

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

**ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ
МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ У НАУКОВИХ
ДОСЛІДЖЕННЯХ ЗДОБУВАЧІВ ЗВО І МОЛОДИХ
УЧЕНИХ: ТВОРЧИЙ РОЗВИТОК ІДЕЙ**

*Матеріали Всеукраїнської науково-практичної
конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених
06-07 квітня 2023 року*

Харків
ХНАДУ
2023

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 2023 р. (Лист ІМЗО №21/08-9 від «10» січня 2023 р.)

Відповідальний редактор:

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

Фундаментальні та прикладні математичні проблеми у наукових дослідженнях здобувачів ЗВО і молодих учених: творчий розвиток ідей: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. – Харків: ХНАДУ. – 2023. – 166 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 студентів, магістрів, 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, 2023

ЗМІСТ

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

<i>Бережна Є. С., Богомолов Б. С.</i> Розвиток аксіоматичної теорії до Д. Гільберта	6
<i>Перепелиця Є. А., Старусьов Б. В.</i> Розвиток теорії диференціальних рівнянь у Франції у 18 сторіччі	9
<i>Тюніна А. О. Холод А. Р.</i> Ретроспектива розвитку автомобільного транспорту та будівництва автомобільних доріг	13
<i>Цвіль Ю. О.</i> Методи прогнозування стратегічного розвитку підприємств	16

НОВІТНІ МАТЕМАТИЧНІ ТА ПЕДАГОГІЧНІ ПІДХОДИ У ВИВЧЕННІ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

<i>Байдик І. А.</i> Розроблення гри «Морський бій» з використанням об'єктно орієнтованого програмування	19
<i>Балан Д. С.</i> Розроблення програмної системи «Планування подорожей» з використанням об'єктно орієнтованого програмування	24
<i>Бацян І. С.</i> Сучасні оптимізаційні технології «Лин» і «6 Сигм» та їх відмінності	27
<i>Бузинарський К. Є.</i> Використання онлайн-сервісу Tinkercad у процесі вивчення стереометрії учнями старших класів закладів загальної середньої освіти	30
<i>Вальчук В. В., Щур В. В., Стахурський В. В.</i> Математичне моделювання деталей пристосувань й засобів механізації для автотранспорту	35
<i>Дорошко І. О., Грушка Д. В.</i> Використання математичних методів у логістиці	39
<i>Коплик Д. В., Негаєва Г. В.</i> Класифікація задач лінійного програмування за економічним контентом	43
<i>Корнілов Р. В.</i> Аналіз вимог і тестування програмного забезпечення з використанням штучних нейронних мереж	52
<i>Кравчук В. Р.</i> Розроблення гри «Пінг-понг» з використанням об'єктно орієнтованого програмування	59
<i>Легкий С. В.</i> Розроблення гри «Змійка» з використанням об'єктно орієнтованого програмування	64

Лихолобов Г. Р., Мохонько Р. О. Матричні ігри і задача лінійного програмування	68
Неупокосва М. Р., Сізіков О. М. Приклад дослідження на стійкість розв'язків диференціальних рівнянь другого порядку	71
Омельченко А. С. Розроблення сайту агрегатора медіаконтенту з використанням об'єктно орієнтованого програмування	77
Петрик В. М. Розроблення гри «Хрестики-нулики» з використанням об'єктно орієнтованого програмування	80
Ребрищева В.І., Кириченко Д. Ю. Якісна теорія диференціальних рівнянь	88
Тагашов Д. А. Використання комп'ютерних технологій здобувачами вищої технічної освіти під час вивчення вищої математики в умовах дистанційного навчання	92
Ткач Ю. О. Розроблення програми-органайзера з використанням об'єктно орієнтованого програмування	96
Яцун В. В. Створення штучних нейронних мереж з використанням об'єктно орієнтованого програмування: елементи проектування і прогнозування	99

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОФЕСІЙНО-ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ

Білокопитов М. А., Орел В. С. Задача визначення рентабельності транспортних перевезень	102
Бобров І. О., Ковалевська М. Є. Опис класифікатора зображень із застосуванням множини дескрипторів ключових точок візуального об'єкту	106
Вернігора О. Є. Динаміка об'ємного гідропривода пересування мобільного підйомника	110
Геворкян А. А. Розв'язання диференціальних рівнянь за допомогою пакету VisSim для розрахування динаміки гідропривода	116
Зінченко Б. С. Аналіз досліджень з розвитку мостобудівництва шляхом удосконалення вже існуючих або створенням нових методів розрахунку конструктивних схем	123
Зосімов М. В., Яровий О. В. Реалізація класифікатора зображень на прикладі образів візуальних об'єктів	127
Ковбас Д. В. Аналіз вимог і тестування програмної системи щодо відстеження фінансових витрат	131

Ляшенко В. О. Аналіз методів, які використовуються при обґрунтуванні реконструкції автомобільних доріг	140
Мещерякова В. Р., Шолота А. Р. Ідея наочності навчання та історія її розвитку	148
Палагута А. М. Статистичні методи аналізу дискретного випадкового процесу	152
Черниш В. Р., Волчанов Д. В. Застосування дерев рішень у задачах класифікації	156
Чорножук В. В. Приклад дослідження на стійкість розв'язків диференціальних рівнянь другого порядку з ненульовими початковими умовами	160

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

Бережна Є. С. (студ., 1 курс),

Богомолов Б. С. (студ., 1 курс)

Науковий керівник – док. Вишневецький О. Л.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(Харків, Україна)*

РОЗВИТОК АКСІОМАТИЧНОЇ ТЕОРІЇ ДО Д. ГІЛЬБЕРТА

Формування сучасного розуміння істоти аксіоматичного методу відбувалося протягом більш як 2000-річної історії розвитку науки.

Справжній початок науки про геометричні фігури і тіла, звичайно ж, втрачається в глибині тисячоліть. Початкове оформлення перших геометричних уявлень зазвичай пов'язують із найдавнішими культурами Вавилону та Єгипту (3-2 тисячоліття до н.е.). З VII століття до н.е. починається період розвитку геометрії працями грецьких вчених. Піфагорійська школа в VI-V століттях до н. е. продовжила геометричні дослідження. Її основоположник Піфагор (560-470 або 580-500 р.р. до н.е.) у молодості близько двадцяти років навчався мудрості в Єгипті, ще десяти - у Вавилоні. Безсумнівно, що у школі Піфагора геометрія зробила перші кроки від узкопрактичних утилітарних завдань, від геометрії виміру ділянок землі до узагальнень, абстракцій та міркувань.

Найбільший філософ античності Платон (428-348 р.р. до н.е.) творець Академії, мабуть, першим виразно поставив завдання побудови всього наукового знання взагалі та геометрії зокрема дедуктивним чином. Трактати та підручники з геометрії з'явилися ще до Платона – відомі керівництва Гіппократа Хіоського, Демокріта, Февдія. але лише Платон зажадав, щоб у чільну галузь знання було поставлено поняття і становища, у тому числі й інші, що у галузі ставляться, має впливати як слідства. Але ця постановка у

Платона все ж таки дуже розпливчата і контури її лише вгадуються з усього його вчення, побудованого на напівмістичній основі.

Геніальний учень Платона великий Аристотель (384-322 р.р. е.), переступив через містичні догми Платона, виявив його раціональні вимоги наукового обґрунтування будь-якого знання будь-якої наукової діяльності. Він охопив майже всі досягнуті для його часу галузі знання, став основоположником наукового методу та багатьох наук. Наука, по Аристотелю, є послідовність пропозицій, які стосуються певної області. Серед цих пропозицій є основні, які настільки очевидні, що не потребують доказів. Це – аксіоми. Інші пропозиції мають бути виведені з них. Це – теореми. Ця наукова доктрина Аристотеля була прийнята як керівництво до дії, насамперед математики. І коли приблизно через півстоліття з'явилася геніальна праця Евкліда «Початки», то в його структурі явно проглядався друк схеми Аристотеля.

Понад 2000 років «Початки» служили єдиним керівництвом, за яким навчалися геометрії юнака та дорослі у країнах Заходу та Сходу. Це була перша в історії людства справді наукова книга: в ній геометрія була представлена як аксіоматична теорія, виходячи з тих принципів, формулювання яких сягали Аристотеля і Платона.

Найбільший інтерес дослідників евклідової системи обґрунтування геометрії протягом багатьох століть викликав V постулат: щоб кожен раз, коли пряма при перетині з двома іншими прямими утворює з ними внутрішні односторонні кути, сума яких менша за дві прямі, ці прямі перетиналися з тією стороною з якою ця сума менша за дві прямі. Просторовість його формулювання штовхала дослідників те що довести його, вивести з інших постулатів і аксіом і цим виключити його з постулатів.

Такі дослідження велися в еленічну епоху (Посидоній, I ст. до н.е., Санкері, XVIII ст., Ламберт, XVIII ст.). Це була епоха Евкліда в історії

обґрунтування геометрії, епоха його продовжувачів та удосконалювачів, період наївно-аксіоматичної побудови геометрії. На початку XIX століття разом з безуспішними спробами доказу V постулату вона добігає кінця. Вона народжувала із себе видатне відкриття – нове розуміння підстав геометрії та новий крок у розумінні суті аксіоматичного методу.

11 лютого 1826 р. на засіданні Фізико-математичного факультету Казанського університету професор Н.І. Лобачевський (1792-1856 р.р.) повідомив про відкриття: V постулат Евкліда лежить в основі теорії паралельних прямих. Значення відкриття Лобачевського незмірно велике для геометрії. По-перше, він «закрив» проблему V постулату, що стояла перед геометрами 2000 років, довівши, що V постулат логічно не залежить від інших аксіом геометрії, тобто. не є їх необхідним наслідком. По-друге, V постулат тому саме не впливає з інших постулатів, що поряд з геометрією Евкліда, в якій цей постулат вірний, можлива інша «уявна» геометрія, в якій V постулат не виконується. По-третє, відкриття Лобачевського дало новий погляд на суть аксіоматичного методу, який набув свого подальшого розвитку.

Аксіоми - це зовсім не самоочевидні істини. Це – твердження про якісь початкові поняття, прийняті без доказів і які кладуть основу теорії, у тому числі всі подальші твердження теорії логічно виводяться. Істинно те, що може бути логічно доведено (виведено) із прийнятих аксіом. І, по-четверте, відкриття нової, як її зазвичай називають, неевклідової геометрії поклало край існуюче до Лобачевського точці зору, згідно з якою евклідова геометрія представлялася єдиною мислимим вченням про простір.

До кінця 60-х років XIX століття, коли ідеї Лобачевського були з'ясовані та визнані основною масою математиків і ті приступили до їх подальшого розвитку, з новою силою постала проблема аксіоматичної побудови геометрії. До кінця XIX і на початку XX століття було опубліковано багато робіт на цю тему. Найбільшу популярність набув твір

німецького математика Д. Гільберта «Підстави геометрії», що вийшли 1899 року. У книзі Гільберт навів повну систему аксіом евклідової геометрії, тобто такий набір основних пропозицій, з яких всі інші твердження геометрії можуть бути доведені логічним шляхом, довів суперечливість цієї системи та незалежність деяких аксіом від інших аксіом системи.

Література

1. Столл Р. Безліч. Логіка. Аксиоматична теорія. – «Просвіта», 1968. - 231 с.

Перепелиця Є. А. (студ., 1 курс),

Старусьов Б. В (студ., 1 курс)

Науковий керівник – док. Вишневецький О. Л.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(Харків, Україна)

РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ У ФРАНЦІЇ У 18 СТОРІЧЧІ

Доля не дуже вподобала Жану Лерону Д'Аламберу (1717 – 1783). Незаконний син аристократки, він був підкинутий матір'ю на шаблі церкви та усиновлений простим столяром. Однак неабиякий талант швидко висунув його до числа провідних математиків 18 століття. Вже у 22 роки він надає до Паризької академії свої перші твори. В теорії диференціальних рівнянь йому належить кілька надзвичайно важливих результатів. Перший служить свого роду аналогом відомого прийому з теорії алгебраїчних рівнянь.

Нехай задано алгебраїчне рівняння n -ого порядку

$$a_0 + a_1x + \dots + a_nx^n = 0.$$

Як відомо, його рішення не однозначне (зокрема квадратне рівняння має два рішення). Припустимо, якимось чином знайдено одне з таких рішень x_1 .

Отже, дане рівняння може бути приведене до вигляду

$$(x - x_1)(b_0 + b_1x + \dots + b_{n-1}x^{n-1}) = 0$$

з якимись коефіцієнтами $b_0, b_1, \dots, b_{n-1}$. Тоді, розділивши цю рівність на ми приходимо до рівняння порядку $n-1$. Таким чином, знаючи одне рішення рівняння, можна зменшити його порядок. Звідси випливає, що, довівши існування хоча одного розв'язку рівняння n -го порядку і повторюючи процедуру зниження порядку рівняння багаторазово, можна зробити висновок, що рівняння це має у точності n розв'язків. Цей результат, званий основною теоремою алгебри, вперше був доведений (хоча й не зовсім суворо) саме Д'Аламбером. Тому цілком природно, що він спробував поширити ідею зниження порядку на диференціальні рівняння.

Ейлер звів процедуру побудови загального розв'язку лінійного однорідного рівняння n -ого порядку до знаходження його n лінійно незалежних приватних розв'язків. Було цілком природно тепер знизити порядок диференціального рівняння у разі, коли відоме його деякий частинний розв'язок. І хоча в загальному випадку цей прийом не працює (все-таки диференціальне рівняння набагато складніше алгебраїчного), Д'Аламбер вдалося описати досить широкий клас диференціальних рівнянь, де зниження порядку можливе. І тоді, виконуючи описану процедуру багаторазово, можна дійти диференціального рівняння першого порядку.

Ще один важливий результат Д'Аламбер пов'язаний з дослідженням неоднорідних рівнянь. Зокрема, лінійне неоднорідне диференціальне рівняння n -ого порядку має вигляд

$$x^{(n)} + a_1 x^{(n-1)} + \dots + a_{n-1} x' + a_n x = f,$$

де f – відома функція. Д'Аламбер показує, що загальний розв'язок такого рівняння може бути отриманий у вигляді суми загального розв'язку відповідного однорідного рівняння та частинного розв'язку рівняння.

Пояснимо цю ідею на прикладі неоднорідного рівняння коливання маятника $x'' + \omega^2 x = 1$. Як відомо, загальне розв'язання відповідного однорідного рівняння (з нульовою правою частиною) має вигляд

$$x(t) = c_1 \sin \omega t + c_2 \cos \omega t.$$

В якості відповідного частинного розв'язку обираємо деяку константу c . Підставляючи її у вихідне рівняння з урахуванням того, що похідна від константи дорівнює нулю, приходимо до рівності $\omega^2 c = 1$, а тому $c = 1/\omega^2$. В результаті одержуємо загальний розв'язок неоднорідного рівняння

$$x(t) = c_1 \sin \omega t + c_2 \cos \omega t + 1/\omega^2.$$

Д'Аламбер був молодший за Ейлера на десять років. Але, насправді, це були математики одного покоління. А хто ж був продовжувачем справи Ейлера? У 1755 р. Ейлер отримує листа від нікому не відомого вісімнадцятирічного юнака. Деякі з наведених результатів були вже знайомі Ейлеру за його власними дослідженнями, результати яких ще не були опубліковані. Але були там і зовсім оригінальні ідеї. Ейлер одразу ж зрозумів, що на математичному небосхилі спалахнула яскрава зірка. І він вирішує почекати з публікацією ряду своїх власних результатів, щоб дати можливість юному математику першому видати свою працю. І це при тому, що пріоритет низки опублікованих там результатів найвищого класу, безперечно, належав Ейлеру. А коли років через десять Ейлер отримав запрошення переїхати до Петербурга, то його місце професора Берлінського університету той самий юнак. Звали його Жозеф Луї Лагранж (1736 – 1813). Подібно до Ейлера, він залишив значний внесок чи не у всі розділи математики та багато її додатків. Не оминув він своєю увагою і теорію диференціальних рівнянь.

Він працював практично у всіх напрямках, як і Ейлер, уточнюючи і поглиблюючи результати останнього. Він розробляє, наприклад, найбільш досконалу теорію спеціальних розв'язків диференціальних рівнянь і теорію лінійних однорідних рівнянь із незмінними коефіцієнтами. Йому належить поняття сполученого рівняння, що має глибоке значення не тільки для диференціальних рівнянь. Він стояв біля витоків спектральної теорії диференціальних рівнянь та теорії стійкості. А поки що зазначимо лише запропонований Лагранжем метод варіації

довільних постійних для вирішення лінійних неоднорідних зі змінними коефіцієнтами. Нехай, зокрема, задано рівняння

$$x^{(n)}(t) + a_1(t)x^{(n-1)} + \dots + a_{n-1}(t)x' + a_n(t)x = f(t),$$

де $a_1, \dots, a_{n-1}, f$ – відомі функції. Ідея Лагранжа полягає у заміні згаданої раніше стандартної формули

$$x(t) = c_1 x_1(t) + c_2 x_2(t) + \dots + c_n x_n(t),$$

що представляє загальне розв'язок однорідного рівняння як суму його лінійно незалежних частинних розв'язків з довільними постійними $c_1, c_2, \dots, c_n$, на аналогічну формулу

$$x(t) = c_1(t)x_1(t) + c_2(t)x_2(t) + \dots + c_n(t)x_n(t), \quad (1)$$

в якій ці величини вже є змінними. Лагранж показав, що їх похідні задовольняють системі лінійних алгебраїчних рівнянь

$$\begin{cases} x_1(t)c_1'(t) + x_2(t)c_2'(t) + \dots + x_n(t)c_n'(t) = 0, \\ \dots \\ x_1^{(n-2)}(t)c_1'(t) + x_2^{(n-2)}(t)c_2'(t) + \dots + x_n^{(n-2)}(t)c_n'(t) = 0, \\ x_1^{(n-1)}(t)c_1'(t) + x_2^{(n-1)}(t)c_2'(t) + \dots + x_n^{(n-1)}(t)c_n'(t) = f(t). \end{cases}$$

Тоді розв'язання рівняння зводиться до наступного. Спочатку визначаються лінійно незалежні приватні розв'язки однорідного рівняння $x_1, x_2, \dots, x_n$. Потім із наведеної системи лінійних алгебраїчних рівнянь знаходяться похідні функцій $c_1, c_2, \dots, c_n$, тобто визначаються вирази $c_i' = g_i(t)$, $i = 1, \dots, n$ з відомими функціями g_i . Інтегруючи явно ці рівності, можна знайти самі значення $c_1, c_2, \dots, c_n$. Підставляючи ці функції у формулу (1), знаходимо загальне рішення рівняння, що розглядається.

Література

1. С т р о й к Д. Я. Короткий нарис історії математики. — 1990. — 256 с.

