для аналізу аудиторії та сегментації користувачів за їхніми інтересами. Це дає змогу створювати більш точні маркетингові стратегії та покращувати механізми взаємодії з клієнтами.

Один із ключових аспектів впровадження ІІІ – правильний вибір архітектури системи, яка забезпечує ефективну роботу алгоритмів та їхню інтеграцію з іншими компонентами FunLib. Оптимальним варіантом є мікросервісна архітектура, у якій кожен елемент системи виконує свою функцію та може бути оновлений незалежно від інших частин. Наприклад, один мікросервіс може обробляти текстові запити, інший – відповідати за генерацію рекомендацій, а третій – аналізувати поведінку користувачів. Це дозволяє легко масштабувати систему, замінювати або покращувати окремі модулі без необхідності змінювати всю структуру.

Для зберігання та обробки даних використовуються розподілені бази даних, що забезпечують швидку роботу навіть за великих обсягів інформації. Також важливо впроваджувати кешування та механізми попереднього обчислення, щоб зменшити навантаження на сервери та покращити швидкодію системи. Обробка запитів користувачів може здійснюватися в реальному часі, що потребує ефективної організації потоків даних [8]. Для цього можуть використовуватися системи стрімінгової аналітики, які дозволяють оновлювати рекомендації та аналізувати дії користувачів у режимі онлайн.

Висока продуктивність ІІІ-моделей є критично важливою, особливо якщо вони повинні працювати в реальному часі. Оптимізація продуктивності може здійснюватися кількома шляхами: 1. Використання графічних процесорів (GPU) та тензорних процесорів (TPU): застосування спеціалізованих

прискорювачів дозволяє значно підвищити швидкість обробки даних. 2. Зменшення розміру моделей: методи квантизації та обрізання нейронів (pruning) дозволяють зменшити розмір нейромережі без значної втрати точності, що важливо для роботи в мобільних додатках та на слабких пристроях. 3. Попереднє обчислення результатів: операції можна виконати заздалегідь та зберігати їхні результати у кеші, що зменшує навантаження на систему при повторних запитах.

Впровадження штучного інтелекту, наприклад, у бібліотеку FunLib, дає можливості для покращення цифрових бібліотек. Але є й складнощі. Основні проблеми: висока вартість обчислення, захист даних користувачів, доступність та інтеграція з наявними платформами. Перспективи розвитку таких систем великі. Оптимізація алгоритмів зменшує завантаження на сервери. Машинне навчання робить рекомендації точнішими [7]. Обробка природної мови краще аналізувати тексти. Важливо усувати упередження в ШІ та розробляти міжнародні стандарти для бібліотек. Успішне впровадження ШІ потребує комплексного підходу. Це розробка алгоритмів, етичних принципів, навчання персоналу та адаптація до потреб користувачів. Впровадження штучного інтелекту в інтернет-бібліотеки відкриває нові можливості для покращення роботи з великими обсягами даних, персоналізації контенту та автоматизації обслуговування користувачів. Розробка системи FunLib демонструє, як алгоритми машинного навчання та технології обробки природної мови можуть значно покращити управління бібліотечними ресурсами, підвищити ефективність пошуку та забезпечити релевантні рекомендації.

Однак поряд із цими перевагами постають і серйозні виклики, серед яких – висока вартість обчислювальних ресурсів, захист персональних даних, забезпечення доступності для всіх категорій користувачів та необхідність інтеграції з уже існуючими бібліотечними платформами. Вирішення цих проблем вимагає комплексного підходу: застосування сучасних методів оптимізації ШІ-алгоритмів, впровадження безпечних протоколів роботи з

персональними даними, навчання бібліотекарів та користувачів роботі з новими технологіями.

Анотація. *Перспективи розвитку бібліотечних систем на основі штучного інтелекту є значними. Подальші дослідження можуть зосередитися на покращенні точності алгоритмів, усуненні упередженості у моделях, розвитку адаптивних інтерфейсів та створенні єдиних міжнародних стандартів для інтеграції ІІІ у бібліотечну сферу. Успішне впровадження цих рішень сприятиме покращенню доступу до знань, підвищенню ефективності цифрових бібліотек і збагаченню досвіду користувачів. ІТ-освіта є одним з інструментів підготовки фахівців майбутнього, здатних креативно мислити та створювати інноваційні продукти. Розглядаються особливості проектування і розроблення компонентів авторської кросплатформеної інформаційної системи для персональної багатофункціональної електронної бібліотеки з використанням технологій штучного інтелекту, здійснено ґрунтовний аналіз вимог до програмного забезпечення і тестування у контексті використання технологій штучного інтелекту як інструменту для розвитку майбутнього інженера.*

Ключові слова: *штучний інтелект, бібліотечна система, машинне навчання, персоналізація, рекомендаційні алгоритми, нейролінгвістичне програмування, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання.*

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.
2. Hrybiuk, O., Kant, G.S. CleverCOMSRL: Implementation of an AI Computer-Aided Design System in the Context of the Cognitive Science Paradigm for the Research Training Process. In: Machado, J., et al. *Innovations in Mechatronics Engineering III. icieng 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2024. P. 351-362. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61575-7_32.
3. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5
4. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie, Zeszyt Nr 79*, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.
5. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.
6. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational

Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.

7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

8. Khang A., Abdullayev V., Hrybiuk O., & Shukla A.K. (Eds.). Computer Vision and AI-Integrated IoT Technologies in the Medical Ecosystem (1st ed.). CRC Press. 2024. <https://doi.org/10.1201/9781003429609>.

УДК 004.942:[3275

Чертков М. С. (здобувач бакалаврату, 3 курс)

Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.

Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (м.Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ ГРИ «FLOWER DANCE» З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Проектування і розроблення відеоігор — це складний процес, що включає проектування механік, створення взаємодій між об'єктами. Гра «Flower Dance» є 2D-top-down проектом, у якому гравець керує гуманоїдною істотою, що нагадує сонях. Основна концепція гри полягає у створенні ситуацій, які потребують нестандартного вирішення, перетворюючи кожен момент геймплею на своєрідну головоломку [1].

Ігровий процес заснований на взаємодії з оточенням і використанні спеціальних здібностей, які впливають на простір і об'єкти навколо. Важливим аспектом є гнучкість ігрових механік, що дозволяє гравцеві експериментувати та знаходити власні рішення. Це вимагає ретельного опрацювання фізичних властивостей об'єктів, алгоритмів руху та поведінки персонажів. Окрім цього, важливою складовою є процедурна анімація, що допомагає створити природну поведінку рухомих частин тіла персонажа та взаємодію з поверхнею [2].

Метою дослідницької роботи є апробування методів об'єктно-орієнтованого програмування із виокремленням станів у процесі створення ігрового застосунку «Flower Dance», що має користувацький інтерфейс, представлений у дослідженні. У процесі дослідження здійснено ґрунтовний

аналіз і визначено високорівневі потреби та аналіз можливостей ігровий застосунок, розроблення зручної, ефективної програмної системи.

Генерація ігрового застосунку вимагає розумного підходу, оскільки успішність гри може значно залежати від того, наскільки добре спроектованими є генеровані головоломки. Комбінування різних стратегій та алгоритмів може допомогти створити захоплюючий та різноманітний досвід гри для гравців [3]. Для досягнення були визначені такі завдання:

1. Створити та налаштувати основні механіки, що визначають геймплей гри.
2. Реалізувати систему взаємодії персонажа з об'єктами та навколишнім середовищем.
3. Оцінити можливості розширення механік і способи їх подальшого розвитку.

Гра розробляється на мові програмування C# з використанням ігрового движка Unity. Ці інструменти надають розробникам потужні можливості для створення як 2D, так і 3D ігор, а також підтримують розширену анімацію та інтерактивність, що є критично важливими для створення гри, де механіки взаємодії між елементами світу та персонажами постійно змінюються.

Персонаж — дух острова, що пробуджується у моменти загрози. Він не є звичайним воїном, а радше стражем, що діє через контроль простору, використання природних сил та взаємодію з ворогами та середовищем. Гра базується на таких принципах:

1. Динамічна взаємодія з оточенням: механіки персонажа тісно пов'язані з фізичними властивостями світу, а не просто із заздалегідь прописаними сценаріями. Гравець має використовувати природні об'єкти, середовище та здібності для вирішення завдань.
2. Бойова система, що заснована на контролі простору: герой не веде класичний бій, але може використовувати навколишнє середовище та здібності для відбиття загроз. Він здатен метати камені або повертати снаряди супротивників, що може їх поранити.

3. Головоломки, засновані на навичках героя: хоча конкретні головоломки ще формуються, вони будуть побудовані навколо здібностей персонажа. Гравець повинен використовувати лозу, дубину та фізичні взаємодії для просування вперед [3].

Отже, створено унікальну систему гри, де головний герой захищає свій острів не через безпосередню агресію, а через розумне використання своїх здібностей та взаємодію із середовищем.

У грі основна увага приділяється механікам, що дозволяють гравцеві взаємодіяти з оточенням (рис. 1), а також використовувати здібності героя для подолання перешкод і вирішення головоломок. Ключовими аспектами механік є фізика руху персонажа, взаємодія з об'єктами та навколишнім середовищем, а також стратегічне використання доступних можливостей для досягнення мети.



Рис. 1. Об'єкти ігрового застосунку «Flower Dance»

Джерело: опрацювання власне

Герой має низку здібностей, що дозволяють йому взаємодіяти з навколишнім середовищем. Це не лише фізичні маніпуляції, а й стратегічне використання об'єктів для вирішення головоломок або боротьби з ворогами.

Лоза є багатофункціональним інструментом, що дозволяє не лише пересувати об'єкти, але й створювати тимчасові перешкоди для ворогів або змінювати властивості навколишнього середовища. Наприклад, лоза може використовуватися для затягування важких об'єктів або обмеження руху

ворогів. Дубина служить для нанесення ударів по ворогах та маніпуляції великими об'єктами. Вона також використовується для взаємодії з механічними частинами рівня, такими як важелі, рухомі платформи, або відкриття нових шляхів.

Головною особливістю ІПС є необхідність стратегічного використання здібностей героя для досягнення бажаного результату. Механіки гри вимагають від гравця постійної адаптації до змінних умов середовища та викликів, що виникають на рівнях. Здібності героя дозволяють створювати тимчасові перешкоди або змінювати властивості об'єктів, щоб уповільнити чи зупинити ворогів, або змінити ландшафт, відкриваючи нові шляхи для просування.

Завдяки різноманітним варіантам застосування здібностей, гравець може експериментувати з різними способами вирішення головоломок або боротьби з ворогами. Наприклад, лоза може використовуватися не лише для маніпуляцій з об'єктами, а й для відволікання уваги ворогів або зупинки їхнього руху.

Метання каменів і снарядів: герой може використовувати об'єкти на рівні (наприклад, камені або снаряди, які випускають вороги) для того, щоб повернути їх назад і пошкодити ворогів. Це створює динамічний бойовий процес, де важливо точно розрахувати час і траєкторію. *Маніпуляція із ворогами:* за допомогою лози герой може обмежувати рух ворогів або ставити їх у ситуації, де вони не можуть діяти ефективно. Ці механіки додають новий рівень складності та стратегії до гри [4], змушуючи гравця діяти обережно і використовувати ресурси в обмежених умовах.