Тюніна А. О. (студ., 1 курс),
Холод А. Р. (студ., 1 курс)
Науковий керівник – ст. викл. Михайленко І. В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(Харків, Україна)

РЕТРОСПЕКТИВА РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ТА БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Історія розвитку дорогобудівництва дуже давня і починається з того моменту, коли людина почала використовувати шляхи та дороги для переміщення з одного місця в інше.

Перші дороги були зроблені більш як 4000 років тому, коли в Східній Азії та на Близькому Сході були побудовані дороги з глини та каменю, які з'єднували різні міста та населені пункти. Будівництво доріг з каменю починається з виникненням держав. До нас дійшла найдавніша дорога, виявлена в Єгипті. Вона прокладена до місця зведення піраміди фараона Сахура (III тис. до н.е.). Полотно дороги шириною близько 4 м споруджено з укладених поперечно кам'яних блоків. По ньому на масивних волокушах-санях, запряжених биками, транспортували багатотонні кам'яні блоки. Ці сцени докладно зображені на розписах всередині пірамід. Зокрема, показано, як дорогу поливають водою, щоб зменшити тертя. У давньому Римі були зведені великі дороги, такі як "Апієва дорога", яка з'єднувала Рим з Южною Італією. Римські дороги будувалися з метою збільшення швидкості пересування військ і торгових караванів. Дорожня мережа у Римі розросталася разом із зростанням самої імперії: після завоювання нових територій до Риму починалося будівництво легіонерами магістральної дороги, що зв'язувала нову провінцію зі столицею імперії.

У середньовіччі Європі було побудовано мережу доріг, які були призначені для транспортування товарів та військових підрозділів. З тих пір, як технології розвивалися, дороги стали більшими та складнішими, з більшими швидкістю та безпекою.

У 19 столітті були введені перші парові двигуни для транспортування вантажів та пасажирів. Після цього почалася ера автомобілів, трамваїв та метро. Сучасні дороги є далеко від тих, що були побудовані більше 4000 років тому. Сьогодні, дороги мають багато різних функцій, включаючи транспортування вантажів та пасажирів, сприяння економічному розвитку регіонів та забезпечення доступу до соціальних та медичних послуг.

Останнім часом дорожобудівництво активно впроваджує нові технології та інновації, такі як дрони для моніторингу стану доріг та 3D друк для швидкої віднови дорожнього покриття.

Людство пододало важкий та великий шлях, від каменю до Сучасного асфальту. Деякі люди внесли окремий вагомий вклад в сферу дорого будівництва. Ім'я цих вчених навечно вписані в історію людства. Саме математики допомогли розробити новітні дорожні системи, що ми бачимо кожного дня.

Внесок математиків у дорожобудівництво полягає у використанні математичних моделей та алгоритмів для планування та розробки дорожніх систем.

Одним з ключових аспектів, що забезпечує ефективне функціонування дорожньої інфраструктури, є зменшення заторів та мінімізація часу, необхідного для подорожей. І це, в свою чергу, вимагає розробки математичних моделей, які допоможуть розпланувати оптимальні маршрути для транспортних засобів та пішоходів. Карл Менгер - австрійський математик, який розробив концепцію маршруту у транспортних мережах, відомий як теорема Менгера. Ця теорема важлива для знаходження найкоротшого шляху в транспортних мережах.

Одним з популярних методів, який використовують у дорожньому плануванні, є графова теорія. Леонард Ейлер - швейцарський математик, який вивчав теорію графів. Він вніс значний вклад у розвиток теорії графів, яка є важливою для аналізу транспортних мереж. Теорія дозволяє

аналізувати та планувати ефективну маршрутизацію транспортних потоків на основі графів, які представляють дорожню мережу.

Іншим важливим аспектом дорожнього будівництва є планування та дизайн дорожніх знаків. Математичні моделі можуть бути використані для розробки оптимальних знаків та сигналізаційних систем, що забезпечать безпечний та ефективний рух транспорту. Річард Беллман - американський математик, який вніс великий вклад у теорію оптимізації і розробив алгоритм Динамічного програмування. Цей алгоритм може бути використаний для вирішення проблеми найкоротшого шляху в транспортних мережах.

Можемо зробити висновки, що для комфортного життя сьогодення, люди з минулого винайшли безліч речей, їх внесок ніколи не забудеться. Окремо хочу виділити математиків, які грають важливу роль у розвитку дорожнього будівництва, зокрема в розробці математичних моделей, методів та алгоритмів, що використовуються для проектування та планування доріг.

Література

1. Джексон А. (2010). «Дороги, подорожі та поселення в Римській імперії». Журнал римської археології.
2. Норман Р. (2004). «Перша у світі автомагістраль». Журнал інженерних наук та освіти,
3. Прентіс Хол (2001). Введення в теорію графів.
4. Данциг, Великобританія (1949). «Лінійне програмування та розширення». Видавництво Принстонського університету.
5. Беллман Р. (1954). «Про проблему маршрутизації». Щоквартальний журнал прикладної математики.
6. Фітч (1934). «Американські шосе та узбіччя». Видавництво Гарвардського університету.
7. Роберт Майєр «Математичні моделі для проектування нежорстких дорожніх покриттів».

Цвілій Ю. О. (аспірант)
Науковий керівник – проф. Юринець З. В.
Львівський національний університет імені Івана Франка

МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ

Прогнозування стратегічного розвитку підприємств – це сфера вивчення, передбачення та формування майбутнього розвитку підприємств. Прогнозування допомагає створити та використовувати інтелект упорядкованим і системним способом, щоб передбачити напрямки змін на підприємствах. Метою прогнозування стратегічного розвитку підприємств є отримання результатів прогнозів для формування економічної політики розвитку підприємств. Прогнозування необхідне для розробки можливих сценаріїв змін, підготовки підприємства до трансформацій, криз і формування візуалізованого майбутнього.

Прогнозування стратегічного розвитку підприємств спрямоване на передбачення тенденції, ризиків, нових проблем, їх потенційних наслідків та пов'язаних з цим можливостей, що, у свою чергу, буде корисним у стратегічному плануванні, виробленні політики та формуванні готовності підприємств до стратегічних змін. Прогнозування є основою для свідомого формування нових ініціатив підприємства та перегляду поточної економічної політики відповідно до набору інструментів, методів прогнозування стратегічного розвитку підприємств. Прогнозування стратегічного розвитку підприємств полягає не стільки в передбаченні майбутнього, як в аналізі різних можливих сценаріїв, а також можливостей і проблем, які можуть виникнути, а також у візуалізації майбутнього.

У процесі дослідження діяльності підприємств важливо прогнозувати вплив усіх чинників на економічний розвиток підприємств. Систематизацію

основних методів прогнозування стратегічного розвитку підприємств наведено на рисунку 1.

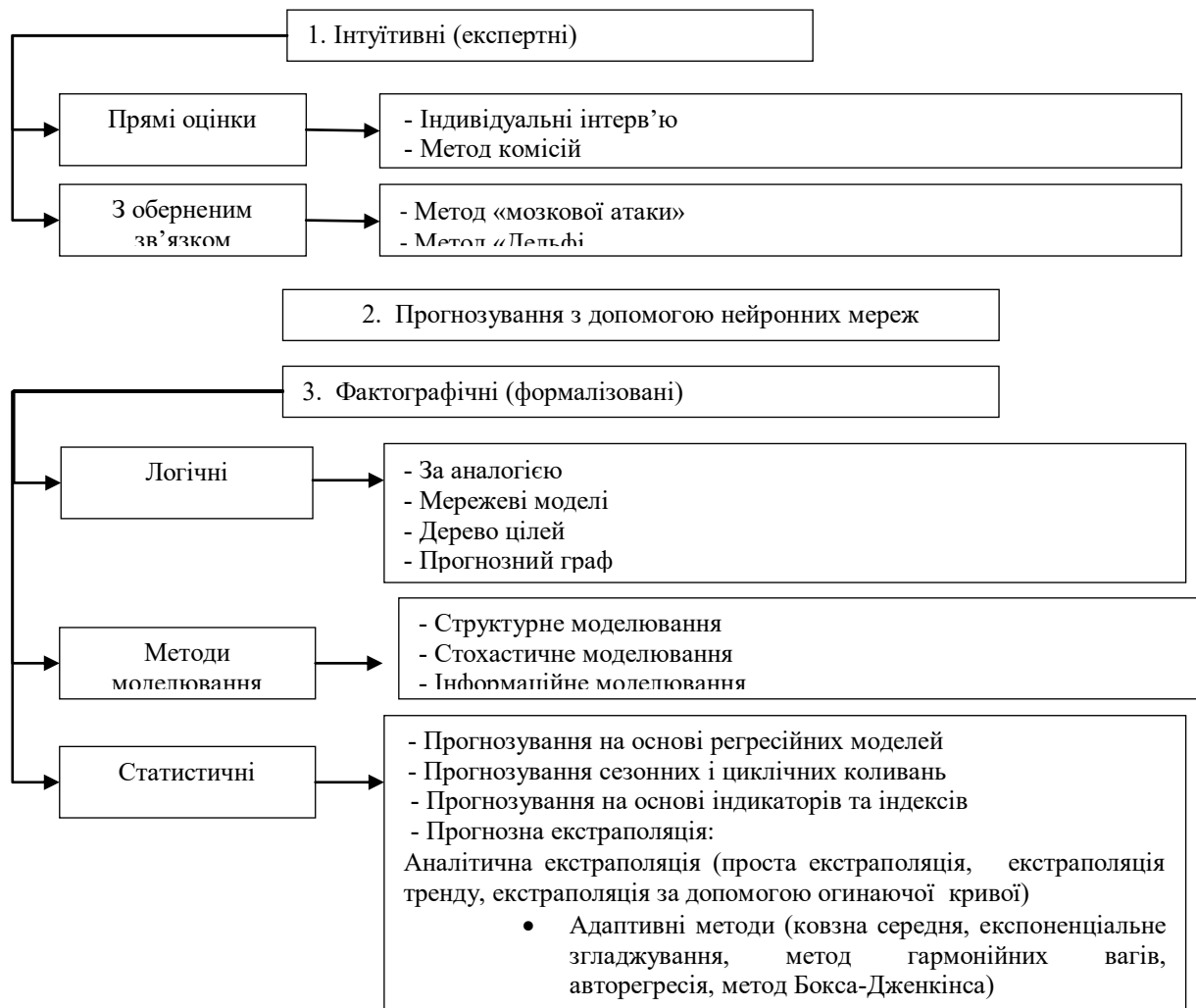


Рис. 1. Систематизація методів прогнозування стратегічного розвитку підприємств [1; 2]

Прогнозування стратегічного розвитку підприємств допомагає краще формувати політику, розробляти стратегії, які витримують перевірку часом, і узгоджувати короткострокові дії з довгостроковими цілями за допомогою різноманітних методів, зокрема:

- аналізу ситуації: систематичне вивчення та збір подій і тенденцій, які приводять до певної картини майбутнього або візуального представлення нових симптомів змін у діяльності підприємства;
- аналізу мегатрендів: аналіз та обговорення змін шаблонів і тенденцій,

які впливають на стратегічний розвиток підприємства, що приводить до формування єдиного сценарію майбутнього та плану дій;

- планування сценаріїв: інтерактивний і рекурсивний процес, що включає інтерв'ю, аналіз і моделювання, результатом якого є набір ймовірних майбутніх сценаріїв,
- візуалізації: визначення бажаного напрямку, що необхідне для чіткого опису бажаного майбутнього, а також середньострокової дорожньої карти, яка визначає індивідуальні дії для втілення бачення в реальність.

Прогнозування стратегічного розвитку підприємств лежить в основі політики, яка підвищує стійкість у чотирьох вимірах: соціально-економічному, фінансовому, інвестиційному та інноваційному.

Анотація. Розкрито важливість проведення прогнозування стратегічного розвитку підприємств. Подано систематизацію методів прогнозування стратегічного розвитку підприємств.

Ключові слова: прогнозування, методи, стратегічний, розвиток підприємства.

Література

1. Dittmann P. Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i ich zastosowanie. Kraków, Oficyna Ekonomiczna. 2003. - 156 s.
2. Юринець З. В. Формування інноваційних стратегій: теорія, методологія, практика : монографія. Львів: Сполом, 2016. - 412 с.

НОВІТНІ МАТЕМАТИЧНІ ТА ПЕДАГОГІЧНІ ПІДХОДИ У ВИВЧЕННІ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

УДК 004.942:[3275

Байдик І. А. (студ., 3 курс)
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
Міжнародний науково-технічний Університет імені академіка Ю.Бугая

РОЗРОБЛЕННЯ ГРИ «МОРСЬКИЙ БІЙ» З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

З використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем (КОМСДН), у тому числі адаптованих формалізмів декларативних і процедурних знань в процесі розв'язування дослідницьких задач ґрунтовно розширилися можливості використання комп'ютера за рахунок неформалізованих раніше галузей знань [1]. Метою дослідницької роботи є апробування методів об'єктно-орієнтованого програмування з виокремленням станів у процесі створення класичного варіанту гри "Морський бій", що має користувацький інтерфейс, представлений у дослідженні.

У процесі проектування програми в частині користувацького інтерфейсу застосовувалася стандартна архітектура "Модель-Вид-Контролер" (Model-View-Controller). Одним із варіантів використання цієї схеми є реалізація ігрового поля. Клас, що представляє модель поля, реалізує внутрішню структуру: фізичні характеристики і стани комірок ігрового поля. Безперечно, клас "Демонстрація Ігрового Поля" (Field) для прописаної моделі визначає і реалізує всі функціональні особливості та деталі візуалізації. Необхідні зміни поточних станів відповідних полів вносяться з використанням автоматних класів [2].

На ігровому майданчику розміром 10 на 10 клітинок *Користувач* розміщує один корабель із чотирьох клітинок, два кораблі з трьох клітинок,

три кораблі з двох клітинок і чотири кораблі розміром в одну клітинку. При цьому корабель представлено у вигляді послідовності сусідніх клітин, що стоять вздовж однієї вертикалі або однієї горизонталі. Сусідні кораблі не мають спільних точок.

Суперником Користувача є Робот (Комп'ютер), який автоматично розставляє кораблі на своєму полі з урахуванням прописаних вище правил. Після розташування кораблів починається бій. Користувач і Робот здійснюють по чергові постріли. У разі влучання в корабель суперника учасник бою отримує можливість проведення позачергового пострілу. Гра закінчується у разі знищення одним з учасників усіх кораблів суперника. Основна ідея алгоритму добору роботом клітинки для удару досить проста. Спочатку обирається найдовша вертикальна або горизонтальна послідовність непрострілених клітинок, після чого з неї випадковим чином обирається клітинка для здійснення удару [3].

Class Game(object)

```
class Game(object):
```

```
    letters = ("A", "B", "C", "D", "E", "F", "G", "H", "I", "J")
```

```
    ships_rules = [1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 4]
```

```
    field_size = len(letters)
```

```
    def __init__(self):
```

```
        self.players = []
```

```
        self.current_player = None
```

```
        self.next_player = None
```

```
        self.status = 'prepare'
```

```
    # просто назви функцій, що входять в Game
```

```
    # функції з детальним описом можна знайти у повністю прописаному
```

кодi

```
    def start_game(self)
```

```
    def status_check(self)
```

```

def add_player(self, player)
def ships_setup(self, player)
def draw(self)
def switch_players(self)
def clear screen()

```

У класі Game прописуються літерні величини, що використовуються для відображення координат. Безперечно, у процесі програмування вони задаються виключно за допомогою координат [0] [4], [5] [1], однак гравець повинен бачити літери на полі, відповідно - здійснювати свої кроки з використанням буквенних позначень.

ships_rules - в цю змінну помістимо «правила» по кораблям, які кораблі гравець повинен виставити до початку бою;

field_size – величина поля. Зробимо залежність від величини переліку *letters*. Із урахуванням квадратної форми ігрового поля відповідна кількість літер співпадає із габаритами.

У процесі здійснення ігрових маніпуляцій гравці зберігаються у списку *players*. Змінні *current_player* і *next_player* посилаються на елементи списку *players*. Таким чином організовується звернення до поточного та наступного гравців. А наприкінці ходу змінюється значення зазначених змінних місць. У процесі формування концепції гри вирішено долучити змінну *status* з метою організації наочного переходу з одного стану в інший безпосередньо у процесі організації ігрового циклу. Передбачається використання наступних статусів: *prepare*, *in_game*, *game_over*.

```

Class Player(object)
class Player(object):
    def __init__(self, name, is_ai, skill):
        self.name = name
        self.is_ai = is_ai
        self.auto_ship_setup = True

```

```

self.skill = skill
self.message = []
self.ships = []
self.enemy_ships = []
self.field = None

# просто назви функцій, що входять до Player
# самі функції з детальним описом можна знайти у повному коді
def get_input(self, input_type)
def make_shot(self, target_player)
def receive_shot(self, shot)

```

Передбачено використання *name* – просто ім'я гравця; *is_ai* – наявність/відсутність гравця II, адже залежно від цього факту змінюється окрема логіка у процесі здійснення ходу; *auto_ship_setup* – автоматично розставляються кораблі для конкретного гравця, у тому числі можливий варіант використання ручного режиму керування. Передбачається використання «опції для нетерплячих» *skill* – відноситься до II до моменту пропущення опису; *ships* – наповнюється кораблями, які ще залишаються у гравця; *enemy ships* – конкретизуються кораблі, що залишилися у суперника - людина звичайно і сама може поразити, однак для II передбачається така необхідна функція; *field* – поле відповідного гравця. У процесі здійснення алгоритмізації і програмування гри «Морський бій» використовується *технологія об'єктно орієнтованого програмування з явним виокремленням станів* [4]. Передбачається спільне використання об'єктно-орієнтованого програмування та технології SWITCH [4]. Дослідницька робота містить відповідну документацію, що складається з діаграми класів, структурних схем класів, схем зв'язків і графів переходів автоматів, вихідного тексту програми та фрагментів протоколів [5].

Анотація. *ІТ-освіта є одним з інструментів підготовки фахівців майбутнього, здатних креативно мислити та створювати інноваційні програмні системи. Розглядається приклад програмної реалізації гри*

«Морський бій» з використанням технології об'єктно орієнтованого програмування з явним виокремленням станів і технології SWITCH як інструментів для забезпечення розвитку майбутнього інженера.

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

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. 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.