У процесі проєктування гри використовується система, яка безпечно і поступово збільшує складність у міру того, як гравець проходить рівні (рис. 2). Спочатку гравець зіткнеться з базовими механіками, що дозволяє йому зрозуміти основи гри, а в міру прогресу складність головоломок і завдань зростає. Це дає можливість гравцеві освоїти гру без різких стрибків складності.

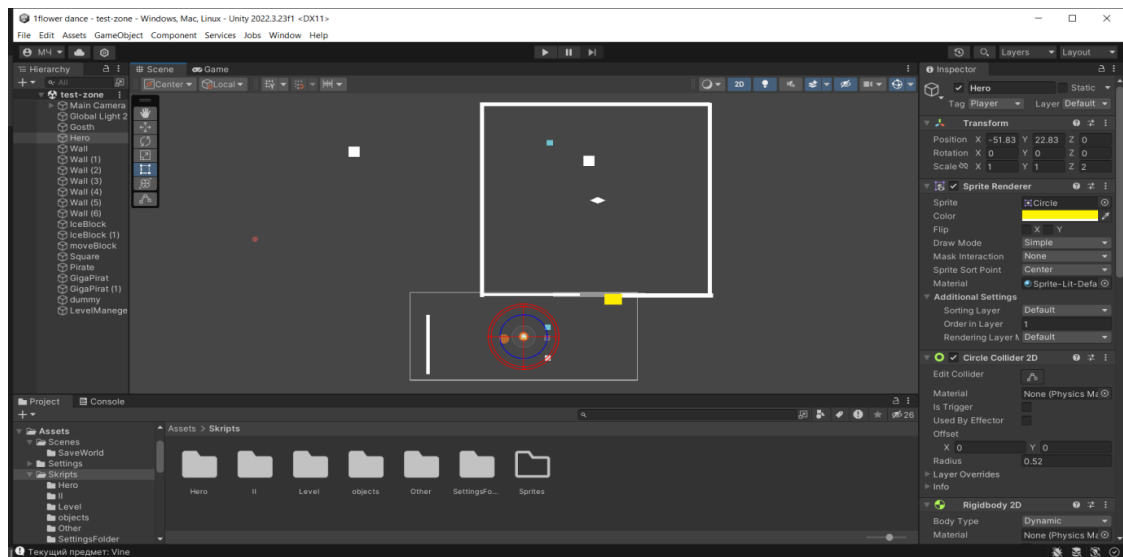


Рис. 2. Механіка ігрового застосунку «Flower Dance»

Джерело: опрацювання власне

У рамках розробки гри «Flower Dance» були успішно реалізовані різноманітні механіки, які дозволяють створити динамічну та інтерактивну гру. В процесі розробки було враховано багато аспектів, починаючи від базових елементів гри до складних систем взаємодії між персонажами та навколишнім світом [5].

Реалізація механіки агресивності: Завдяки використанню класу `AggressionLevel` та `AggressionController` було досягнуто ефективного управління рівнем агресивності ворогів. Агресивність збільшується залежно від часу без отримання пошкоджень, що дозволяє створити більш напружену атмосферу. Це забезпечує гнучке налаштування поведінки ворогів, у тому числі за допомогою періодичних перевірок на наявність персонажів, що слідують за гравцем.

Система здоров'я: `HealthOther` реалізує механіку здоров'я для гравця, де враховано поріг швидкості для визначення величини отриманого пошкодження. Це дозволяє зробити систему більш гнучкою та адаптивною до фізичних взаємодій з іншими об'єктами на сцені, таким чином підвищуючи реалістичність ігрового процесу [6].

Система діалогів: `DialogueSystem` дає можливість гравцям взаємодіяти з іншими персонажами на основі відстані, що дає новий рівень гнучкості і реалістичності. Застосування `TextMeshPro` та зручне відображення персонажів дозволяє створити інтерактивну і привабливу діалогову систему. Зеркальне

відображення персонажів і відключення контролю над рухами гравця під час діалогу робить механіку ще більш плавною та інтуїтивно зрозумілою.

Вплив на геймплей [7]: механіки тісно пов'язані між собою і взаємно впливають на поведінку гри. Вони забезпечують не лише цікаву та адаптивну взаємодію гравця з навколишнім середовищем, але й підвищують емоційний вплив гри. Агресивні вороги, діалоги та система пошкоджень створюють непередбачувані ситуації, що тримають гравця в напрузі.

У дослідженні розглядаються теоретичні та практичні аспекти створення «Flower Dance», включаючи реалізацію основних механік, методи їх оптимізації і перспективи подальшого розвитку. Аналіз отриманих результатів дозволить не лише оцінити ефективність запропонованих підходів, а й визначити можливості для подальшого покращення ігрового процесу. Це допоможе сформувати більш комплексне розуміння структури гри та її потенційного розвитку в майбутньому.

Анотація. Розглядається приклад програмної реалізації гри «Flower Dance» з використанням технологій об'єктно-орієнтованого програмування як інструментів для забезпечення розвитку майбутнього інженера. Метою дослідницької роботи є апробування методів ООП з виокремленням станів у процесі створення ігрового застосунку «Flower Dance», що має користувацький інтерфейс, представлений у дослідженні. У процесі дослідження здійснено ґрунтовний аналіз і визначено високорівневі потреби та аналіз можливостей ігровий застосунок, розроблення зручної, ефективної програмної системи.

Ключові слова: об'єктно-орієнтованого програмування, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, варіативні моделі, ігрові застосунки в жанрі головоломки, AI, КОМСДН, Flower Dance.

Література

1. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.
2. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.
3. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education*,

Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.

4. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. P. 101-119.

5. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers “Clever”. In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.

6. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.

7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds). *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

Шалімова А. М. (здобувач бакалаврату, 2 курс),

Чубенко А. Ю. (здобувач бакалаврату, 2 курс)

Науковий керівник – доц. Ємельянова Т. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПОБУДОВА ФАЗОВОГО ПОРТРЕТУ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ 2-ОГО ПОРЯДКУ З КВАДРАТИЧНОЮ НЕЛІНІЙНІСТЮ

Широкий розвиток робіт з побудови математичних моделей систем керування складними процесами пов'язано з розв'язком багатьох галузей економіки. В реальних умовах система, яка знаходиться у визначеному режимі, піддається неминучим відхиленням параметрів зовнішньої дії. Тому при будівництві математичної моделі системи, яка повинна знаходитися в визначеному режимі виникає проблема стійкості динамічного режиму системи в наслідок неминучих відхилень початкових умов, що визначаються зовнішньою дією. При аналізі поведінки динамічної системи, яка є математичною моделлю досліджуваного процесу, звертають увагу на її стійкість, тобто на реакцію динамічної системи на мале збурення початкової умови. Якщо при завгодно малих змінах стан динамічної системи, що є математичною моделлю досліджуваного процесу, починає все більш

відрізнятися з часом від визначеного, то система є нестійкою. Такі математичні моделі не використовуються для опису процесів. Якщо ж малі збурення згасають з часом, система визначається стійкою. З часом така системи сама повертається до визначеного умовами задачі режиму.

Математична модель деякого процесу це система співвідношень, які описують досліджуваний процес. Моделювання процесу пов'язане з використанням диференціальних рівнянь чи систем диференціальних рівнянь. Дуже часто розробка моделі потребує якісного дослідження диференціального апарату.

В такому випадку використовують методи дослідження диференціальних рівнянь чи систем диференціальних рівнянь на фазовій площині, що відповідає будуванню фазового портрету диференціального апарату.

Приведемо приклад дослідження фазового портрету автономної механічної системи з одним ступенем вільності системи, що описується диференціальним рівнянням 2-го порядку з квадратичною нелінійністю

$$\frac{d^2x}{dt^2} = x(a - x) \equiv f(x), \quad a > 0.$$

Це рівняння еквівалентне системі однорідних диференціальних рівнянь 1-го порядку

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= p, \\ \frac{dp}{dt} &= x(a - x). \end{aligned}$$

Корені $x_1 = 0, x_2 = a$ рівняння $f(x) = 0$ визначаються дві точки спокою системи $(x_1, p) = (0, 0)$ та $(x_2, p) = (a, 0)$. Достатньо просто дослідити на стійкість ці точки. Для цього розкладемо функцію $f(x)$ в ряд в околі кожної з них

$$f(x) = f(x_i) + f'(x_i)(x - x_i) + o(x - x_i), \quad i = 1, 2.$$

Оскільки, $f(x_i) = 0, \quad i = 1, 2,$ то $f(x) = f'(x_i)(x - x_i), \quad i = 1, 2.$ Система рівнянь приймає вигляд

$$\frac{dx}{dt} = p,$$

$$\frac{dp}{dt} = f'(x_i)(x - x_i), \quad i = 1, 2..$$

Позначимо $(x - x_i) = \bar{x}$, $i = 1, 2$. Дослідження точок покою зводиться до дослідження системи

$$\dot{\bar{x}} = p,$$

$$\dot{p} = f'(x_i) \cdot \bar{x}, \quad i = 1, 2.$$

Характеристичне рівняння системи має корені

$$\begin{vmatrix} -\lambda & 1 \\ f'(x_i) & -\lambda \end{vmatrix} = \lambda^2 - f'(x_i) = 0 \Rightarrow \lambda_{1,2} = \pm \sqrt{f'(x_i)}.$$

Якщо $f'(x_i) > 0$, тоді характеристичні числа дійсні та різних знаків, а точка покою є нестійкою. Якщо $f'(x_i) < 0$, тоді характеристичні числа уявні, точка покою стійкою, не буде асимптотичне стійкою. Тому, точка покою $(x_1, p) = (0, 0)$, для якої виконується співвідношення $f'(0) = a > 0$, є нестійкою, а точка покою $(x_2, p) = (a, 0)$, для якої виконується співвідношення $f'(a) = -a < 0$, є стійкою.

Систему диференціальних рівнянь розглядаємо у просторі $R^3(x, y, t)$. Розв'язками системи є функції з координатами (x, y, t) , які у просторі R^3 визначають інтегральні криві.

Площина (x, y) в цьому просторі має назву фазової площини, проекція інтегральної кривої на цю площину називається фазовою траєкторією.