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ «ПЛАНУВАННЯ ПОДОРОЖЕЙ» З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

У процесі проектування програмної системи «Планування подорожей» передбачалося використання технології штучного інтелекту (AI) для забезпечення можливостей користувачам керування бронюванням, здійснення аналізу ефективності подорожей і створення планів поїздок з використанням централізованої платформи. Надійне і масштабоване рішення для користувачів, у тому числі туристичних агентств B2B, з використанням системи онлайн-бронювання та управління поїздками надає універсальну систему бек-офісу і відповідне програмне забезпечення, де пропонуються комплексні рішення для індустрії туризму та передбачається також додаткова опція для забезпечення спілкування з користувачами (наприклад, надсилаючи адресне запрошення), налаштовування параметрів туристичного агента, а також створення звітів щодо діяльності кожного клієнта [1]. Створення інтелектуальних роботів – науково-технічна проблема, для вирішення якої необхідне розроблення спеціалізованих ЕОМ і комплексу механічних та енергетичних систем (сенсорів, рушіїв і т.д.). Інтелектуальні роботи, як і всі системи штучного інтелекту, орієнтовані на знання [2]. Нижче наведено фрагмент програми:

```
<input type="text" class="form-control input-lg"  
g-places-autocomplete ng-model="destinationData"  
placeholder="Enter destination">  
<button ng-click="showDestination = !showDestination"  
class="btn btn-block btn-default btn-xs">destinationData</button>  
<pre ng-show="showDestination">{{ destination|json }}</pre>
```

```
<div id="map" style="height: 200px;"></div>
```

Нижче наведено фрагмент програми щодо формування пошукового запиту для використання рендеру:

```
$scope.destinationOptions = {  
  location : destination.geometry.location,  
  radius : 50000 };  
$scope.popularPoints = [];  
$scope.map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {  
  center : $scope.destinationOptions.location,  
  zoom : 5  
});  
var service = new google.maps.places.PlacesService($scope.map);  
var radarOptions = {  
  location : $scope.destinationOptions.location,  
  radius : $scope.destinationOptions.radius,  
  types : [ 'airport', 'library', 'museum', 'park', 'stadium', 'university', 'zoo' ]  
};  
service.radarSearch(radarOptions, function(points) {  
  points.slice(0, 8).forEach(function(point) {  
    service.getDetails({  
      placeId : point.place_id  
    }, function(details) {  
      $scope.popularPoints.push(details);  
    });  
  });  
  $scope.$digest();  
});
```

В основу науково-технічного прогресу покладено стрімкий ріст знань, що перевищує експоненціальний. Проблеми, які вирішуються завдяки

виваженому використанню КОМСДН, численні і ґрунтовні: від теоретичних основ проектування архітектури ЕОМ та їх елементної бази до опрацювання даних в процесі планування, управління, проектування [3]. Опрацювання даних з використанням програмної системи «Планування подорожей» тісно пов'язане з математичним моделюванням, прийняттям рішень, оптимізацією, дослідженням операцій, системним аналізом.

Анотація. У дослідницькій роботі здійснено ґрунтовний аналіз існуючих програм щодо планування подорожей, опрацьовано методику проектування десктоп-додатків і розроблено програмну систему. Планується розроблення додаткової програмної системи для здійснення планування подорожей із використанням технологій штучного інтелекту.

Ключові слова: планування подорожей, штучний інтелект, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, нейронні моделі, об'єктно орієнтоване програмування, КОМСДН.

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 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.
3. 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.

СУЧАСНІ ОПТИМІЗАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ «ЛІН» І «6 СИГМ» ТА ЇХ ВІДМІННОСТІ

Глобалізація, посилення конкуренції на міжнародних та національних ринках, зміни до законодавства держав змушують компанії постійно шукати шляхи підвищення ефективності своєї роботи. Для реалізації цього завдання організації стали впроваджувати програми інноваційних перетворень, це програми Lean і Six Sigma [1; 2; 3].

"Lean" ("Лін") - методологія "бережливого виробництва", спрямована на збільшення продуктивності і постійне поліпшення процесу виробництва.

«Six Sigma» («Шість Сігм») - методологія поліпшення результативності процесу виробництва та якості продукції.

Одночасне використання цих технологій, як повідомляють джерела інформації, дозволить забезпечити економію часу (шляхом скорочення часу на виконання трудових процесів), покращити продуктивність праці, скоротити кількість помилок, зменшити напруженість праці та водночас збільшити обсяг виконуваної роботи.

Концепція "Лін", концепція «бережливого виробництва», приділяє першочергову увагу збільшенню швидкості процесу [1]. Батьком засновником «Лін» вважається Таїчі Оно (Taiichi Ohno) – родоначальник виробничої системи Тойоти (TPS) [2]. Концепція «Лін» спрямовано на використання мінімальної кількості ресурсів, постачання високоякісних товарів чи послуг із мінімальними витратами.

Основна мета концепції "Лін" - підвищення швидкості процесу за рахунок скорочення семи видів втрат:

1) надмірна обробка при виробництві продукції або послуги, що не додає цінності;

- 2) багаторазові чи непотрібні переміщення;
- 3) зайві переміщення персоналу;
- 4) переробка або повторне виконання вже зробленої роботи;
- 5) надлишкові товароматеріальні цінності чи незавершена робота;
- 6) простий процесу, його затримки в часі;
- 7) створення чогось у кількості, що перевищує необхідне.

За допомогою інструментів «Лін» аналізується потік процесу та часу затримок у ході кожної окремої операції, виявляються етапи, що додають і не додають цінність, що допомагає позбутися зайвих операцій та пов'язаних із ними витрат. Мінімізація зайвої складності процесу та його стандартизація допомагають домогтися економії ресурсів та усунути можливу появу дефектів.

Поліпшення процесів у концепції "Лін" складається з таких ключових стадій:

1. Визначення цінності процесів виробництва. Доведено, що у більшості 90 % процесів неефективно використовують ресурси.
2. Аналіз потоку створення цінності. Концепція «Лін» спрямована на виявлення та усунення втрат виробництва таким чином, щоб позбавитися елементів, що створюють втрати, а не покращувати їх.
3. Організація системи постачання. Система постачання така, що швидкість подачі ресурсу дорівнює пропускну́ї спроможності процесу.
4. Організація потоку матеріалів, інформації, послуги споживача. Усунення втрат, скорочення часу простою, забезпечити безперервність потоку та мінімізувати етапи, на яких не створюються цінності.
5. Доведення до досконалості. Процес безперервного вдосконалення досягається за рахунок стандартизації і безперервних поліпшень.

Другий підхід до оптимізації діяльності закладено у концепції «Шість Сігм» [3]. Система «Шість Сігм» наголошує на усуненні дефектів з метою підвищення якості продукції.

Кожна концепція має переваги.

Переваги технології «Лін»:

- головний фокус зосереджено на втратах;
- мета – у створенні цінності у процесі створення продукції;
- швидкий результат та спрямованість на безперервні покращення;
- облік зв'язку між скороченням незавершеного виробництва та часом циклу.

Переваги «Шість Сігм»:

- фокус на варіативності та дефектах, причому дефектом визнається все, що не відповідає вимогам клієнта;
- обов'язкове економічне чи кількісне обґрунтування перед початком покращення;
- націленість на проривні поліпшення та серйозні зміни у процесах.

Технології «Лін» та «Шість Сігм» є взаємодоповнювальними елементами: впровадження інструментів «Лін» та «Шість Сігм» у підході «DMAIC» дає можливість націлити проект одночасно на усунення втрат та варіативності. Безумовно, може статися і зворотне: наявність втрат і відсутність безперервного процесу можуть змусити усувати варіації та дефекти в процесі, який не додає жодної цінності.

У сучасних умовах робота у багатьох вітчизняних компаніях є високоінтенсивною, відповідальною діяльністю, що вимагає від співробітників високої концентрації та виконання великих обсягів трудових завдань. У зв'язку з цим використовується ненормований робочий день, переробки. Подібна інтенсифікація праці стимулює кризу праці. Він виявляється у втраті позитивного сприйняття трудової діяльності, сенсотворчої функції праці, масовому відчутті невизначеності та організаційної тривоги.

Автори публікацій загострюють увагу на тому, що використання технологій «Лін» та «Шість Сігм», насамперед, дозволить покращити існуючі системи організації праці:

- за рахунок «Лін» буде забезпечено економію часу (за допомогою скорочення різних втрат), скорочено кількість помилок, зменшено напруженість праці, усунуто безглузді елементи діяльності;
- «Шість Сігм» дозволить покращити якість діяльності працівників, реалізувати проривні покращення та серйозні зміни у їхній трудовій діяльності.

Література

1. Вейдер М. Інструменти ощадливого виробництва. Міні-посібник із впровадження методик ощадливого виробництва. – Альпіна Бізнес Букс, 2012. – 125 с.
2. Воно Т. Виробнича система Тойоти: уникаючи масового виробництва. – ІКСІ, 2012. – 192 с.
3. Пенді П. С., Ньюмен Р. П., КевенегР. Р. Курс на Шість Сігм. Як General Electric, Motorola та інші провідні компанії світу удосконалюють свою майстерність. - Лорі, 2002. 400 с.

Бузинарський К. Є. (викладач)
Науковий керівник - доц. Рашевська Н. В.
Комунальний заклад освіти «Криворізький ліцей «КОЛІЯ»»

ВИКОРИСТАННЯ ОНЛАЙН-СЕРВІСУ TINKERCAD У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ СТЕРЕОМЕТРІЇ УЧНЯМИ СТАРШИХ КЛАСІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

В реаліях теперішнього часу учень старшої школи закладу загальної середньої освіти вимушений вибудовувати процес навчання таким чином, щоб максимально використовувати час, відведений на організацію процесу навчання.

Ще на початку 21 століття змінилася парадигма навчання: від знаннєвої до компетентнісно-орієнтованої, побудованої на умінні самостійно здобувати знання та правильно їх використовувати в повсякденному житті.

Кожен випускник закладу середньої освіти повинен уміти вибудовувати персональну траєкторію навчання, в основі якої покладено гармонійно виважене використання різноманітних інформаційно-комунікаційних технологій.

Відомо, що використання інформаційно-комунікаційних технологій у процесі навчання надає можливість *учневі*:

- навчатися у власному темпі, відповідно до його психоемоційного типу;
- обирати «кращого вчителя, близького до психотипу учня» для пояснення навчального матеріалу;
- проходити перевірку отриманих знань за допомогою різноманітних тестових систем, розміщених в мережі Інтернет у вільному доступі;
- використовувати різноманітні експертні системи для самостійного опрацювання навчального матеріалу, через процес навчання на власних помилках;
- обирати засоби, технології та застосунки для візуалізації навчального матеріалу.

Одним із необхідних і складних предметів шкільного курсу є предмети математичного циклу, самостійне опрацювання яких є досить важким. Тому включення до процесу навчання математичних дисциплін різноманітних програм, що надають можливість візуалізувати навчальний матеріал та покращити його сприйняття є одним із ключових факторів організації навчання в моделі змішаного навчання.

Одним із перспективних напрямів в організації процесу навчання математичних дисциплін є проектна та дослідницька діяльність, яка сприяє не тільки набуттю нових знань, а створює умови для інтелектуального розвитку учня, його самореалізації та, можливо, вибору в подальшому майбутньої професії. В системі шкільної освіти реалізація такого напрямку можлива з використанням такої педагогічної технології як STEM – що надає можливість створювати навчальне середовище, адаптоване під учня.

Так при вивченні предметів математичного циклу в навчальному закладі Комунальний заклад освіти «Криворізький ліцей «КОЛІЯ»» використовують різноманітні інформаційно-комунікаційні технології

навчання, які показують міжпредметні зв'язки, створюють умови для проектування та дослідження, відкривають світ науки, поглиблюють знання з предметів. Одним із засобів, що може бути використаний при вивченні природничо-математичних дисциплін є засіб **Tinkercad** (<https://www.tinkercad.com/>).

Tinkercad є безкоштовною онлайн-платформою для створення 3D моделей та можливістю їх одночасного використання у процесі навчання як онлайн так і під час аудиторного навчання. Програма є не новою (2011 рік), але не є досить поширеною в закладах середньої освіти, незважаючи на орієнтацію до STEM-освіти.

Дана програма надає можливість створювати 3D моделі, зберігати їх в банку моделей, надавати доступ до створеної моделі іншим учасникам процесу навчання, отримувати доступ до моделей, створених іншими учасниками. Треба зазначити, що використання даної програми надає можливість створювати інтегровані курси з предметів природничо-математичного циклу, оскільки містить такі складові як моделювання геометричних фігур та тіл; технологічну складову (фізика, технології) та програмування (рис. 1).

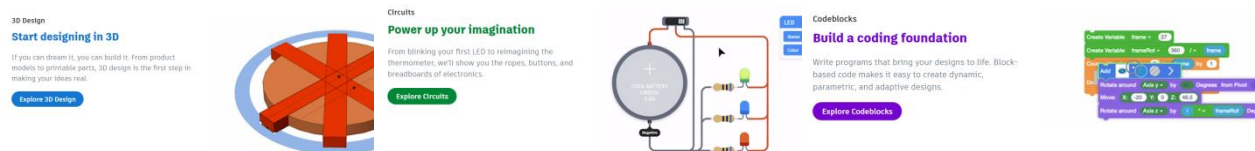


Рисунок 1 - Панель доступу до інструментів Tinkercad

Після реєстрації на онлайн-сервісі вчитель отримує можливість створювати класи, створювати проекти та надавати доступи до своїх проектів (рис. 2).

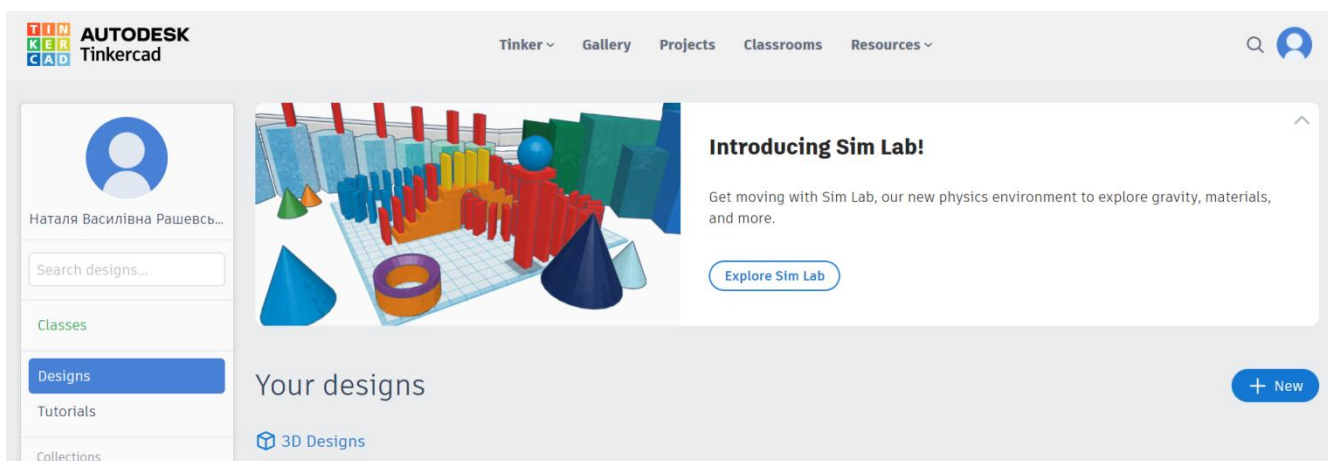


Рисунок 2 - Інтерфейс головного екрану програми Tinkercad

Розглянемо можливість роботи над проектами в 10 класі при вивченні стереометрії. Однією із тем курсу геометрії в 10-му класі є ознайомлення з геометричними тілами. Під час навчання за змішаною формою вчителю важко пояснити дітям без візуалізації поняття геометричного тіла, його вид та основні елементи. Тому доцільним буде самостійне виконання проектів учнями для розуміння основних понять і можливостю визначити особливості кожного геометричного тіла, що розглядаються. Для цього достатньо обрати інструменти 3D із запропонованою робочою площиною та набором відповідних інструментів (рис. 3).

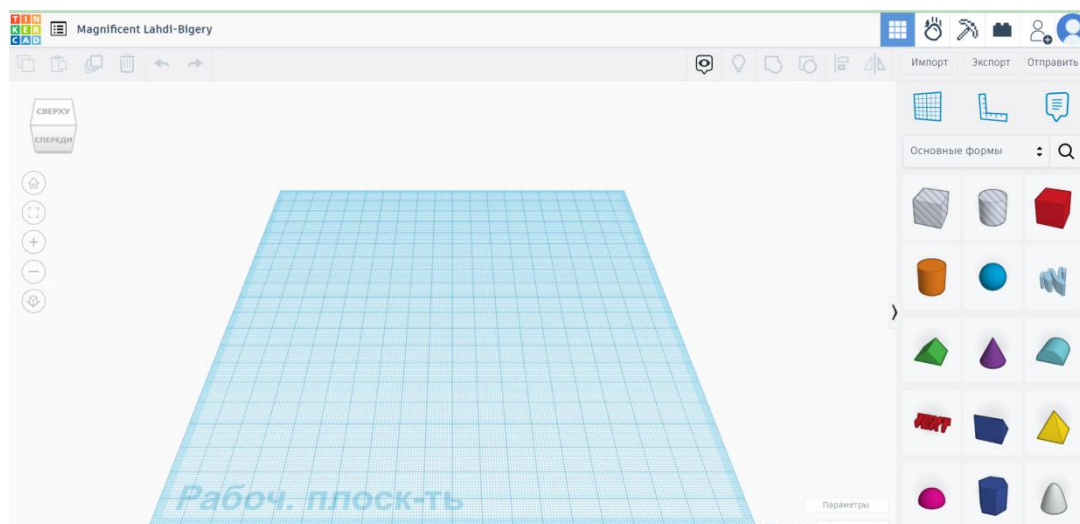


Рисунок 3 - Робоча панель для 3D-моделювання

Зліва на панелі з'являться запропоновані геометричні тіла, які можна побудувати та провести дослідження: змінити кількість вершин многокутника для призми та піраміди, що лежать в їх основі; змінювати сторони многокутника основи та висоту, повертати ці тіла та мати можливість розглянути їх з різних боків (рис. 4).

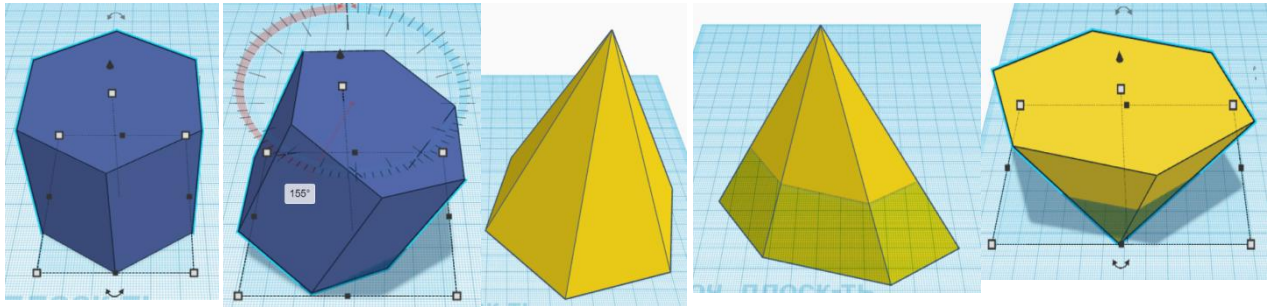


Рисунок 4 - Робота з дослідження многогранників

Незважаючи на простоту описаного прикладу роботи платформи, треба зазначити, що використання її в процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу є набагато складнішим і багатогранним. Але і самостійна робота з дослідження многогранників надає можливість учням свідомо підходити як до побудови многогранників, так і розумінні їх елементів. Проводити незначні дослідження, що сприяють розвитку критичного мислення та вмінню аналізувати результати своєї роботи.

Вальчук В. В. (магістрант, 1 курс),
Щур В. В. (магістрант, 1 курс),
Стахурський В. В. (магістрант, 1 курс)
Науковий керівник – доц. Рудик О. Ю.

Хмельницький національний університет (Хмельницький, Україна)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИСТОСУВАНЬ Й ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТУ

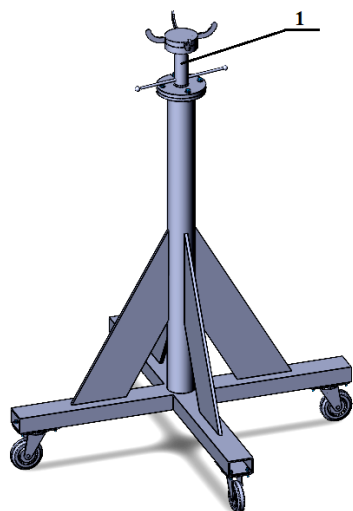
Одним з найважливіших напрямків підготовки випускника технічного вузу є математичне моделювання деталей пристосувань й засобів механізації для автотранспорту. Як базову систему для проектування з наступними розрахунками використано середовище автоматизованого проектування та аналізу SolidWorks (SW) [1].

Додаток SW – SW Simulation є простим у використанні інструментом аналізу напружень. Його інтерфейс містить елементи повного моделювання, які забезпечують налаштування, обмеження та дозволяють переглядати результати моделювання і проводити оптимізацію параметрів деталі [2].

Точність результатів залежить від властивостей матеріалу, кріплень, навантажень. Щоб отримати надійні результати, призначені властивості матеріалу повинні точно представляти матеріал деталі, а обмеження та навантаження – її умови експлуатації.

Потужний математичний засіб комп'ютерного моделювання – метод скінченних елементів – дозволяє з максимальною точністю моделювати складні геометричні форми та перебіг технологічних процесів [3].

Так, мета дослідження [4]: для трансмісійної стійки, призначеної для підйому й переміщення вантажів при монтажі й демонтажі вузлів та агрегатів з автомобілів (рис. 1, а), визначити можливу втрату стійкості гвинта (рис. 1, б). Аналіз результатів моделювання: запас міцності складає $n = 32,571$, тобто втрати стійкості не відбувається.



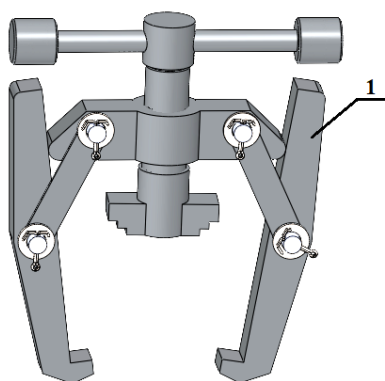
а



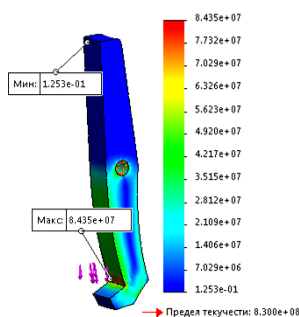
б

Рисунок 1 – Трансмісійна стійка (а) іскінченно-елементна сітка моделі гвинта (б)

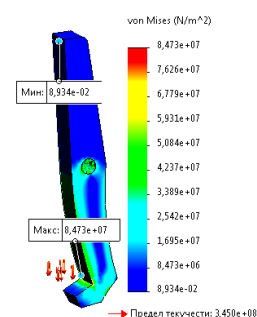
Метою роботи [5] ставилось можливість заміни матеріалу однієї з найбільш навантаженої деталі знімача підшипників [6] (рис. 2, а) – скоби (сталь 45 на сталь 10). В результаті повторного розрахунку встановлено, що з точки зору забезпечення експлуатаційних характеристик для виготовлення скоби заміна її матеріалу є можливою (рис. 2, б, в).



а



б



в

Рисунок 2 – Знімач підшипників (а – скоба) і контурні графіки сумарних напружень von Mises для скоби, виготовленої зі сталі 45 (б) і сталі 10 (в)

Використання SolidWorks для підготовки спеціалістів розглянуто на прикладі розрахунку стенду для ремонту двигунів (рис. 3, а). На ньому

закріплюється силовий агрегат після виймання з моторного відсіку автомобіля, що спрощує процес його очищення, огляду, розбирання, дефектування й проведення ремонту. Також на стенді проводиться подальше складання силової установки й транспортування у випадку такої необхідності [7].

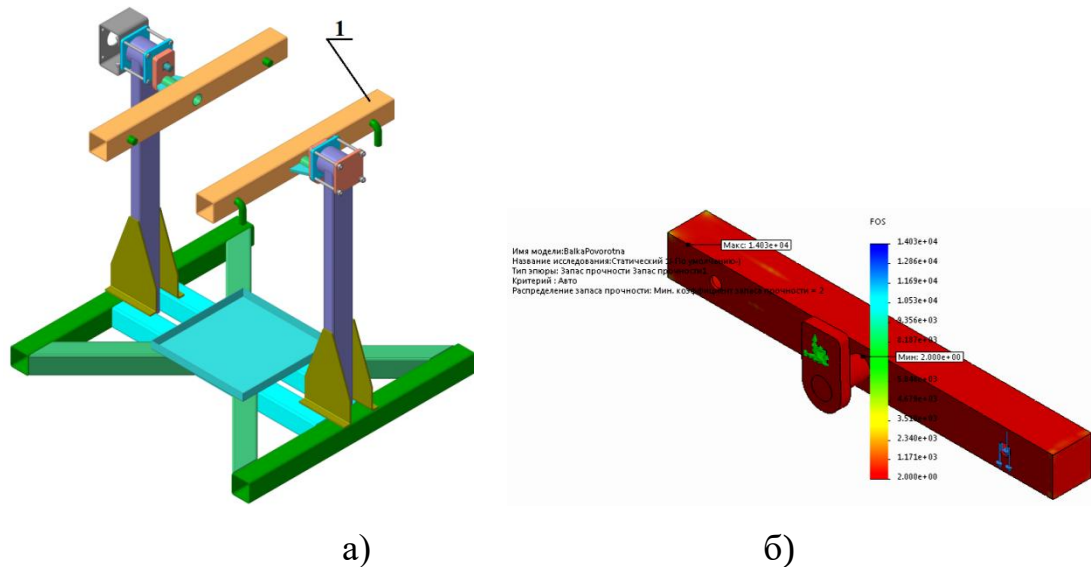


Рисунок 3 – Стенд для ремонту двигунів (а: 1 – поворотна балка) і запас міцності моделі поворотної балки (б)

При статичному розрахунку поворотної балки визначалось, яке максимальне навантаження вона витримає у випадку порушення техніки безпеки при експлуатації стенду (встановлення двигуна з перекосом на один з кінців поворотної балки) при запланованому коефіцієнті запасу міцності $n = 2$ [7]: поворотна балка витримає навантаження у 1965 Н. Це регламентує вагу двигунів, які планується знімати з автомобіля.

Таким чином, математичне моделювання деталей пристосувань й засобів механізації для автотранспорту доцільно проводити з використанням SW: на етапі побудови 3D-моделі використати SW; потім, перейшовши до реальної конструкції, застосувати SW Simulation.

Анотація. Застосовано математичний засіб комп'ютерного моделювання (метод скінченних елементів) для проектування й

дослідження гвинта трансмісійної стійки, скоби знімача підшипників, поворотної балки стенду для ремонту двигунів.

Ключові слова: *SolidWorks Simulation, метод скінченних елементів, гвинт трансмісійної стійки, скоба знімача підшипників, поворотна балка стенду для ремонту двигунів.*

Abstract. *The mathematical tool of computer modeling (finite element method) was applied for the design and research of the screw of the transmission rack, the bracket of the bearing puller, the rotary beam of the engine repair stand.*

Keywords: *SolidWorks Simulation, finite element method, transmission rack screw, bearing puller bracket, swing beam of engine repair stand.*

Література

1. Рудик О. Застосування SolidWorks для підготовки висококваліфікованих фахівців [Електронний ресурс] / О. Рудик, П. Каплун, В. Гончар. – Режим доступу: <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/APSE/issue/view/879>
2. Rudyk O. Yu. Optimization of the steering bipod of the vehicle / O. Yu. Rudyk, V. V. Gerega, N. R. Tymchenko // Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 7th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. 2020. – Pp. 187-192. – URL: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8857>
3. Боярин А. С. Застосування методу скінченних елементів для заміни матеріалів деталей автомобільної техніки / А. С. Боярин, Л. В. Боровик, О. Ю. Рудик // Класичні та прикладні проблеми у наукових дослідженнях здобувачів вищої освіти і молодих вчених: історичний та сучасний аспекти: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. – Харків: ХНАДУ. – 2020. – С. 98-100. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/9303>
4. Рудик О. Ю. SolidWorks – CAD/CAE-система технічних вузів / О. Ю. Рудик, П. В. Каплун // Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. – Kharkiv, Ukraine, 2020. – Pp. 249-253. – URL: <http://sci-conf.com.ua/iimezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-science-society-education-topical-issues-and-development-prospects-20-21-yanvary-2020-goda-harkov-ukraina-arhiv/>
5. Потапська Н. М. Використання SolidWorks Simulation для аналізу напруженого стану деталей / Н. М. Потапська, В. В. Сторожук, О. Ю. Рудик // Класичні та прикладні аспекти спадкоємної математичної підготовки у ЗВО : історичний та сучасний погляд молодих вчених і здобувачів вищої освіти : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. – Харків: ХНАДУ. – 2021. – С. 172-175. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/10284>
6. Колісник В. В. Дослідження працездатності знімача підшипників / В. В. Колісник, Р. В. Рачок, О. Ю. Рудик // Сучасні та історичні проблеми фундаментальної та прикладної математичної підготовки у закладах вищої освіти: погляд здобувачів вищої освіти і молодих вчених. – Харків: ХНАДУ. – 2019. – С. 173-177. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8401>
7. Загоруйко М. В. Використання CAD/CAE-систем для підготовки спеціалістів / М. В. Загоруйко, Л. В. Боровик, О. Ю. Рудик // Сучасні та історичні проблеми фундаментальної та прикладної математичної підготовки у закладах вищої освіти: погляд здобувачів вищої освіти і молодих вчених. – Харків: ХНАДУ, 2019. – С. 97-100. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8400>

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ У ЛОГІСТИЦІ

Автором перших наукових праць з логістики прийнято вважати французького військового фахівця А. Джоміні (1779–1869 рр.), який визначив логістику як "практичне керівництво пересування військами", і вперше в 1812 р. застосував цю науку на практиці при плануванні забезпечення армії Наполеона боєприпасами, продуктами харчуванням та ін. Остаточне ж формування логістики як наукового напрямку у сфері військової справи відносять до середини ХІХ ст. Хоча логістика довгий час вважалася військовим терміном, його застосування в цивільній сфері розпочалося вже у 60-ті роки ХХ ст.

На сьогодні у закордонній і вітчизняній літературі немає єдиного визначення логістики. Найбільш прийнятним, як на нашу думку, є визначення Є.В. Крикавського: "Наука про оптимальне управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками в економічних адаптивних системах із синергічними зв'язками" [1]. Логістика є системою ефективних технологій забезпечення процесу управління ресурсами, тому потребує компетенцій в галузі математичного моделювання процесів, що відбуваються у логістичних системах, а також володіння відповідними математичними методами дослідження побудованих моделей. Логістика виконує складні задачі: аналізує ринки, потреби споживачів, планує більш вигідні варіанти, закріплює відносини між отримувачем та постачальником. Логісти виконують важливу справу у новітньому світі, оскільки важливо отримати потрібну продукцію якомога швидше. Особливо в сучасних реаліях, коли захисники боронять нашу країну, дуже потрібно вчасно доставити військову техніку, обладнання, харчування тощо.

До задач логістики, які вирішуються математичним моделюванням відносяться:

- проведення розрахунків логістичних операцій;
- проектування ланцюгів поставок та логістичних систем в цілому;
- управління логістичними системами та процесами переміщення матеріальних потоків;
- прогнозування явищ, які стосуються функціонування логістичних систем в різних умовах ринку і т.д.

Для вирішення перерахованих задач та прийняття управлінського рішення у сфері логістичної діяльності компанії, нам потрібно створити математичну модель логістичного процесу, після чого використовуючи необхідний математичний метод знайти відповідь, необхідну для прийняття управлінського рішення..

За допомогою математичних методів можливо оптимізувати процеси поставок, зберігати та розподіляти послуги і товари (рис.1).



Рисунок 1 - Процеси поставок, зберігання та розподілу послуг і товарів

Основні математичні методи, які використовують в логістиці:

- Лінійне програмування
- Матричний метод
- Система моделювання
- Теорія інвентаризації
- Програмування

Лінійне програмування.

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2, \\ \dots \\ a_{k1}x_1 + a_{k2}x_2 + \dots + a_{kn}x_n \leq b_k, \\ a_{k+1,1}x_1 + a_{k+1,2}x_2 + \dots + a_{k+1,n}x_n = b_{k+1}, \\ a_{k+2,1}x_1 + a_{k+2,2}x_2 + \dots + a_{k+2,n}x_n = b_{k+2}, \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases}$$

Суть методу полягає у використанні математичних форм при вирішенні задач, отримуємо усі невідомі у першому ступені. Особливістю є те, що екстремум цільова функція досягає межі області допустимих рішень.

Завдання лінійного програмування:

- Складання раціонального транспортного маршруту
- Вирішення оптимального розміщення та концентрації виробництва
- Визначення раціонального використання продукцією
- Управління запасами

Матричний метод.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$$

Матричні форми широко використовуються на різних етапах логістичних процесів.

Матриця – наочна форма представлення даних, яка розкриває внутрішні зв'язки між елементами. Вона допомагає краще проаналізувати структуру в місцях, де вона важко спостерігається.

Система моделювання.

Моделювання використовують для зображення та вивчення сценаріїв розвитку подій (прогнозування попиту, оцінка ризиків тощо), для оптимізації процесів виробництва, управління персоналом.

Математичне моделювання – процес, під час якого встановлюють подібність реальному, існуючому математичному об'єкту. Математична модель – віртуальне відображення реальності за допомогою математичних символів. У логістиці використовують аналітичне та імітаційне моделювання.

Теорія інвентаризації.

Під час інвентаризації працівнику слід визначити кількість товару та площу складу. У цьому також допомагають математичні розрахунки.

Сама теорія допомагає в оптимізації запасів продукції та в процесі транспортування, зменшенні витрат та забезпеченні необхідної кількості товару.

Програмування.

Програмування – застосування математичних методів для складання планів. Воно поділяється на: динамічне та стохастичне.

Динамічне програмування пов'язане з процесами, які піддаються впливу часу, внутрішніх та зовнішніх чинників. Воно є більш складним, оскільки на кожному кроці виготовляється вибір.

Стохастичне програмування розв'язує задачі в умовах ризику.

Математичні методи виконують важливі функції в логістиці. Вони допомагають в оптимізації логістичних процесів, дозволяють ефективно керувати ними, знижують витрати. Кожен з цих методів має свої особливості застосування, немає універсального методу, що підходить для вирішення будь якої задачі, кожний раз необхідно вивчати реальний процес щодо якого необхідно прийняття управлінського рішення, вивчати доступні дані, аналізувати їх природу обираючи найкращий метод для отримання відповіді. Ефективне застосування математичних методів та моделей у

логістиці потребує ґрунтового знання не лише самих методів та принципів побудови моделей як таких, а і особливостей конкретного підприємства, щодо логістики якого необхідне прийняття управлінського рішення.

Література

1. Крикавський Є.В. Логістика. Основи теорії: Підруч. для ВНЗ / Нац. ун-т "Львівська політехніка", Л.: Інтелект-Захід, 2004. – 414 с.
2. Економіко-математичні методи в логістиці. Навч. посіб. / Л.В. Савченко, М.Ю. Григорак. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2016. – 284 с.

Коплик Д. В. (студ., 2 курс),

Негаєва Г. В. (студ., 2 курс)

Науковий керівник - проф. Ярхо Т. О.

Харківський національний автомобільно-дорожний університет

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАДАЧ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ЗА ЕКОНОМІЧНИМ КОНТЕНТОМ

Сучасний рівень розвитку науки вимагає якісної математичної підготовки майбутніх фахівців економічного профілю у закладах вищої освіти.. Ця підготовка має включати формування здатностей виявлення найкращого (оптимального) способу дій при вирішенні будь-якої проблеми організаційного управління, в умовах, коли мають місце обмеження техніко-економічного або іншого характеру. Зазначені здатності формуються в процесі вивчення *дослідження операцій*.

Одним із ключових розділів цієї науки є *математичне програмування*, зміст якого становлять теорія і методи розв’язання задач оптимізації, тобто задач про знаходження екстремумів функцій на множинах, що визначаються лінійними і нелінійними обмеженнями (у вигляді рівностей і нерівностей). *Лінійне програмування* – це планування на основі *лінійних* співвідношень. *Задачі лінійного* програмування – це задачі оптимізації з *лінійною* цільовою функцією на множинах, що задаються системами *лінійних* рівнянь і нерівностей.

Методи і моделі лінійного програмування широко використовуються при оптимізації процесів у різних господарчих галузях: при визначенні оптимального асортименту продукції, що випускається, при плануванні вантажопотоків, при визначенні оптимального завантаження обладнання тощо.

У даній роботі пропонується класифікація певної множини задач лінійного програмування за їхнім економічним контентом та приклади побудови математичних моделей відповідних змістовних задач.

1. Задача планування виробництва.

Однією з найбільш розповсюджених задач даної групи є задача про максимізацію доходу від реалізації продукції, що випускається з наявних обмежених запасів сировини. Сюди ж можна віднести задачу досягнення максимального прибутку підприємства від реалізації різних видів продукції, виготовленої з використанням різних типів обладнання, при наявних обмеженнях загального фонду робочого часу. Розглянемо

Приклад 1. Для виготовлення трьох видів виробів А, В і С використовується токарне, фрезерне, зварювальне і шліфувальне обладнання. Затрати часу на обробку одного виробу для кожного з типів обладнання вказані в таблиці 1. У ній же вказаний загальний фонд робочого часу кожного із типів використовуваного обладнання, а також прибуток від реалізації одного виробу кожного виду.

Таблиця 1

Тип обладнання	Затрати часу на обробку одного виробу виду, год			Загальний фонд робочого часу обладнання, год
	А	В	С	
Фрезерне	2	4	5	120
Токарне	1	8	6	280

Зварювальне	7	4	5	240
Шліфувальне	4	6	7	360
Прибуток, грн	10	14	12	

Треба визначити, скільки виробів і якого виду потрібно виготовити підприємству, щоб прибуток від їхньої реалізації був максимальним. Скласти математичну модель задачі.