З рівнянь системи

$$\frac{dx}{dt} = p,$$

$$\frac{dp}{dt} = x(a - x).$$

отримаємо рівняння 1-го порядку відносно невідомої функції $p(x)$

$$\frac{dp}{dx} = \frac{x(a-x)}{p}.$$

Функція $p(x)$ відповідає фазовим траєкторіям системи. Розв'язуємо це рівняння

$$pdp = x(a-x)dx \Rightarrow \frac{p^2}{2} = \int x(a-x)dx \Rightarrow \frac{p^2}{2} = -\frac{x^3}{3} + a\frac{x^2}{2} + C$$

Рівняння фазових траєкторій описуються формулою

$$p = \pm \sqrt{-\frac{x^3}{3} + a\frac{x^2}{2} + C}.$$

Для якісного дослідження системи робимо графічні зображення функцій

$f(x)$, $\frac{p^2}{2}(x)$, $p(x)$ при різних значеннях сталої C . Оскільки, $\frac{p^2(x)}{2} \geq 0$,
рівняння

$$\frac{p^2}{2} = -\frac{x^3}{3} + a\frac{x^2}{2} + C$$

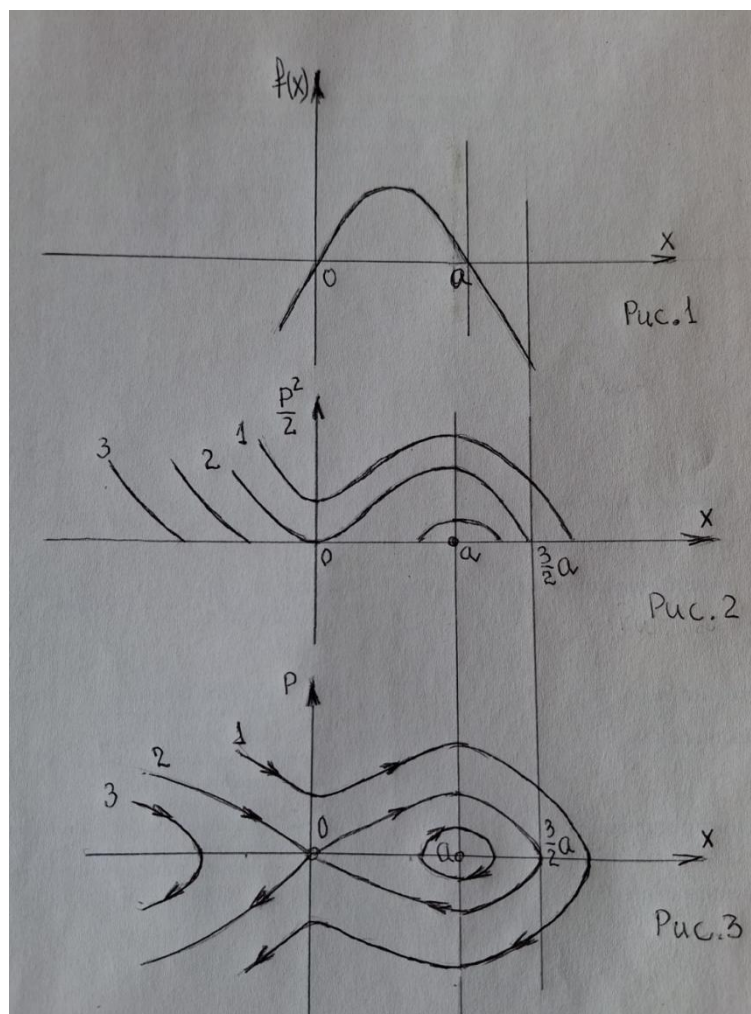
визначає значення граничні значення, які накладаються на функцію $f(x)$

$$-\frac{x^3}{3} + a\frac{x^2}{2} \geq 0, \quad C = 0.$$

Рівність виконується при $x = \frac{3}{2}a$. Графік функції $f(x)$ представлено на рис. 1

Графік функції $\frac{p^2}{2} = -\frac{x^3}{3} + a\frac{x^2}{2} + C$ представлено на рис.2.

Фазові траєкторії системи - на рис. 3.



Система має дві точки спокою $(0,0)$, $(a,0)$. Напрямок руху точки по фазовій траєкторії з зміною часу t показано стрілками. Цей напрямок легко визначити:

якщо $p = \frac{dx}{dt} > 0$ (верхня напівплощина), то x – збільшується,

рух вздовж траєкторії здійснюється у праву сторону; якщо $p = \frac{dx}{dt} < 0$,

x зменшується, рух вздовж траєкторії здійснюється - наліво.

При зміні значення сталої C фазові траєкторії (рис. 3) значно змінюються. З збільшенням сталої C крива 1 (рис. 2) піднімається, відповідно, фазові траєкторії системи - незамкнуті траєкторії. При зменшенні сталої C крива 2 (рис. 2) буде складатися з двох окремих кривих. Що призводить до появи на фазовій площині замкнутих траєкторій (рис. 3), які з зменшенням сталої C стягуються до точки спокою $(a,0)$. Ці замкнуті траєкторії відповідають

періодичному руху. В лівій частині фазовій площині знаходяться незамкнуті траєкторії.

Таким чином, якісну характеристику розв'язків системи надає означення фазової площини та фазової траєкторії, що визначає динамічну характеристику системи, оскільки, кожна точка траєкторії має координати (x, p) , де p – є швидкістю руху системи вздовж фазової траєкторії.

Анотація. Досліджено якісну характеристику розв'язків у вигляді фазових портретів автономної нелінійної системи складеної з диференціального однорідного рівняння 2-го порядку з квадратичною нелінійністю. Визначено, що система має дві точки спокою, однак, тільки одна з них є стійкою. Вивчено умови появи серед фазових траєкторій системи замкнутих траєкторій, що відповідає періодичному руху вздовж них. Доведено, що умови пов'язані з певним значенням сталої C , яка визначає функцію $p(x)$ – швидкість та напрямок руху точки вздовж траєкторії.

Якісна характеристика автономної системи рівнянь у вигляді фазового портрету надає кінематичну інтерпретацію розв'язків автономної системи рівнянь, що є необхідним та важливим кроком у складанні математичної моделі.

Література

1. Дослідження стійкості розв'язків систем диференціальних рівнянь. Навчально-методичний посібник: [Електронний ресурс]: для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 111 “Математика” / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А.Л.Гречко, М.Є.Дудкін. – Електронні текстові дані (1 файл: 345Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 25с.
2. Теорія стійкості руху: курс лекцій / С. А. Щоголев. – Одеса : Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2017. – 148 с.

УДК 004.942:[327

Шитова М. Д. (здобувач бакалаврату, 3 курс)
Науковий керівник - доц. Гриб'юк О. О.
Інститут цифровізації освіти НАПН України, ЗВО «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая» (Київ)

РОЗРОБЛЕННЯ 2D ПЛАТФОРМЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

У сучасному світі відеоігри стали однією з найпопулярніших форм дозвілля, що здатна об'єднувати людей різного віку та інтересів. Жанр

платформерів, що виник ще на ранніх етапах розвитку ігрової індустрії, залишається актуальним завдяки своїй динамічності, простоті освоєння та захоплюючому геймплею. Платформери також відзначаються чітким балансом між викликами та задоволенням, що робить їх цікавими для широкої аудиторії. Їхня доступність, інтуїтивно зрозуміле управління і можливість створення унікальних ігрових світів дозволяють платформерам залишатися серед найулюбленіших серед ігрових жанрів. І оскільки відеоігри займають важливе місце у культурі сучасного суспільства, розробка таких ігор є актуальним напрямом у галузі програмування, що дозволяє створювати нові захоплюючі продукти та вирішувати різноманітні технічні завдання [1].

Розвиток програмування та поява потужних інструментів для створення ігор значно розширили можливості їх розробки. Сучасні технології, зокрема об'єктно-орієнтоване програмування (ООП), дозволяють розробляти складні ігрові системи, що складаються з незалежних об'єктів, які взаємодіють між собою за допомогою визначених правил. Це забезпечує гнучкість, масштабованість і зручність у підтримці програмного коду [2].

Мета дослідницької роботи полягає у розробленні 2D платформера «Підземелля Клауса» з інтерактивним користувацьким інтерфейсом у відповідності до принципів візуалізації і конструювання ігрового середовища з урахуванням геймдизайн орієнтованих підходів із використанням технології ООП. У процесі розробки особлива увага приділяється побудові ігрового середовища, управлінню персонажами, обробці зіткнень і впровадженню інших ігрових механік.

У рамках дослідження архітектура програмної системи «Підземелля Клауса» будувалася з урахуванням принципів об'єктно-орієнтованого підходу, модульності, розширюваності та підтримуваності. Основною платформою для розробки гри є Unity, яка дозволяє поєднувати графічне середовище з логікою, написаною мовою C# (рис. 1). Система реалізована у вигляді набору взаємодіючих класів і компонентів, кожен з яких відповідає за конкретну функціональність гри [3]. Нижче описано основні елементи архітектури.

У розробці гри застосовано спрощений варіант архітектурного патерну MVC (Model-View-Controller): Model — класичні скрипти (наприклад, Item.cs, Trap.cs, Checkpoint.cs), які містять дані та поведінку об'єктів. View — графічна частина (спрайти, сцени Unity, анімації), яка відображає стан об'єктів користувачу. Controller — скрипти взаємодії з користувачем, обробка подій (наприклад, PlayerController.cs, GameManager.cs), які координують логіку і змінюють модель [4]. Це дозволяє розділити логіку, відображення і управління, що покращує читаність і масштабованість проєкту.