Розв’язання. Припустимо, що буде виготовлено x_1 одиниць виробів виду A , x_2 одиниць – виду B і x_3 одиниць – виду C . Тоді для виробництва такої кількості виробів потрібно затратити $2x_1 + 4x_2 + 5x_3$ годин фрезерного обладнання.

Оскільки загальний фонд робочого часу верстатів даного типу не може перевищувати 120 годин, то має виконуватися нерівність

$$2x_1 + 4x_2 + 5x_3 \leq 120.$$

Аналогічні міркування відносно можливого використання токарного, зварювального і шліфувального обладнання призведуть до таких нерівностей:

$$x_1 + 8x_2 + 6x_3 \leq 280,$$

$$7x_1 + 4x_2 + 5x_3 \leq 240,$$

$$4x_1 + 6x_2 + 7x_3 \leq 360.$$

При цьому через те, що кількість виробів, які виготовляються, не може бути від’ємною, то

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0.$$

Далі, якщо буде виготовлено x_1 одиниць виробів виду A , x_2 одиниць виробів виду B і x_3 одиниць виробів виду C , то прибуток від їхньої реалізації складе $F = 10x_1 + 14x_2 + 12x_3$ грн..

Таким чином, приходимо до наступної математичної моделі задачі.

Математична модель.

Визначити план випуску продукції

$$X = (x_1, x_2, x_3),$$

при якому

$$F = 10x_1 + 14x_2 + 12x_3 \rightarrow \max,$$

якщо

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 + 5x_3 \leq 120, \\ x_1 + 8x_2 + 6x_3 \leq 280, \\ 7x_1 + 4x_2 + 5x_3 \leq 240, \\ 4x_1 + 6x_2 + 7x_3 \leq 360 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0. \end{cases}$$

2. Задача про оптимальний склад суміші

Задача визначення оптимального складу сумішей виникає тоді, коли з наявних видів сировини потрібно отримати шляхом змішування новий вид сировини із заданими характеристиками. При цьому вартість такої суміші має бути мінімальною. До даної групи задач відносять задачі вибору дієти, складання кормового раціону в тваринництві, створення та отримання різних сумішей пального, сумішей і сплавів у будівництві, металургії тощо. Розглянемо

Приклад 2. Стандартом передбачається, що октанове число бензину А-76 має бути не нижче за 76, а вміст сірки не більш як 0,3 %. Для виготовлення такого бензину на заводі використовується суміш чотирьох компонентів. Дані про ресурси компонентів, що змішуються, їхні октанові числа, вміст сірки та собівартості наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Характеристики	Компоненти бензину			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Октанове число	68	72	80	90
Вміст сірки, %	0,35	0,35	0,30	0,20

Ресурс, т	700	600	500	300
Собівартість грош. од./т	40	45	60	90

Необхідно визначити, скільки тон кожного компоненту потрібно використати для того, щоб мати 1000 т бензину А-76 з мінімальною собівартістю.

Розв’язання. Позначимо x_j – кількість тон j -го компоненту в суміші ($j = \overline{1,4}$).

Загальна маса утвореної суміші 1000 т, отже

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1000.$$

Використання кожного компоненту має не перевищувати його наявного ресурсу:

$$x_1 \leq 700$$

$$x_2 \leq 600$$

$$x_3 \leq 500$$

$$x_4 \leq 300.$$

Запишемо обмеження, що забезпечує потрібне значення октанового числа в суміші. (Октанове число відображає відсотковий зміст ізооктану в суміші, що характеризує допустимий ступінь її стиснення).

$$68x_1 + 72x_2 + 80x_3 + 90x_4 \geq 76 \cdot 1000.$$

За умовою, вміст сірки у суміші має не перевищувати 0,3 %, отже

$$0,35x_1 + 0,35x_2 + 0,3x_3 + 0,2x_4 \leq 0,3 \cdot 1000.$$

Собівартість суміші має вигляд

$$F = 40x_1 + 45x_2 + 60x_3 + 90x_4.$$

Отже, наводимо математичну модель задачі.

Математична модель.

Знайти такий план $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$, за якого

$$F = 40x_1 + 45x_2 + 60x_3 + 90x_4 \rightarrow \min,$$

якщо

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1000 \\ 68x_1 + 72x_2 + 80x_3 + 90x_4 \geq 76 \cdot 1000 \\ 0,35x_1 + 0,35x_2 + 0,3x_3 + 0,2x_4 \leq 0,3 \cdot 1000 \\ x_1 \leq 700 \\ x_2 \leq 600 \\ x_3 \leq 500 \\ x_4 \leq 300 \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0. \end{cases}$$

3. Задача про оптимальний план перевезень

Цю задачу часто називають транспортною. У простішому варіанті транспортна задача виникає при необхідності найбільш раціонального перевезення деякого однорідного вантажу. При цьому споживачам байдуже, з яких пунктів він надходить, важливо, щоб був задоволений попит, а кожен постачальник має можливість постачати вантаж будь-якому споживачу. Зворотні перевезення не передбачаються.

Приклад 3. Чотири підприємства даного економічного району для виробництва продукції використовують три види сировини. Потреби в сировині кожного з підприємств, відповідно, дорівнюють 120, 50, 190 та 110 одиниць. Сировину зосереджено в трьох місцях її отримання, а запаси, відповідно, дорівнюють 160, 140, 170 од. На кожне з підприємств сировина може завозитися з будь-якого пункту її отримання. Тарифи перевезень є відомими величинами, що задаються матрицею

$$C = \begin{pmatrix} 7 & 8 & 12 \\ 4 & 5 & 9 & 8 \\ 9 & 2 & 3 & 6 \end{pmatrix}.$$

Скласти такий план перевезень, за якого загальна вартість перевезень буде мінімальною.

Розв'язання.

Запишемо дані задачі у вигляді таблиці.

Таблиця 3

Пункти отримання сировини	Підприємства				Запаси, од.
	B_1	B_2	B_3	B_4	
A_1	7	8	1	2	160
A_2	4	5	9	8	140
A_3	9	2	3	6	170
Потреби	120	50	190	110	470

Нехай A_1, A_2, A_3 – пункти, в яких отримано сировину та зосереджено її запаси. Кількість одиниць запасів для одного з пунктів A_i ($i = \overline{1,3}$) указано в останньому стовпці таблиці.

Нехай B_1, B_2, B_3, B_4 – підприємства, що використовують сировину для виробництва продукції. Потреби в сировині кожного з підприємств B_j ($j = \overline{1,4}$) вказано в останньому рядку таблиці.

На перехресті i -го рядка і j -го стовпця таблиці (в клітині $A_i B_j$) указано відповідний тариф: елемент C_{ij} матриці C – вартість перевезення одиниці сировини з i -го пункту її отримання на j -е підприємство.

Позначимо x_{ij} – кількість одиниць сировини, що перевозиться з пункту A_i в пункт B_j .

Умови доставки і вивозу необхідної сировини, що є у запасі, забезпечуються за рахунок виконання наступних рівнянь:

$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 160$ – умова вивозу всього запасу сировини з пункту A_1

$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 140$ – умова вивозу всього запасу сировини з пункту A_2

$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 170$ – умова вивозу всього запасу сировини з пункту A_3

$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 120$ – умова задоволення всіх потреб підприємства B_1

$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 50$ – умова задоволення всіх потреб підприємства B_2

$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 190$ – умова задоволення всіх потреб підприємства B_3

$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 110$ – умова задоволення всіх потреб підприємства B_4 .

При плані перевезень $X = (x_{ij})(i = \overline{1,3}; j = \overline{1,4})$ загальна вартість перевезень складе

$$F = 7x_{11} + 8x_{12} + x_{13} + 2x_{14} + 4x_{21} + 5x_{22} + 9x_{23} + 8x_{24} + 9x_{31} + 2x_{32} + 3x_{33} + 6x_{34}.$$

Запишемо математичну модель задачі.

Математична модель.

Знайти такий план $X = (x_{ij})(i = \overline{1,3}; j = \overline{1,4})$, за якого

$$F = 7x_{11} + 8x_{12} + x_{13} + 2x_{14} + 4x_{21} + 5x_{22} + 9x_{23} + 8x_{24} + 9x_{31} + 2x_{32} + 3x_{33} + 6x_{34} \rightarrow \min,$$

якщо

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 160 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 140 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 170 \\ \quad x_{11} + x_{21} + x_{31} = 120 \\ \quad x_{12} + x_{22} + x_{32} = 50 \\ \quad x_{13} + x_{23} + x_{33} = 190 \\ \quad x_{14} + x_{24} + x_{34} = 110 \\ x_{ij} \geq 0 \ (i = \overline{1,3}; j = \overline{1,4}). \end{cases}$$

Зазначимо, що у багатьох сферах економічної діяльності можливі проблемні ситуації, які можуть бути представлені як задачі транспортного типу. Наприклад, для банківської діяльності такою є актуальна задача про оптимальну стратегію розподілу наявних фінансових ресурсів між позичальниками так, щоб забезпечити максимальний прибуток банку від проведення кредитних операцій.

Висновок. Наведено класифікацію актуальної множини оптимізаційних задач лінійного програмування, притаманних професійній діяльності фахівців економічного профілю. Класифікацію виконано за контентом змістовних постановок задач. Перспективою подальших наукових досліджень вважаємо розширення множини груп змістовних постановок задач, а також проведення класифікації математичних моделей за характером оптимуму цільової функції та виглядом системи обмежень, з відповідним супроводом пропонованих моделей їхнім економічним контентом.

Література

1. Вітлінський В. В. Економіко-математичні методи та моделі: оптимізація / В. В. Вітлінський, Т. О. Терещенко, С. С. Савіна. – К.: КНЕУ, 2016. – 303с.
2. Лисенко О. І. Дослідження операцій. Конспект лекцій / О. І. Лисенко, І. В. Алексеева. – К.: НТУУ “КПІ”, 2016. – 196с.
3. Данилюк Т. І. Оптимізаційні методи та моделі: конспект лекцій / Т.І. Данилюк, О. В. Скорук. – Луцьк: ПП “Поліграфія”, 2018. – 150с.
4. Ладогубець Т. С. Лінійне програмування: практикум з дисципліни Методи оптимізації / Т. С. Ладогубець, О. Д. Фіногенов. – К.: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2019. – 61с.

АНАЛІЗ ВИМОГ І ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ «ТАКСІ» З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

З виваженим використанням варіативних моделей КОМСДН ґрунтовно розширилось ефективне використання комп'ютерної техніки з урахуванням неформалізованих раніше галузей знань і сфер діяльності [1]. У процесі дослідження здійснено аналіз вимог програмного забезпечення, відповідні етапи проектування і програмування програмної системи «Таксі», тестування і верифікація розробленої ПС. Передбачаються нижче наведені вхідні дані з метою здійснення реєстрації клієнта: *ім'я та прізвище; номер телефону; пароль*. Якщо користувач ПС здійснює замовлення, то виникає потреба передати системі такі дані: *адресу місцезнаходження клієнта; тип автомобіля (Economy/Economy+/Business Class); адресу місцезнаходження точки прибуття*. Після завершення поїздки клієнт передає в систему дані про оцінку водія: *оцінка (1-5); коментар*.

Необхідними та достатніми є нижче наведений перелік вихідних даних: *список водіїв, які підібрала система з урахуванням критеріїв клієнта; вартість проїзду*. На рисунку 1 зображено діаграму діяльності для адміністратора системи бронювання замовлень таксі. Робота адміністратора полягає у забезпеченні користувачів програмної системи необхідною технічною підтримкою. Безперечно, адміністратор здійснює загальну звітність. Нижче наведено діаграму діяльності водія системи бронювання замовлень таксі (див. Рис. 2). Алгоритм виконання роботи водієм розпочинається із перегляду замовлень і обрання актуального, підтверджуючи замовлення.



Рисунок 1 - Діаграма діяльності користувача системи «Адміністратор»

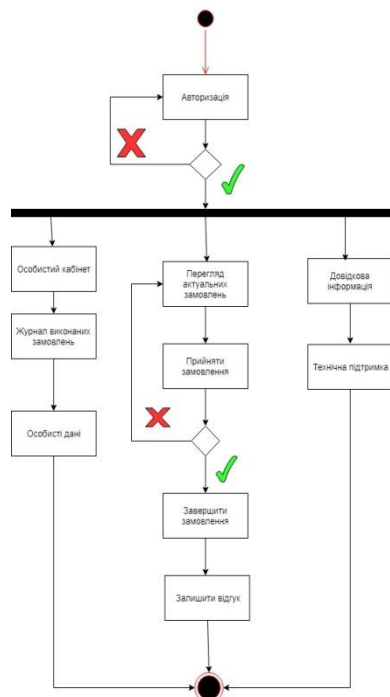


Рисунок 2 - Діаграма діяльності користувача системи «Водій»

Нижче пропонується діаграма діяльності клієнта системи бронювання замовлень таксі (див. Рис. 3). Алгоритм виконання його завдання розпочинається із уточнення адреси, звідки та куди буде прокладено

маршрут. Далі клієнт може вказати додаткові критерії замовлення, після цих операцій має підтвердити замовлення. По закінченню замовлення клієнт повинен оплати послугу готівкою/платіжною картою, після чого може залишити відгук/ оцінювання наданих водієм послуг.

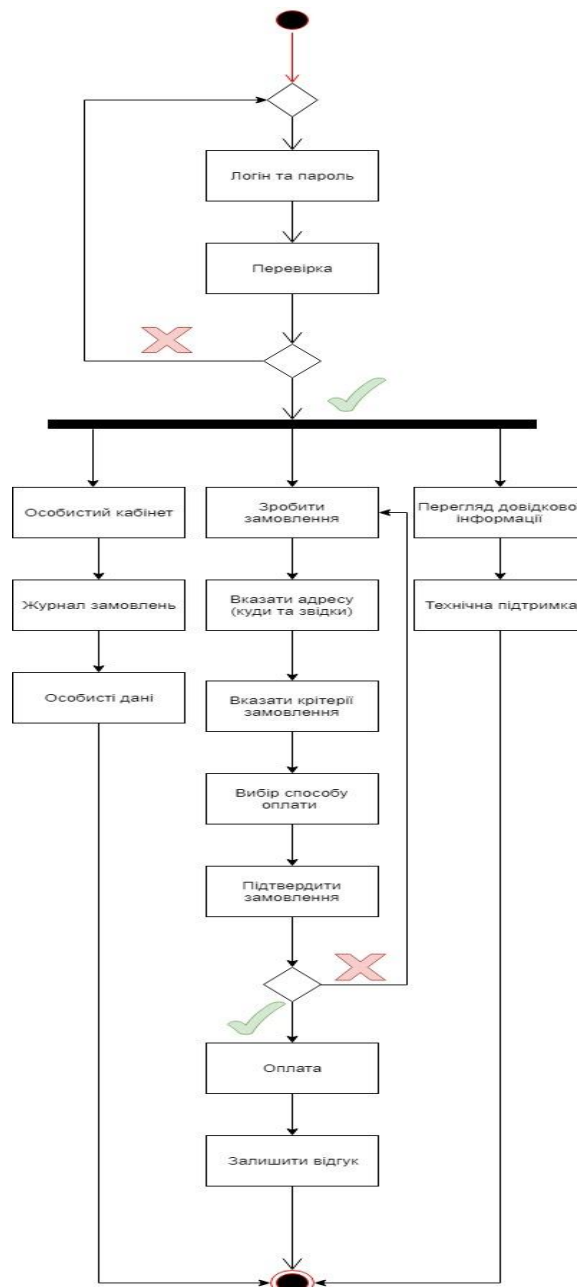


Рисунок 3 - Діаграма діяльності користувача системи “Клієнт”

Фрагменти модулів програмної системи «Таксі», у тому числі прототипи екранних форм і відповідні коди, наведено нижче (див. Рис. 4-11.3):


```

<section class="u-clearfix u-palette-base u-section-3 104 dec-9810">
  <div class="u-clearfix u-sheet u-sheet-1">
    <div class="u-clearfix u-expanded-width u-gutter-36 u-layout-wrap u-layout-wrap-1">
      <div class="u-layout">
        <div class="u-layout-row">
          <div class="u-container-style u-layout-cell u-right-cell u-size-60 u-layout-cell-1">
            <div class="u-container-layout u-valign-middle-lg u-valign-middle-xl">
              <div class="u-block u-expanded-width-md u-expanded-width-sm u-expanded-width-xs u-shape u-shape-rectangle u-shape-1"></div>
              <div class="u-form u-form-1">
                <form action="https://forms.nicespagesrv.com/v2/form/process" class="u-block-4169-14 u-clearfix u-form-spacing-15 u-form-vertical u-inner-form" source="en">
                  <div class="u-form-group u-form-name">
                    <label for="name-cdb0" class="u-form-control-hidden u-label">Name</label>
                    <input type="text" placeholder="Введіть ваше ім'я" id="name-cdb0" name="name" class="u-border-no-bottom u-border-no-left u-border-no-right u-border-no-top" />
                  </div>
                  <div class="u-form-group u-form-phone">
                    <label for="phone-cdb0" class="u-form-control-hidden u-label">Phone</label>
                    <input type="tel" pattern="+?d(0,2)[\s(\-)]{0-9}{3}[\s\(\-)]{0-9}{3}[\s\(\-)]{0-9}{2}" placeholder="Введіть номер телефону" />
                  </div>
                  <div class="u-form-group u-form-message">
                    <label for="message-cdb0" class="u-form-control-hidden u-label">Message</label>
                    <textarea placeholder="Введіть повідомлення" rows="4" cols="50" id="message-cdb0" name="message" class="u-border-no-bottom u-border-no-left u-border-no-right u-border-no-top" />
                  </div>
                  <div class="u-align-center u-form-group u-form-submit">
                    <a href="#" class="u-btn u-btn-submit u-button-style u-white u-btn-1">Зачекивати</a>
                    <input type="submit" value="submit" class="u-form-control-hidden" style="font-size: 1.125rem;" />
                  </div>
                  <div class="u-form-send-message u-form-send-success">Thank you! Your message has been sent. </div>
                  <div class="u-form-send-error u-form-send-message">Unable to send your message. Please fix errors then try again. </div>
                  <input type="hidden" name="formServices" value="aee05fa4dec0f4ea27554d13942c49b5">
                </form>
              </div>
            </div>
          </div>
        </div>
      </div>
    </div>
  </div>
</section>

```

Рисунок 7 - Код екранної форми «Замовлення на сайті»

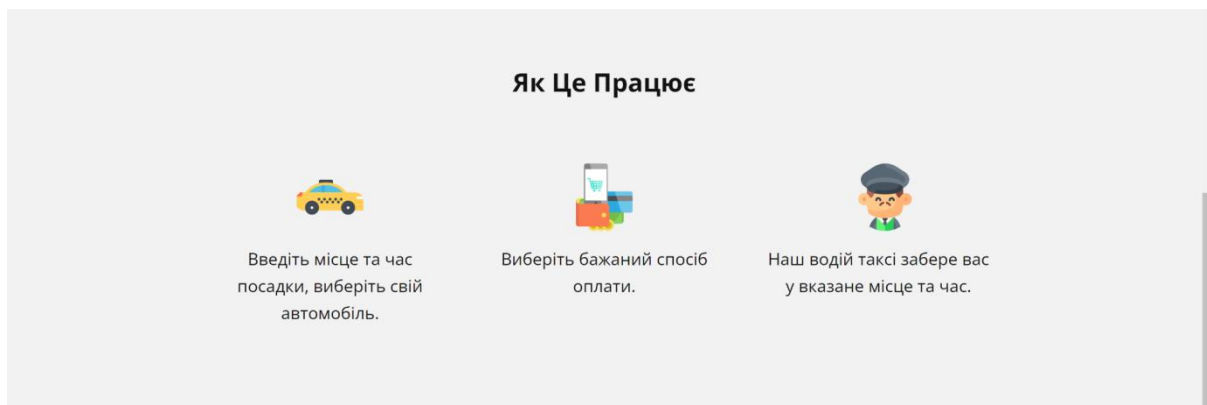


Рисунок 8 - Прототип екранної форми «Як це працює (!)»

```

<section class="u-clearfix u-grey-5 u-section-4" id="sec-508d">
  <div class="u-clearfix u-sheet u-sheet-1">
    <div class="u-align-center u-container-style u-group u-group-1">
      <div class="u-container-layout u-valign-middle">
        <h2 class="u-text u-text-1">Рк це прапорець</h2>
      </div>
    </div>
    <div class="u-clearfix u-expanded-width u-gutter-30 u-layout-wrap u-layout-wrap-1">
      <div class="u-layout">
        <div class="u-layout-row">
          <div class="u-align-center u-container-style u-layout-cell u-left-cell u-size-20 u-size-30-md u-layout-cell-1">
            <div class="u-container-layout u-container-layout-2"><span class="u-icon u-icon-circle u-text-palette-1-base u-icon-1"><svg class="u-svg-link" preserveAspect
            </g><path style="fill: #F5F7FA;" d="M106.67,336.059c0,5.906,4.781,10.688,10.671,10.688c5.891,0,10.672-4.781,10.672-10.688 c0-5.875-4.781-10.656-10.672-10.656C111.451,325.4
            </g><g><path style="fill: #F5F7FA;" d="M383.993,336.059c0,5.906,4.781,10.688,10.671,10.688c5.891,0,10.672-4.781,10.672-10.688 c0-5.875-4.781-10.656-10.672-10.656C388.774,
            </g><path style="fill: #F6C651;" d="M32.015,218.508c-2.828,0-5.547,1.125-7.547,3.125c3.125,125.242,96c-2,2-3.125,4.719-3.125,7.547h32.015 c5.891,0,10.656-4.781,10.656-10.672v
            </div>
          <div class="u-text u-text-2">Введіть місце та час посадки, виберіть свій автомобіль.</p>
        </div>
      </div>
      <div class="u-align-center u-container-style u-layout-cell u-size-20 u-size-30-md u-layout-cell-2">
        <div class="u-container-layout u-container-layout-3"><span class="u-icon u-icon-circle u-text-palette-1-base u-icon-2"><svg class="u-svg-link" preserveAspect
        </g></span>
        <p class="u-text u-text-3">Виберіть бажаний спосіб оплати.</p>
      </div>
      <div class="u-align-center u-container-style u-layout-cell u-right-cell u-size-20 u-size-30-md u-layout-cell-3">
        <div class="u-container-layout u-container-layout-4"><span class="u-icon u-icon-circle u-text-palette-1-base u-icon-3"><svg class="u-svg-link" preserveAspect
        </g></span>
        <p class="u-text u-text-4">Наш водій такі забере вас у вказане місце та час.</p>
      </div>
    </div>
  </div>
</section>
<section class="u-clearfix u-expanded-width u-white u-section-5" id="sec-0010">

```

Рисунок 9 - Код екранної форми «Як це працює»

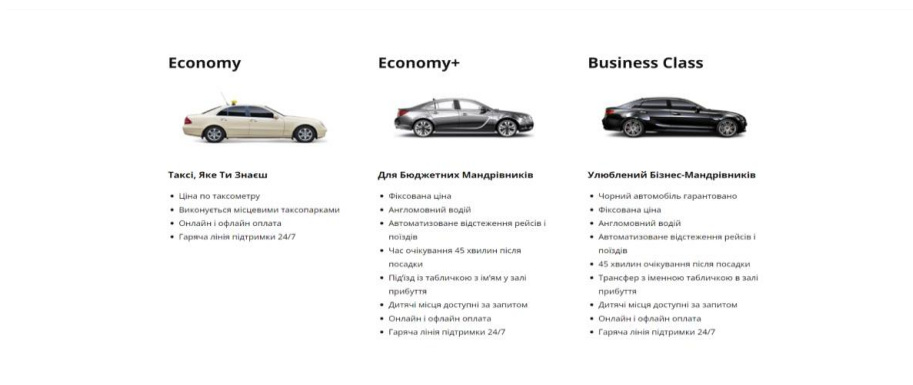


Рисунок 10 - Прототип екранної форми «Класи автомобілів»

```

160 <h3 class="u-text u-text-1">Economy</h3>
161  Таксі, яке ти знаєш</h6>
163 <ul class="u-text u-text-3">
164   <li> Ціна по таксометру</li>
165   <li> Виконується місцевими таксопарками</li>
166   <li> Онлайн і офлайн оплата</li>
167   <li> Гаряча лінія підтримки 24/7</li>
168 </ul>
169 </div>
170 </div>

```

Рисунок 11.1 - Код екранної форми «Economy»

```

<h3 class="u-text u-text-4">Economy+</h3>

<h6 class="u-text u-text-5"> Для бюджетних мандрівників</h6>
<ul class="u-text u-text-6">
  <li> Фіксована ціна</li>
  <li> Англomовний водій</li>
  <li> Автоматизоване відстеження рейсів і поїздів</li>
  <li> Час очікування 45 хвилин після посадки</li>
  <li> Під'їзд із табличкою з ім'ям у залі прибуття</li>
  <li> Дитячі місця доступні за запитом</li>
  <li> Онлайн і офлайн оплата</li>
  <li> Гаряча лінія підтримки 24/7</li>
</ul>
</div>

```

Рисунок 11.2 - Код екранної форми «Economy+»

```

<h3 class="u-text u-text-7">Business Class</h3>

<h6 class="u-text u-text-8"> Улюблений бізнес-андрівників</h6>
<ul class="u-text u-text-9">
  <li> Чорний автомобіль гарантовано</li>
  <li> Фіксована ціна</li>
  <li> Англomовний водій</li>
  <li> Автоматизоване відстеження рейсів і поїздів</li>
  <li> 45 хвилин очікування після посадки</li>
  <li> Трансфер з іменною табличкою в залі прибуття</li>
  <li> Дитячі місця доступні за запитом</li>
  <li> Онлайн і офлайн оплата</li>
  <li> Гаряча лінія підтримки 24/7</li>
</ul>
</div>

```

Рисунок 11.3 - Код екранної форми «Business Class»

Перед запуском тестуванням програмної системи «Таксі» здійснюється ґрунтовне тестування специфікації вимог. Тестування вимог

ПС здійснювалося з використанням рецензування у формі перегляду та співставлення вимог до необхідних показників якості вимог програмної системи [5]. Безперечно, галузевим фахівцям і клієнтам надається прямий доступ до комп'ютера/мобільного застосунку в діалоговому режимі з метою ефективного розв'язування професійних задач, які при цьому послуговуються професійною мовою та програмно-апаратними засобами штучного інтелекту.

Анотація. У статті розглядаються особливості проектування, моделювання і програмування програмної системи «Таксі», забезпечуючи клієнтам прямий доступ до комп'ютера/мобільного застосунку в діалоговому режимі з метою ефективного вирішення завдань, які при цьому послуговуються професійною мовою та програмно-апаратними засобами штучного інтелекту, здійснено ґрунтовний аналіз вимог програмного забезпечення, тестування і верифікацію ПС.

Ключові слова: аналіз вимог до програмного забезпечення, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, нейронні моделі, КОМСДН, Таксі, програмна система, ООП.

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.

Кравчук В. Р. (студ., 3 курс)
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
Міжнародний науково-технічний Університет імені академіка Ю.Бугая

РОЗРОБЛЕННЯ ГРИ «ПІНГ-ПОНГ» З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Можливості використання варіативних моделей комп'ютерно орієнтованих систем дослідницького навчання ґрунтовно підвищують ефективність навчання майбутніх інженерів [1]. Багато комп'ютерних ігор мають не тільки розважальну функцію, а й так само здатні розвивати реакцію, швидкість мислення. Ця гра в пінг-понг з комп'ютером спрямована на розвиток швидкості реакції. Адже з кожним новим рівнем швидкість пересування м'яча по ігровому полю стає значно швидшою, що вимагатиме від гравця блискавичної реакції і здатності думати на три кроки вперед. У дослідженні здійснювалось моделювання і програмування комп'ютерної гри «Пінг-понг». Ігрове поле складається з двох рухомих прямокутників (майданчиків, «ракеток»), однією з яких керує гравець, іншою - суперник, м'ячика, ігрового меню, розмітки поля. М'ячик, що рухається по ігровому полю, може відлітати як від межі поля, так і від майданчиків. Гра триває, допоки один із гравців не отримає 7 очок за пропуски м'яча.

В іграх з пінг-понгом передбачаються такі варіанти геймплею: одиночна гра проти комп'ютера або проти іншого гравця на одному пристрої. Режим кар'єри, де гравцеві доводиться перемагати різних суперників та просуватися до нових рівнів. Мультиплеер, який може бути реалізований в різних варіантах, таких як гра з друзями в режимі онлайн або локальній мережі, або ж участь у турнірах з іншими гравцями онлайн. Різні варіанти правил гри, такі як різні кількості очок для перемоги, різні обмеження на кількість відбивань тощо. Різні режими гри, такі як швидка гра, тренування, гра на час тощо [2].

У процесі проектування розглядаються різноманітні алгоритми гри в пінг-понг, залежно від рівня складності. Наприклад, *алгоритм спрощений*: ракетка пересувається вертикально вгору і вниз уздовж половини поля відносно його середини, що забезпечує ракетці можливість здійснювати відбиття на обидва боки поля. *Використання зонування*: Ракетка буде пересуватися вгору і вниз (залежно від того, де м'яч знаходиться на полі). Якщо м'яч знаходиться з одного боку поля, ракетка буде пересуватися в цю ж сторону для відбиття м'яча. *Інтелектуальний алгоритм*: Ракетка буде відстежувати рух м'яча на полі і приймати рішення про відбиття м'яча, залежно від його швидкості, траєкторії та напрямку руху [3].

Ігрове поле пінг-понга може бути представлене у вигляді віртуального столу на екрані комп'ютера або мобільного пристрою. Зазвичай воно має такі ж розміри та маркування, як і реальний стіл для пінг-понгу. Однак, в онлайн-іграх можуть бути варіації в дизайні та розмірах поля. Більшості онлайн-ігор з пінг-понгом можна налаштувати рівень складності та вибрати різні типи гри, такі як одиночна гра з комп'ютером або мультиплеєр з іншими користувачами в Інтернеті. Також можна налаштувати різні параметри гри, такі як швидкість м'яча та інші правила.

Керування в іграх з пінг-понгом може варіюватися в залежності від гри та платформи. Основні методи керування включають в себе використання клавіш або джойстиків для керування ракеткою гравця та відправлення м'яча на стіл, а також використання рухів девайсів, таких як гіроскопи та акселерометри, для контролю над ракеткою. Деякі ігри можуть також підтримувати голосове керування або жести, щоб керувати ракеткою. Більшість ігор мають можливість налаштування керування згідно з власними потребами користувача, так щоб кожен міг знайти оптимальний спосіб керування, який відповідає його стилю гри та зручності використання [4].

Рахунок в пінг-понзі відображає кількість очок, які заробив кожен гравець під час гри. Зазвичай рахунок відображається на екрані гри в головному меню або вище ігрового поля. Переможець гри - той, хто першим досягне певної кількості очок, або виграє найбільшу кількість геймів.

Приклад реалізації фрагменту гри в пінг-понг наведено нижче:

```
#include <iostream>
#include <conio.h>
#include <windows.h>
using namespace std;
const int width = 20; //ширина столу
const int height = 10; //висота столу
int ballX, ballY; //координати м'яча
int player1, player2; //координати ракеток
int score1, score2; //результати гравців
enum eDirection {STOP = 0, LEFT = 1, UPLEFT = 2, DOWNLEFT = 3,
RIGHT = 4, UPRIGHT = 5, DOWNRIGHT = 6}; //напрямки руху м'яча
eDirection ballDirection;
void setup() { //ініціалізація гри
    ballX = width / 2;
    ballY = height / 2;
    player1 = player2 = height / 2;
    score1 = score2 = 0;
    ballDirection = STOP;
}
void draw() { //відображення гри на екрані
    system("cls"); //очистити екран
    //відображення верхньої межі столу
    for (int i = 0; i < width + 2; i++) {
        cout << "#";
```

```

}
cout << endl;
//відображення стінок та ракеток
for (int i = 0; i < height; i++) {
    for (int j = 0; j < width; j++) {
        if (j == 0) {
            cout << "#";
        }
        if (i == ballY && j == ballX) {
            cout << "O"; //відображення м'яча
        }
        else if (i == player1 && j == 0) {
            cout << "|"; //відображення лівої ракетки
        }
        else if (i == player2 && j == width - 1) {
            cout << "|"; //відображення правої ракетки
        }
        else {
            cout << " ";
        }
        if (j == width - 1) {
            cout << "#";
        }
    }
    cout << endl;
}
//відображення нижньої межі столу
for (int i = 0; i < width + 2; i++) {
    cout << "#";

```

```

    }
    cout << endl;
    //відображення результатів гравців
    cout << "Player 1: " << score1 << endl;
    cout << "Player 2: " << score2 << endl;
}

void input() { //керування ракетками гравців
    if (_kbhit()) { //якщо натиснута якась клавіша
        switch (_getch()) {
            case 'w': //рух лівої ракетки вгору

```

Базовим об'єктом-предком є статичний об'єкт. Статичний об'єкт характеризується координатами x,y розташування об'єкта. Динамічний об'єкт є спадкоємцем від статичного. Додатковими характеристиками динамічного об'єкта є екранні координати, на які він був промальований востаннє, а також покажчик на бітову матрицю екранного зображення об'єкта [5].

Анотація. *Можливості використання варіативних моделей комп'ютерно орієнтованих систем дослідницького навчання ґрунтовно підвищують ефективність навчання майбутніх інженерів. У запропонованому дослідженні демонструється моделювання і програмування комп'ютерної гри «Пінг-понг».*

Ключові слова: *ігрові задачі, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, ігрові задачі, КОМСДН, ООП.*

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. 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.

УДК 004.942:[3273

Легкий С. В. (студ., 3 курс)

Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О

Міжнародний науково-технічний Університет імені академіка Ю.Бугая

РОЗРОБЛЕННЯ ГРИ «ЗМІЙКА» З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Дотепер з'являється безліч різноманітних інтерпретацій гри «Змійка» («Snake», «Пітон», «Черв'як») під різні платформи: від Flash до мобільних телефонів і смартфонів [1]. У дослідницькій роботі пропонується версія гри «Змійка», геймплей якої доступний у двох варіантах. У першому, який найчастіше грає двох гравців, на ігровому полі є кілька змій. Кожен гравець намагається заблокувати іншого, щоб супротивник наткнувся на слід і програв. Прикладом такого типу є *Snake.io* для Atari VCS. У другому варіанті один гравець намагається з'їсти предмети, натикаючись на них головою змій. Кожен з'їдений предмет робить змію довшою, тому уникнути зіткнення зі змією стає все важче (наприклад, *Nibbler*, *Snake Mania*). Правила гри можуть відрізнятися залежно від конкретної версії гри, тому варто уважно дослідити правила гри перед початком гри [2]: *Їжа*: об'єкт, який з'являється на ігровому полі та може бути зібраний змією. Збирання їжі дозволяє змії зростати в довжину. *Ігрове поле*: область, на якій розгортається гра "Змійка". Ігрове поле може мати різні розміри та форми. *Керування*:

спосіб керування змією. Зазвичай використовується клавійне керування або екранне керування на сенсорних пристроях. *Рахунок*: кількість очок, яку отримує гравець за збирання їжі. Рахунок може бути відображений на екрані гри.

У процесі проектування враховано наступні вимоги: *Аналіз коду гри* змійки для визначення, які частини коду відповідають за різні функції гри, такі як керування змією, рух змійки, збирання їжі тощо. *Реалізація тестів* для перевірки роботи різних класів та методів. *Розроблення графічного інтерфейсу користувача*, який відповідатиме за відображення гри та взаємодію з користувачем. *Тестування гри* змійки з використанням різних сценаріїв гри, включаючи перевірку різних режимів гри, різних рівнів складності та різних розмірів поля. *Розроблення класів*, які відповідають за різні функції гри, такі як клас змійки, клас поля гри та клас об'єктів на полі, таких як їжа та бонуси. *Розроблення методів* для кожного класу, які відповідають за різні функції гри, такі як методи для зміни напрямку руху змійки, методи для додавання та видалення об'єктів на полі та методи для перевірки стану гри, наприклад, чи зіткнулася змійка зі стіною або з їжею. *Розроблення класу головної програми*, який буде відповідати за ініціалізацію гри та взаємодію з користувачем. *Використання наслідування* та інших ООП-принципів для забезпечення гнучкості та масштабованості коду гри [3]. *Розроблення системи збереження результатів гри*, яка дозволить користувачам порівнювати свої досягнення та конкурувати з іншими гравцями.

Архітектуру програми наведено нижче: *Головний модуль*: головний модуль програми є точкою входу програми та містить код, який керує виконанням програми. *Ігровий модуль*: Цей модуль відповідає за логіку гри, таку як створення ігрового поля, пересування змії, збір їжі, зіткнення з предметами тощо. *Модуль збереження даних*: цей модуль відповідає за збереження даних гри, таких як статистика гри, історичні записи тощо.

Звуковий модуль: цей модуль відповідає за відтворення звуку гри, наприклад звуку удару змії об стіну або звуку збирання їжі. *Модуль інтерфейсу користувача*: цей модуль відповідає за створення та відображення графічних інтерфейсів користувача, таких як ігрові вікна, панелі статистики та кнопки керування. *Мережевий модуль*: цей модуль відповідає за мережевий зв'язок між гравцями, коли гра працює в мережі [4].

Розроблення класів та методів: *__init__(self, width, height, starting_length)*: конструктор класу, який ініціалізує поля гри та створює початкову змійку з заданою довжиною; *start(self)*: метод, який розпочинає гру та запускає головний цикл гри; *update(self)*: метод, який виконується кожен кадр гри та оновлює стан гри; *draw(self)*: метод, який відображає стан гри на екрані; *handle_input(self, key)*: метод, який обробляє введення користувача та змінює стан гри відповідно до введення; *handle_collision(self)*: метод, який перевіряє наявність зіткнень змійки зі стінами чи їжею та відповідно змінює стан гри.