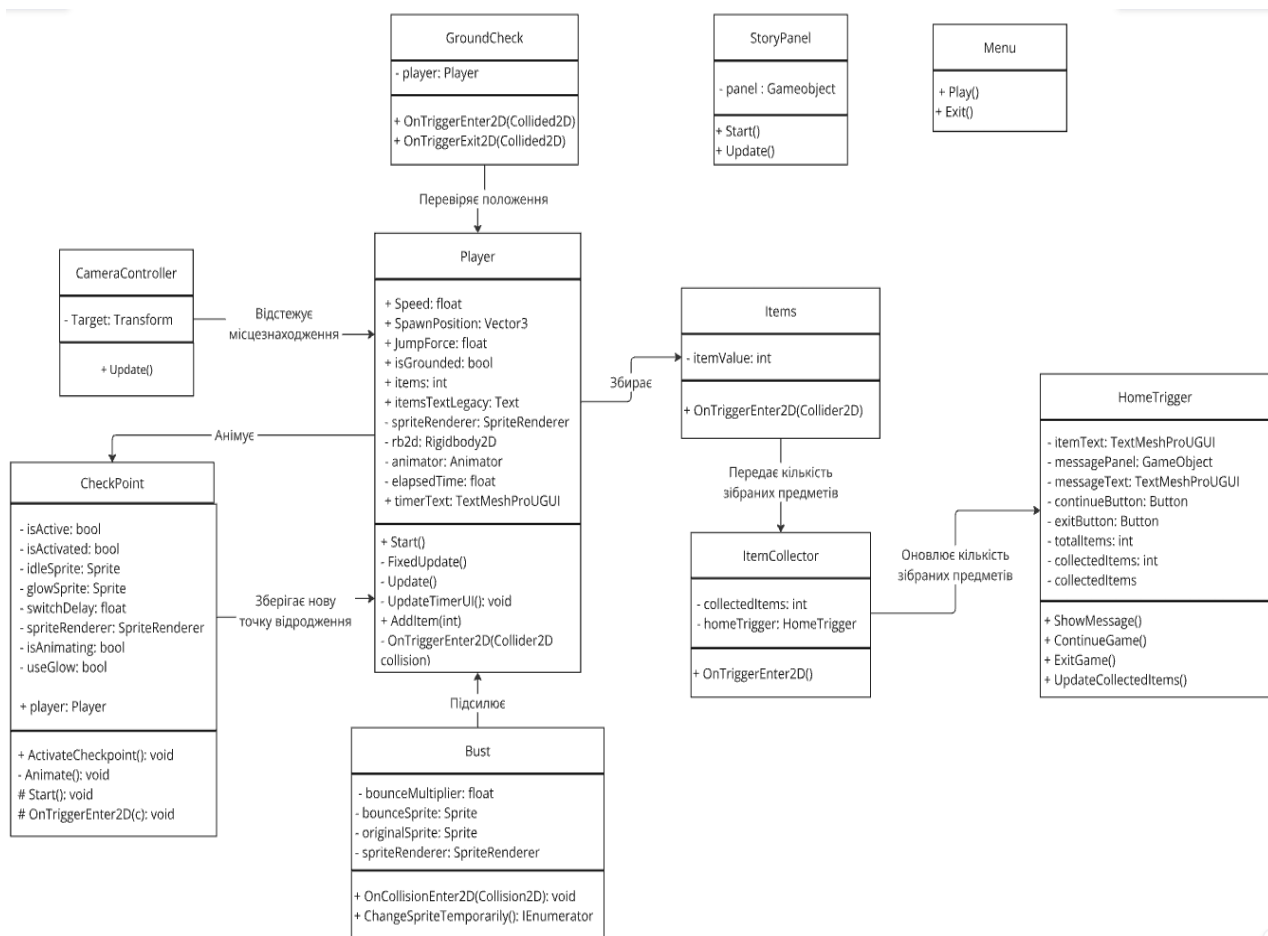


Рис. 1. Діаграма класів 2D платформера «Підземелля Клауса»

Джерело: опрацювання власне

Основні компоненти архітектури: *GameManager*: 1. Відповідає за глобальне управління станом гри (початок, кінець, перезапуск). 2. Зберігає рахунок, час проходження, стан перемоги/поразки. 3. Здійснює контроль за зібраними предметами.

PlayerController: 1. Управляє рухом персонажа, включно з обробкою клавіш, стрибків і колізій. 2. Реалізує анімаційні стани персонажа. 3. Забезпечує взаємодію з об'єктами довкілля.

UIManager: 1. Оновлює графічний інтерфейс користувача: таймер, рахунок, повідомлення. 2. Реалізує логіку відображення результатів гри.

Trap, Item, Checkpoint, Bust: 1. Кожен з цих класів відповідає за певний тип ігрового об'єкта. 2. Вони мають свої унікальні методи взаємодії (наприклад, `OnTriggerEnter2D()`). 3. Працюють незалежно, але координуються через *GameManager* або *PlayerController*.

```
Скрипт Unity (ссылки на ресурсы: 7) | Ссылка: 0
public class Bust : MonoBehaviour
{
    public float bounceMultiplier = 8.0f;
    public Sprite bounceSprite;
    private Sprite originalSprite;

    private SpriteRenderer spriteRenderer;

    Сообщение Unity | Ссылка: 0
    private void Start()
    {
        spriteRenderer = GetComponent<SpriteRenderer>();
        originalSprite = spriteRenderer.sprite;
    }

    Сообщение Unity | Ссылка: 0
    private void OnTriggerEnter2D(Collision2D collision)
    {
        if (collision.gameObject.CompareTag("Player"))
        {
            collision.rigidbody.AddForce(Vector2.up * bounceMultiplier, ForceMode2D.Impulse);
            StartCoroutine(ChangeSpriteTemporarily());
        }
    }
}
```

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

// Скрипт Unity (ссылка на ресурсы: 7) | Ссылка: 0
public class Items : MonoBehaviour
{
    public int itemValue = 1;

    // Сообщение Unity | Ссылка: 0
    private void OnTriggerEnter2D(Collider2D other)
    {
        if (other.CompareTag("Player"))
        {
            other.gameObject.GetComponent<ItemCollector>().CollectItem(itemValue);