Задля представлення змійки у грі та використовуються наступні методи: *__init__(self, length, x, y)*: конструктор класу, який створює змійку з заданою довжиною та початковим положенням; *move(self, dx, dy)*: метод, який зміщує змійку на задану відстань в горизонтальному та вертикальному напрямках; *grow(self, amount)*: метод, який збільшує довжину змійки на задану кількість; *collides_with(self, other)*: метод, який перевіряє, чи перетинається змійка з іншим об'єктом.

Представлення їжі у грі та здійснюється з використанням нижче наведених методів: *__init__(self, x, y)*: конструктор класу, який створює їжу з заданими координатами; *draw(self)*: метод, який відображає їжу на екрані.

У дослідженні звертається увага на розмір поля та складність гри. З ростом рівня складності, з'являється більше перешкод та змійок на полі, що ускладнює гру та збільшує ризик зіткнення з ними [5]. Крім того, у деяких варіантах гри «Змійка», наприклад, у мультиплеєрному режимі,

передбачається використання спеціальних завдань та цілей, наприклад, накопичення балів, нищення інших змійок.

Анотація. У дослідницькій роботі пропонується версія гри «Змійка», геймплей якої доступний у двох варіантах. У першому, який найчастіше грає двох гравців, на ігровому полі є кілька змій. Кожен гравець намагається заблокувати іншого, щоб супротивник наткнувся на слід і програв. Прикладом такого типу є Snake.io для Atari VCS. У другому варіанті один гравець намагається з'їсти предмети, натикаючись на них головою змій. Кожен з'їдений предмет робить змію довшою, тому уникнути зіткнення зі змією стає все важче (наприклад, Nibbler, Snake Mania).

Ключові слова: Atari VCS, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, ігрові задачі, КОМСДН, ООП.

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.

МАТРИЧНІ ІГРИ І ЗАДАЧА ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Теорія ігор тісно пов'язана з лінійним програмуванням: як уперше показав Г. Данциг [2], гру двох осіб із нульовою сумою можна записати у вигляді завдання лінійного програмування. Зведення гри до задачі лінійного програмування дозволяє застосувати до теорії ігор методи розв'язання задачі лінійного програмування: симплекс-метод або інструменти комп'ютерного моделювання (наприклад, "Пошук рішення Excel").

Розглянемо змішані стратегії гравців, що базуються на ймовірнісному виборі ходів. Нехай (a_{ij}) - платіжна матриця гри ($i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$). Можна вважати, що всі числа $a_{ij} > 0$. Цього завжди можна досягти, додаючи досить велике додатне число до всіх елементів платіжної матриці, причому такий додаток не змінює оптимальної стратегії гри.

Нехай i -й рядок матриці вибирається першим гравцем із ймовірністю x_i , а j -й стовпець вибирається другим гравцем із ймовірністю y_j . Оскільки один з рядків і один із стовпців буде обрано (кожен гравець повинен зробити хід),

то $\sum_{i=1}^m x_i = 1, \sum_{j=1}^n y_j = 1$. Ціна гри V є математичне очікування величини a_{ij} ,

тобто $V = \sum_{i,j} a_{ij} x_i y_j$.

Для першого гравця математична модель задачі має вигляд $L(x) = V \rightarrow \max$ при обмеженнях

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m a_{ij} x_i \geq V \\ \sum_{i=1}^m x_i = 1 \end{cases}, \quad x_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$$

Розділивши кожне з обмежень на ціну гри $V > 0$ і позначивши $u_i = \frac{x_i}{V}$,

отримаємо задачу

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m a_{ij} u_i \geq 1 \\ \sum_{j=1}^n u_j = \frac{1}{V} \end{cases}, \quad u_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$$

Вихідна задача $V \rightarrow \max$ рівносильна задачі $\frac{1}{V} \rightarrow \min$. Поклавши

$L(u) = \sum_{j=1}^n u_j$, отримаємо задачу лінійного програмування

$$L(u) = \sum_{j=1}^n u_j \rightarrow \min$$

при обмеженнях: $\sum_{i=1}^m a_{ij} u_i \geq 1, u_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$.

Що стосується другого гравця, то вважаючи $t_i = \frac{y_i}{V}$, $L(t) = \sum_{i=1}^m t_i$,

отримуємо двоїсту задачу (стосовно до задачі першого гравця):

$$L(t) = \sum_{i=1}^m t_i \rightarrow \max \tag{1}$$

при обмеженнях $\sum_{j=1}^n a_{ij} t_i \leq 1, t_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$.

Можна знайти розв'язання задачі для одного з гравців, а потім за теоремами двоїстості – рішення для задачі для іншого.

Приклад. Розв'язати гру, задану матрицею $H = \begin{pmatrix} 1 & 9 \\ 6 & 3 \end{pmatrix}$.

Розв'язання. Знаходимо нижню та верхню ціну гри:

$$\alpha = \min_i \max_j a_{ij} = \max(1; 3) = 3,$$

$$\beta = \min_j \max_i a_{ij} = \min(6; 9) = 6.$$

Так як вони не рівні, застосовуємо змішані стратегії. Знаходимо спочатку оптимальну стратегію другого гравця, тобто знаходимо найбільше (згідно (1)) значення функції $L(t)$ та відповідні значення невід'ємних змінних t_1, t_2 , якщо виконуються нерівності:

$$\begin{cases} 1t_1 + 9t_2 \leq 1 \\ 6t_1 + 3t_2 \leq 1 \end{cases}$$

Для вирішення цієї задачі використаємо симплекс-метод, проводячи обчислення в таблицях 1,2,3.

Таким чином, маємо:

$$t_1 = 6/51, t_2 = 5/51, y_1 = 6/51 \cdot 51/11 = 6/11, y_2 = 5/51 \cdot 51/11 = 5/11.$$

Отже, другий гравець повинен вибирати перший стовпець із ймовірністю 6/11, а другий стовпець із ймовірністю 5/11. З тієї ж таблиці 3 маємо: $u_1 = 3/51$, $u_2 = 8/51$. Тому $x_1 = 3/51 \cdot 51/11 = 3/11$, $x_2 = 8/51 \cdot 51/11 = 8/11$. Отже, перший гравець повинен вибирати перший рядок із ймовірністю 3/11, а другий – із ймовірністю 8/11.

Таблиця 1

	t_1	t_2	
t_3	1	9	1
t_4	6	3	1
	-1	-1	

Таблиця 2

	t_1	t_2	
t_2	1/9	1/9	1/9
t_4	51/9	-3/9	6/9
	-8/9	1/9	1/9

Таблиця 3

	t_4	t_3	
t_2	1/51	6/51	5/51
t_1	9/51	-3/51	6/51
	8/51	3/51	11/51

Висновки. Розв'язання матричної гри можна отримати приведенням її до задачі лінійного програмування та розв'язанням пари двоїстих задач. Однак це вимагає великого обсягу обчислень, який зростає зі збільшенням числа чистих стратегій. Тому в першу чергу слід, за винятком домінованих стратегій, зменшити кількість чистих стратегій. Потім слід перевірити наявність сідлової точки. Якщо вона є, гравці мають чисті оптимальні стратегії. В іншому випадку, хоча б у одного гравця оптимальна стратегія буде змішаною.

Література

1. Dantzig G. B. A proof of the equivalence of the programming and the game problem. Activity Analysis of Production and Allocation, ed. By Koopmans T. C., New York, Wiley, 1951. - 330-335.
2. Гольштейн Є. Г., Юдін Д. Б. Нові напрямки у лінійному програмуванні. – 1966.- 521 с.

Неупокоєва М. Р.(студ., 2курс),

Сізіков О. М. (студ., 2 курс)

Науковий керівник – доц. Ємельянова Т. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПРИКЛАД ДОСЛІДЖЕННЯ НА СТІЙКІСТЬ РОЗВ'ЯЗКІВ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ДРУГОГО ПОРЯДКУ

Ідея моделювання полягає в заміні реальної системи моделлю, яка здатна максимально точно відтворювати властивості та характеристики реальної системи, тобто ефективно вирішувати всі завдання по дослідженню явища чи процесу. Під моделюванням передбачається опис реальних процесів за допомогою математичних рівнянь та нерівностей. Нехай явище описується диференціальним рівнянням. Початкові умови до нього зазвичай є результатом вимірювань, отже, вони отримані з деякою точністю, обумовленою як похибкою приладу, так і людським фактором.

Якщо скільки завгодно малі вимірювання початкових даних здатні сильно змінюють розв'язок, то цій розв'язок не має ніякого прикладного значення і навіть наближено не може описати явище, яке досліджується.

Виникає важливе питання про знаходження умов, при яких достатньо малі зміни початкових значень призводять до скільки завгодно малих змін розв'язків.

Якщо розглядаємо систему, стан якої визначається незалежною змінною, яка приймає скільки завгодно великі значення, то на це питання дає відповідь теорія стійкості.

Питання стійкості розв'язків диференціальних рівнянь та стійкості руху було досліджено математиком О. М. Ляпуновим, який починав свою академічну кар'єру у Харківському університеті.

О. М. Ляпунов вперше дав означення стійкості розв'язку диференціального рівняння, зміст якого полягає в тому, що близькі за початковими значеннями розв'язки в точці x_0 залишаються близькими для всіх значень незалежної змінної $x \geq x_0$.

Приведемо приклади дослідження на стійкість розв'язків задачі Коші для диференціального рівняння 2-го порядку.

Приклад 1. Дослідити стійкість розв'язку задачі Коші з нульовими початковими умовами

$$\begin{aligned}y'' + 2y' + 2y &= 0, \\ y(0) &= 0, y'(0) = 0.\end{aligned}$$

Розв'язок. Знаходимо загальний розв'язок заданого рівняння.

Характеристичне рівняння

$$\begin{aligned}p^2 + 2p + 2 &= 0 \\ p_{1,2} &= \frac{-2 \pm \sqrt{4}}{2} = \frac{-2 \pm \sqrt{4} \cdot \sqrt{-1}}{2} = \left| \sqrt{-1} = i \right| = \frac{-2 \pm 2i}{2} = -1 \pm 1i \\ p_{1,2} &= -1 \pm 1i \Rightarrow \alpha = -1, \beta = 1, \text{ корені характеристичного рівняння} \\ p_{1,2} &= \alpha \pm \beta i\end{aligned}$$

мають негативну дійсну частину.

За формулою

$$y = e^{\alpha x} (C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x)$$

загальний розв'язок має вигляд

$$y = e^{-x}(C_1 \cos x + C_2 \sin x).$$

Знайдемо розв'язок задачі Коші

$$\begin{aligned} y(0) &= 0 \\ y = e^{-x}(C_1 \cos x + C_2 \sin x) &\Rightarrow 0 = e^0(C_1 \cos 0 + C_2 \sin 0) \Rightarrow 0 = C_1, \\ y'(0) &= 0 \\ y' = C_2(e^{-x} \sin x)' = C_2(-e^{-x} \sin x + e^{-x} \cos x) &\Rightarrow 0 = e^0 C_2(-\sin 0 + \cos 0) \Rightarrow 0 = C_2. \end{aligned}$$

Розв'язком задачі Коші є частинний розв'язок $y=0$, оскільки C_1, C_2 приймають з початкових умов значення $C_1=0, C_2=0$.

Беремо близьку до нуля початкову умову $y(0) = \delta_1, y'(0) = \delta_2$ яка виникає з-за похибки вимірювань. В такому разі довільні сталі C_1, C_2 приймають певні значення C_1^0, C_2^0 . Для такої початкової умови розв'язком задачі Коші є функція

$$\bar{y} = e^{-x}(C_1^0 \cos x + C_2^0 \sin x)$$

де $C_1^0 = \delta_1, C_2^0 = \delta_1 + \delta_2$.

Згідно означенню Ляпунова досліджуємо поведінку функцій $\bar{y}(x), \bar{y}'(x)$ при $x \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned} |\bar{y}(x) - y| &\equiv |\bar{y}(x) - 0| = |\bar{y}(x)|, \\ |\bar{y}'(x) - y'| &\equiv |\bar{y}'(x) - 0| = |\bar{y}'(x)|. \end{aligned}$$

$$\bar{y}(x) \xrightarrow{x \rightarrow \infty} 0, \text{ оскільки, } \bar{y} = e^{-x}(C_1^0 \cos x + C_2^0 \sin x)_{x \rightarrow \infty} \rightarrow 0,$$

$$e^{-x} \xrightarrow{x \rightarrow \infty} 0, \left| C_1^0 \cos x + C_2^0 \sin x \right|_{x \rightarrow \infty} - \text{обмежена величина.}$$

$$\bar{y}' = e^{-x}[(-C_1^0 + C_2^0) \cos x + (-C_1^0 - C_2^0) \sin x].$$

$$\bar{y}'(x) \xrightarrow{x \rightarrow \infty} 0, \text{ оскільки,}$$

$$\bar{y}' = e^{-x}[(-C_1^0 + C_2^0) \cos x + (-C_1^0 - C_2^0) \sin x]_{x \rightarrow \infty} \rightarrow 0,$$

$$e^{-x} \xrightarrow{x \rightarrow \infty} 0, \left| (-C_1^0 + C_2^0) \cos x + (-C_1^0 - C_2^0) \sin x \right|_{x \rightarrow \infty} - \text{обмежена величина.}$$

Отже, розв'язок задачі Коші близький за початковими умовами асимптотично зближається з розв'язком, що має нульові початкові умови, якщо $x \rightarrow \infty$ (рис.1, 2).

Висновок. Розв'язки задачі Коші близькі за початковими умовами асимптотично зближаються з розв'язком, що має нульові початкові умови, якщо $x \rightarrow \infty$. Таким чином, розв'язок задачі Коші з нульовою початковою умовою є асимптотичне стійким, а точку покою, початок координат, називають асимптотичне стійкою.

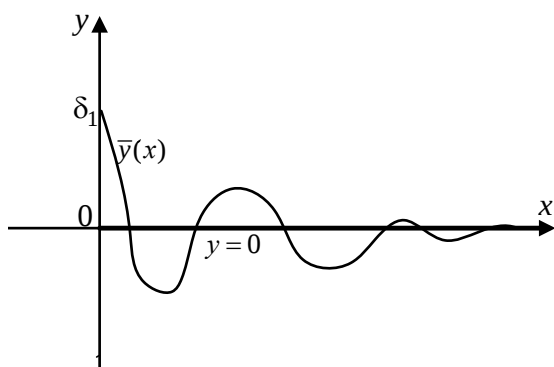


Рисунок 1

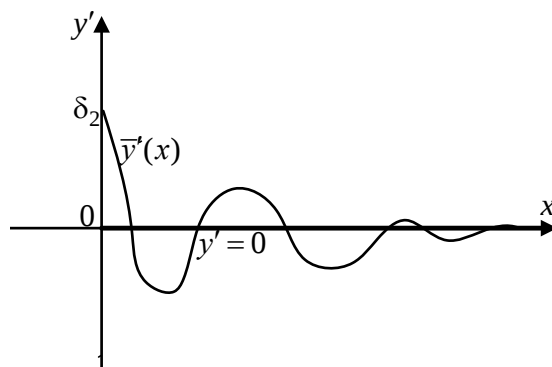


Рисунок 2

Приклад 2. Дослідити стійкість розв'язку задачі Коші з нульовими початковими умовами

$$\begin{aligned} y'' - 2y' + 2y &= 0, \\ y(0) &= 0, y'(0) = 0. \end{aligned}$$

Розв'язок. Знаходимо загальний розв'язок заданого рівняння.

Записуємо характеристичне рівняння та знаходимо його корені

$$p^2 - 2p + 2 = 0$$

$$p_{1,2} = \frac{2 \pm \sqrt{-4}}{2} = \frac{2 \pm \sqrt{4} \cdot \sqrt{-1}}{2} = \frac{2 \pm 2i}{2} = 1 \pm i$$

$$\begin{aligned} p_{1,2} &= 1 \pm i \\ p_{1,2} &= \alpha \pm \beta i \Rightarrow \alpha = 1, \beta = 1, \text{ корені характеристичного рівняння} \end{aligned}$$

мають позитивну дійсну частину.

За формулою

$$y = e^{\alpha x} (C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x)$$

загальний розв'язок має вигляд

$$y = e^x (C_1 \cos x + C_2 \sin x).$$

Знайдемо розв'язок задачі Коші

$$\begin{aligned} y(0) &= 0 \\ y = e^x (C_1 \cos x + C_2 \sin x) &\Rightarrow 0 = e^0 (C_1 \cos 0 + C_2 \sin 0) \Rightarrow 0 = C_1, \\ y'(0) &= 0 \\ y' = C_2 (e^x \sin x)' = C_2 (e^x \sin x + e^x \cos x) &\Rightarrow 0 = e^0 C_2 (\sin 0 + \cos 0) \Rightarrow 0 = C_2. \end{aligned}$$

Розв'язком задачі Коші є частинний розв'язок $y=0$, оскільки C_1, C_2 приймають з початкових умов значення $C_1=0, C_2=0$.

Беремо близьку до нуля початкову умову $y(0) = \delta_1, y'(0) = \delta_2$ яка виникає з-за похибки вимірювань початкових умов. В такому разі довільні сталі C_1, C_2 приймають певні значення C_1^0, C_2^0 . Для такої початкової умови розв'язком задачі Коші є функція

$$\bar{y} = e^x (C_1^0 \cos x + C_2^0 \sin x)$$

де $C_1^0 = \delta_1, C_2^0 = \delta_1 + \delta_2$.

Згідно означенню Ляпунова досліджуємо поведінку функцій $\bar{y}(x), \bar{y}'(x)$ при $x \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned} |\bar{y}(x) - y| &\equiv |\bar{y}(x) - 0| = |\bar{y}(x)|, \\ |\bar{y}'(x) - y'| &\equiv |\bar{y}'(x) - 0| = |\bar{y}'(x)|. \end{aligned}$$

$\bar{y}(x) \xrightarrow{x \rightarrow \infty} \infty$, оскільки, $\bar{y} = e^x (C_1^0 \cos x + C_2^0 \sin x) \xrightarrow{x \rightarrow \infty} \infty$,

$e^x \xrightarrow{x \rightarrow \infty} \infty$, $|C_1^0 \cos x + C_2^0 \sin x| \Big|_{x \rightarrow \infty}$ – обмежена величина.

$$\bar{y}' = e^x [(C_1^0 + C_2^0) \cos x + (-C_1^0 + C_2^0) \sin x].$$

$\bar{y}'(x) \rightarrow \infty$, оскільки,

$$\bar{y}' = e^x [(C_1^0 + C_2^0) \cos x + (-C_1^0 + C_2^0) \sin x]_{x \rightarrow \infty} \rightarrow \infty,$$

$$e^x \rightarrow \infty, \left| (C_1^0 + C_2^0) \cos x + (-C_1^0 + C_2^0) \sin x \right|_{x \rightarrow \infty} - \text{обмежена величина.}$$

Отже, розв'язок задачі Коші близький за початковими умовами віддаляється від розв'язку, що має нульові початкові умови, якщо $x \rightarrow \infty$ (рис.3, 4).