            Destroy(gameObject);
        }
    }
}

```

Взаємодія між компонентами забезпечується через події, виклики методів, змінні стану та тригери [4]. Наприклад, коли персонаж торкається чекпоінту, метод `OnTriggerEnter2D()` зберігає позицію відродження. При зіткненні з пасткою персонаж повертається до останнього збереженого чекпоінту. Після збору всіх предметів `GameManager` встановлює прапорець перемоги, і `UIManager` показує фінальне повідомлення, зокрема, використовуються елементи `Text`, `Panel`, `Canvas` тощо.

Альтернативним варіантом могла б бути реалізація виведення інформації через зчитування тексту з зовнішнього файлу (наприклад, `.txt` або `.json`) та подальше його відображення в грі. Проте в даному випадку такий підхід виявився менш зручним, оскільки: текст є статичним і не потребує динамічного редагування під час гри; інтеграція UI безпосередньо в Unity дозволяє гнучко налаштовувати стиль, позицію і зовнішній вигляд панелей без необхідності змінювати код; забезпечується швидке оновлення і тестування інтерфейсу в редакторі Unity. Таким чином, використання вбудованого UI було найдоцільнішим рішенням для цього проєкту.

Розширюваність і масштабованість. Архітектура гри дозволяє легко і без значних змін додавати нові функції [5]. Наприклад, можна додати новий тип об'єкта через створення нового класу. Нові рівні легко реалізуються

шляхом додавання нових сцен у Unity. Гнучка структура дозволяє змінити правила гри без серйозної модифікації основної логіки.

Гра була протестована чотирма учасниками: розробником та трьома запрошеними гостями з різним рівнем вмінь і досвіду в іграх. Це дозволило отримати різноманітний відгук і виявити можливі проблеми, що можуть виникати у гравців з різними навичками.

Тестові сценарії. У процесі тестування було пройдено п'ять тестових сценаріїв проходження гри. Кожен сценарій мав на меті перевірити певні аспекти геймплею, такі як: 1. Основні механіки гри (переміщення по карті, взаємодія з об'єктами, збір предметів). 2. Процес активації чекпоінтів та механіка повернення до них після потрапляння у пастку. 3. Перевірка анімацій та їх коректність при взаємодії з об'єктами гри. 4. Перевірка кінцевих результатів гри при зібранні всіх/не всіх предметів. 5. Загальний досвід гри та враження від навігації карти.

Результати тестування. Кожен тестувальник проходив гру на своїй швидкості, в залежності від досвіду. Ось середній час проходження карти кожним із учасників тестування: 1. Розробник: 2 хвилини. 2. Гравець з високим рівнем досвіду: 2-3 хвилини. 3. Гравець із середнім рівнем досвіду: 4-6 хвилин. 4. Гравець-початківець: 7-12 хвилин. Ці результати дозволяють зробити висновки про рівень складності гри та визначити, наскільки інтуїтивно зрозумілими є її механіки для різних типів гравців.

Всі учасники тестування змогли швидко освоїти основні механіки гри. Новачки, які раніше не мали досвіду в подібних іграх, змогли пройти базові завдання (переміщення, збір предметів, уникання пасток) за 10-12 хвилин. Досвідчені гравці освоїли основні елементи за 6 хвилин, що підтверджує легкість у освоєнні інтерфейсу та геймплею [6].

Протестовані сценарії не викликали затримок або лагів під час гри. Час відгуку гри на стандартні дії (наприклад, рухи персонажа, взаємодія з предметами) не перевищував 1 секунди. Навантаження на систему при тестуванні багатьох одночасних подій (активація чекпоінтів, зіткнення з

пастками) було прийнятним, і гра залишалась стабільною протягом тестових сесій.

Середня тривалість проходження карти для учасників тестування варіювалась від 2 до 15 хвилин, в залежності від рівня їхнього досвіду. Гра демонструє хороший баланс складності: початкові етапи гри доступні навіть для новачків, тоді як наступні стадії вимагають більше стратегії та уважності, що створює цікаву ігрову динаміку. Тестувальники відзначили високу інтуїтивність інтерфейсу. Гравці легко орієнтувались у меню гри, а також зрозуміли механіки управління персонажем та взаємодії з об'єктами.

Протягом тестування жодних серйозних багів або збоїв не було виявлено. Гра працювала стабільно навіть під час тривалих ігрових сесій. Всі механізми гри, включаючи активацію чекпоінтів і анімації, працювали коректно, що свідчить про високу надійність системи. Всі тестувальники відзначили гармонійну візуальну складову гри, яка сприяє зануренню в атмосферу.

Анімація персонажа та чекпоінтів була гладкою і відповідала очікуванням. Звукові ефекти та музичний супровід вдало доповнюють геймплей, створюючи потрібний настрій для гри. Цей етап тестування став важливим для подальшого вдосконалення гри [7], адже дозволив виявити потенційні недоліки та оптимізувати деякі механіки, щоб зробити гру більш доступною для широкої аудиторії.

Анотація. Актуальність роботи визначається популяризацією комп'ютерних ігор як інструменту дозвілля. Чим глибше розвивається індустрія – тим вищі очікування від гри, тому необхідно розуміти як створити якісну гру, яка буде ставитись в приклад новим проектам. Мета дослідження полягає у розробленні 2D платформера з інтерактивним користувацьким інтерфейсом у відповідності до принципів візуалізації і конструювання ігрового середовища з урахуванням геймдизайн орієнтованих підходів із використанням технології об'єктно орієнтованого програмування.

Ключові слова: геймдизайн орієнтований підхід, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, КОМСДН, ігрова система, 2D платформер, AI, ігровий інтерфейс, C#.

Література

1. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of

Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.

2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznaskiej (WPP), 2019. P. 101-119.

3. Гриб'юк О.О. *Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем* / О. О. Гриб'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.

4. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022.

5. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.

6. Гриб'юк О.О. Комп'ютерне моделювання та робототехніка в навчально-виховному процесі сучасного навчального закладу. / Гриб'юк О.О. // *Сьома міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv-2017: Збірник наукових праць*, 27-30 квітня 2017 року, м. Львів. С. 38-43. ISBN 978-966-2598-86-5.

7. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online.

**ФУНДАМЕНТАЛЬНА ОСНОВА
СТРАТЕГІЧНО ВАЖЛИВИХ НАПРЯМІВ ДІЯЛЬНОСТІ ЗВО
У ТВОРЧИХ МАТЕМАТИЧНИХ ЗДОБУТКАХ
УНІВЕРСИТЕТСЬКОЇ МОЛОДІ**

**Матеріали Всеукраїнської науково-практичної
конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених**

04 квітня 2025 року

Відповідальний за випуск *Смельянова Т.В.*

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка *Купіної Н.А.*

ВИДАВНИЦТВО

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Видавництво ХНАДУ, 61200, Харків-МСП, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Тел. /факс: (057)700-38-72; 707-37-03, e-mail: rio@khadi.kharkov.ua

*Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення
та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції, серія № ДК №897 від 17.04 2002 р.*