Висновок. Розв'язки задачі Коші близькі за початковими умовами віддаляються від розв'язку, що має нульові початкові умови, якщо $x \rightarrow \infty$. Таким чином, розв'язок задачі Коші з нульовою початковою умовою є нестійким, а точку покою, початок координат, називають нестійкою.

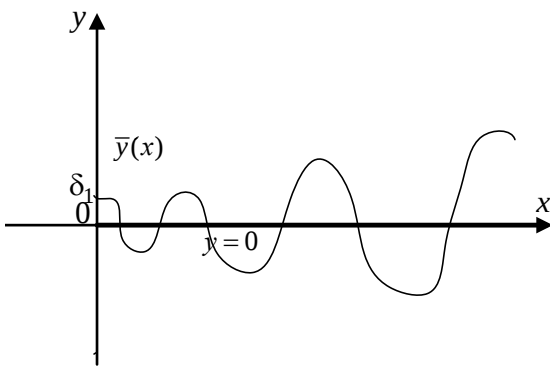


Рисунок 3

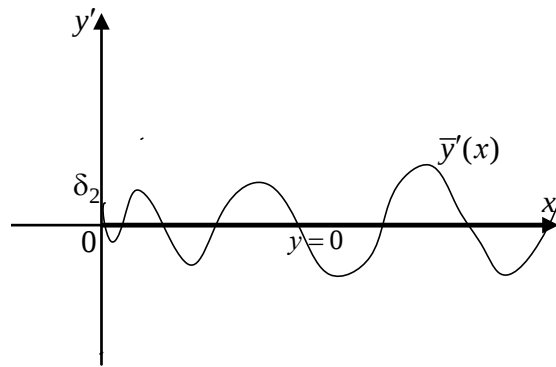


Рисунок 4

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. – 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.

Омельченко А. С. (студ., 3 курс)
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
Міжнародний науково-технічний Університет імені академіка Ю.Бугая

РОЗРОБЛЕННЯ САЙТУ АГРЕГАТОРА МЕДІАКОНТЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

У сучасному світі швидкість та зручність доступу до новин є важливим фактором. Онлайн-новинний агрегатор для ЗМІ дозволить забезпечити швидкий та зручний доступ до новин для користувачів, а також збільшити ефективність роботи для ЗМІ, які матимуть можливість отримувати новини з різних джерел у одному місці. З використанням спеціальних формалізмів (логіко-лінгвістичних моделей) декларативних і процедурних знань, представлених в електронній формі, розв'язування задач з використанням комп'ютера здійснюється ефективніше [1]. Галузевим фахівцям надається прямий (безпосередній) доступ до комп'ютера в діалоговому режимі з метою розв'язування професійних задач, які при цьому послугуються професійною мовою та програмно-апаратними засобами штучного інтелекту [2].

Мета дослідницької роботи полягає у створенні сайту-агрегатора медіа-контенту з використанням технології об'єктно орієнтованого програмування, з використанням якого користувачі отримують оперативний доступ до різноманітних медіа-матеріалів з різноманітних джерел. База даних є центральним елементом архітектури, оскільки вона зберігає всю інформацію про джерела даних та їх контент. База даних повинна бути структурованою та оптимізованою для швидкого доступу до різноманітних відомостей. Бекенд відповідає за опрацювання запитів користувачів та доступ до бази даних. Він містить логіку опрацювання запитів, включає в себе пошук та фільтрацію даних, оновлення бази даних та інші операції. Бекенд також може містити API для інтеграції з іншими сервісами та додатками. Фронтенд відповідає за відображення контенту на сайті та інтерфейс користувача. Він містить HTML, CSS та JavaScript

код, який відповідає за відображення даних та інтерактивність сайту [3]. Фронтенд повинен бути оптимізований для швидкого завантаження сторінок та містити різноманітні функції для зручного використання користувачами. Усі компоненти архітектури повинні бути оптимізовані для швидкого та ефективного використання ресурсів сервера та мережі Інтернет. Також повинна бути розроблена стратегія оновлення даних та резервне копіювання для запобігання втраті даних та забезпечення надійності роботи сайту (див. Рис.1).

На основі сценарію роботи формується перелік можливостей програми, основні вхідні та вихідні дані та приблизна структура інтерфейсу користувача. У процесі проектування передбачаються нижче наведені функції програми: додавання нового облікового запису; вхід в існуючий обліковий запис; гостьовий вхід; виведення списків; пошук новин за обраним тегом; фільтрація новин за категоріями; коментування новин; запит до адміністратора. Вхідні дані для програми у більшості – рядки, які поступають від користувача. Наприклад логін та пароль облікового запису, назва новини тощо. Виключенням є обрання номерів пунктів меню – користувач вводить номер вибраного пункту – ціле число. Вихідні дані це завжди рядки. Наприклад список новин, Авторів, текст новини та її назва тощо.

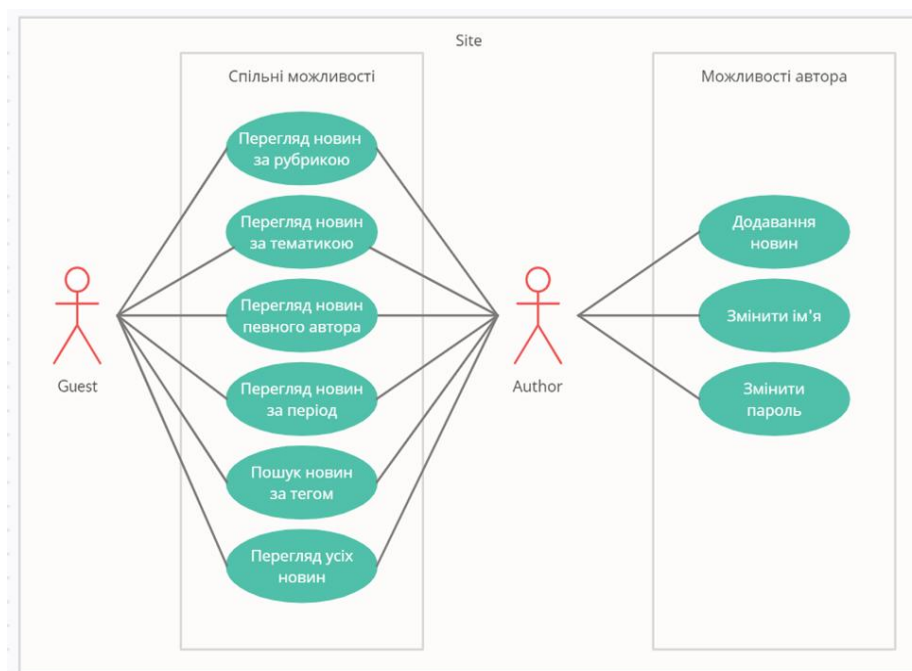


Рисунок 1 - Орієнтовна структура модуля сайту агрегатора

У рамках дослідження розроблено дизайн сайту, що відповідає потребам користувачів; розроблено систему фільтрації новин за категоріями, регіонами та іншими параметрами; забезпечується швидкий та зручний доступ до новин для користувачів; забезпечується можливість коментування новин та взаємодії з авторами статей.

Використовуються нижче наведені методи: аналіз ринку новинних агрегаторів та їх функціональності; аналіз потреб користувачів та ЗМІ щодо новинних агрегаторів; дослідження можливостей технологій для збирання та опрацювання новин; тестування і вдосконалення функціональності сайту на основі отриманих результатів [4].

Не виходячи за межі своєї предметної галузі, фахівці отримують можливість: Здійснювати пошук в базах даних (базах знань) необхідної документації і фактографічного матеріалу, не залишаючи свого робочого місця; Вирішувати проектні, планові і управлінські завдання на основі постановки та вихідних даних, не залежно від рівня складності математичних моделей цих задач та контролювати в діалоговому режимі всі стадії обчислювального процесу; Здійснювати розпізнавання і діагностику процесів в складних системах, приймати рішення, формулювати плани дій, висувати і перевіряти гіпотези, виявляти закономірності на основі результатів спостережень, формулювати логічні висновки із використанням акумульованих в ЕОМ знань про предметну галузь [5].

Анотація. Мета дослідницької роботи полягає у створенні сайту-агрегатора медіа-контенту з використанням технології об'єктно орієнтованого програмування, з використанням якого користувачі отримують оперативний доступ до різноманітних медіа-матеріалів з різноманітних джерел.

Ключові слова: агрегатор, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, нейронні моделі, КОМСДН, ООП.

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. 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.

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:[3277

Петрик В. М. (студ., 3 курс)

Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О

Міжнародний науково-технічний Університет імені академіка Ю.Бугая

РОЗРОБЛЕННЯ ГРИ «ХРЕСТИКИ-НУЛИКИ» З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Дослідження в галузі штучного інтелекту проводяться в таких напрямках: моделювання на ЕОМ окремих функцій творчих процесів (наприклад, ігрові задачі - шахи, шашки, доміно тощо), автоматичне доведення теорем (англ. Automated theorem proving), автоматичний синтез програм, аналіз і синтез музичних творів та ін. [1]. Зовнішня інтелектуалізація ЕОМ - фундаментальні і прикладні дослідження, що відносяться до комплексного діалогового інтерфейсу. Внутрішня інтелектуалізація ЕОМ - обчислювальні машини нової архітектури, побудовані за принципами штучного інтелекту та призначені для побудови ефективних інтелектуальних систем [2]. Гра «Хрестики-нулики» - одна з найпопулярніших логічних ігор, яка має прадавню історію та широку аудиторію по всьому світу. У пропонованій дослідницькій роботі здійснено ґрунтовний аналіз існуючих логічних ігор, у тому числі різноманітних концепцій, в результаті

- запропоновано авторський варіант реалізації гри «Хрестики-нулики» з використанням технології об'єктно орієнтованого програмування [3].

У процесі проектування передбачаються два варіанти ігрових можливостей роботи з суперником/людиною, або комп'ютером, у тому числі з урахуванням різноманітних рівнів складності гри та збереженням/завантаженням гри на комп'ютер. Використовується нижче наведена структура класів з метою реалізації відповідного функціоналу: клас *представляє ігрову дошку*; клас *представляє гравця*; клас *представляє комп'ютер*; клас *представляє логіку гри* і т.д. У процесі розроблення класу гравця та логіки гри створено базовий клас «Гравець», який містить загальні методи та властивості для усіх типів гравців, після чого створено два підкласи («Людина», «Комп'ютер») із відповідним наслідуванням методів та властивостей базового класу. У процесі розроблення логіки гри використовується алгоритм *MiniMax* для можливості інтегрування окремих компонентів технології штучного інтелекту та рекурсивного пошуку оптимальних ходів для гравців [3]. У процесі програмування реалізуються можливості початку нової гри, призупинення гри, виходу з гри та інших функцій управління грою.

Приклад алгоритму реалізації управління мовою C# наведено нижче:

```
public class TicTacToeGame
{
    private bool _isPlaying; // зберігає" стан гри
    private bool _playerTurn; // зберігає" поточний хід гравця
    public TicTacToeGame()
    {
        // конструктор, який ініціалізує" початкові значення
        _isPlaying = false;
        _playerTurn = false;
    }
    public void StartNewGame()
    {
        // метод для початку нової- гри
    }
}
```

```

        _isPlaying = true;
        _playerTurn = true; // перший хід за гравцем
    }
    public void StopGame()
    {
        // метод для зупинки гри
        _isPlaying = false;
    }
    public void ExitGame()
    {
        // метод для виходу з гри
        // код для закриття вікна гри
    }
}

```

У цьому фрагменті алгоритму створено клас TicTacToeGame, який містить приватні змінні `_isPlaying` та `_playerTurn` для зберігання стану гри та поточного ходу гравця відповідно. Конструктор класу ініціалізує ці змінні до початкових значень. Визначені методи `StartNewGame()`, `StopGame()` та `ExitGame()`, з використанням яких забезпечується можливість розпочати нову гру, зупинити гру і вийти з гри. Змінна `_isPlaying` відповідає за те, чи продовжується гра в даний момент. Коли гравець починає нову гру, значення цієї змінної стає `true`, а коли гравець зупиняє гру, значення змінної стає `false`. Змінна `_playerTurn` відповідає за те, чий зараз хід. Під час гри «Хрестики-нулики» передбачається можливість задіяти двох гравців. Початково значення змінної `_playerTurn` встановлюється в `false`, що означає, що перший хід - за нуликами. Після кожного ходу гравця значення цієї змінної змінюється для того, щоб вказати наступного гравця, який має зробити хід [4]. Один із можливих способів перевірки щодо закінчення гри «Хрестики-нулики» з використанням ООП наведений нижче. Фрагмент "перевірка_на_закінчення_гри()" в класі "Гра" на Python:

```

class Game:

```

```

def __init__(self):
    # ініціалізація гри, створення поля
def перевірка_на_закінчення_гри(self):
    # Перевірка горизонтальних ліній
    for row in self.field:
        if row[0] == row[1] == row[2] and row[0] != '-':
            self.оголошення_переможця(row[0])
    # Перевірка вертикальних ліній
    for col in range(3):
        if self.field[0][col] == self.field[1][col] == self.field[2][col] and
self.field[0][col] != '-':
            self.оголошення_переможця(self.field[0][col])
    # Перевірка діагональних ліній
    if self.field[0][0] == self.field[1][1] == self.field[2][2] and self.field[0][0] !=
'-':
        self.оголошення_переможця(self.field[0][0])
    elif self.field[0][2] == self.field[1][1] == self.field[2][0] and self.field[0][2]
!= '-':
        self.оголошення_переможця(self.field[0][2])
    # Перевірка на нічию
    if '-' not in self.field[0] and '-' not in self.field[1] and '-' not in self.field[2]:
        self.оголошення_нічії(-)
def оголошення_переможця(self, winner):
    # виведення повідомлення про переможця і зупинка гри
    pass
def оголошення_нічії(self):
    # виведення повідомлення про нічию і зупинка гри
    pass

```

Фрагмент коду для здійснення перевірки закінчення гри мовою С# може виглядати таким чином:

```

using System.Reflection;
public bool IsGameOver()
{
    // Перевіряємо наявність переможця на головній діагоналі
    if (board[0, 0] != CellType.Empty && board[0, 0] == board[1, 1] && board[1,
1] == board[2, 2])
    {
        winner = board[0, 0];
        return true;
    }
    // Перевіряємо наявність переможця на побічній діагоналі
    if (board[2, 0] != CellType.Empty && board[2, 0] == board[1, 1] && board[1,
1] == board[0, 2])
    {
        winner = board[2, 0];
        return true;
    }
    // Перевіряємо наявність переможця на рядках або стовпцях
    for (int i = 0; i < 3; i++)
    {
        if (board[i, 0] != CellType.Empty && board[i, 0] == board[i, 1] && board[i,
1] == board[i, 2])
        {
            winner = board[i, 0];
            return true;
        }
        if (board[0, i] != CellType.Empty && board[0, i] == board[1, i] &&
board[1, i] == board[2, i])
        {
            winner = board[0, i];

```

```

        return true;
    }
}
// Перевіряємо наявність результату гри «нічия»
for (int i = 0; i < 3; i++)
{
    for (int j = 0; j < 3; j++)
    {
        if (board[i, j] == CellType.Empty)
        {
            return false;
        }
    }
}
// Якщо гра не закінчилась (відсутні вільні клітинки), то результат
фіксується «нічия»
return true;
}

```

Фрагмент коду з використанням функції *MiniMax* мовою програмування C++ наведено нижче:

```

int minimax(bool flag)// Мінімаксна функція
{
    int max_val=-1000,min_val=1000;
    int i,j,value = 1;
    if(cpu_won() == 1)
        {return 10;}
    else if(user_won() == 1)
        {return -10;}
    else if(isFull()== 1)
        {return 0;}
}

```

```

int score[9] = {1,1,1,1,1,1,1,1,1};//якщо score[i]=1, то він порожній
for(i=0;i<9;i++)
{
    if(board[i] == '*')
    {
        if(min_val>max_val)// зворотний умові обрізки.....
        {
            if(flag == true)
            {
                board[i] = 'X';
                value = minimax(false);
            }
            else
            {
                board[i] = 'O';
                value = minimax(true);
            }
            board[i] = '*';
            score[i] = value;
        }
    }
}
if(flag == true)
{
    max_val = -1000;
    for(j=0;j<9;j++)
    {
        if(score[j] > max_val && score[j] != 1)
        {
            max_val = score[j];

```

```

        index1 = j;
    }
}
return max_val;
}
if(flag == false)
{
    min_val = 1000;
    for(j=0;j<9;j++)
    {
        if(score[j] < min_val && score[j] != 1)
        {
            min_val = score[j];
            index1 = j;
        }
    }
    return min_val;
}
}

```

Перевірка результатів гри «Хрестики-нулики» - досить поширена задача з програмування. У цьому випадку створювався кортеж (*tuple*) з виграшними координатами і з використанням циклу *for* пройшлися по ньому. Якщо символи у всіх трьох заданих клітинах рівні - повертаємо виграшний символ, інакше - повертаємо значення *False*. При цьому важливо пам'ятати, що непорожній рядок (наш виграшний символ) у процесі приведення його до логічного типу повертає значення *True* [5].

Анотація. У дослідницькій роботі здійснено ґрунтовний аналіз існуючих логічних ігор «Хрестики-нулики», у тому числі різноманітних концепцій, в результаті - запропоновано авторський варіант реалізації гри «Хрестики-нулики» з використанням технології об'єктно орієнтованого програмування.

Ключові слова: алгоритм MiniMax, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, штучний інтелект, 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.

Ребрищева В. І. (студ., 1 курс)

Кириченко Д. Ю. (студ., 1 курс)

Науковий керівник – доц. Вишневецький О. Л.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЯКІСНА ТЕОРІЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ

Диференціальне рівняння з початковими умовами називають *задачею Коші*. **Луї Огюстен Коші** (1789 - 1857), один із найбільших математиків 19 століття, першим довів теорему існування розв'язку задачі

$$x' = f(t, x), t > t_0; x(t_0) = x^0,$$

тобто задачі Коші для диференціального рівняння першого порядку загального виду. Він установив, що якщо функція f та її похідна за другим аргументом є неперервними, то ця задача має єдиний розв'язок на деякому інтервалі (t_0, t_1) .

Результати Коші були узагальнені французьким математиком **Емілем Пікаром**.

Запропонований ним метод дослідження такий. Якщо інтегрувати дане рівняння від початкової точки t_0 до довільного значення t і врахувати початкову умову, то виходить співвідношення

$$x(t) = x^0 + \int_{t_0}^t f(\tau, x(\tau)) d\tau.$$

Невідома функція x входить у нього під інтегралом, тому це рівняння називається *інтегральним*. Отже, задачу Коші для диференціального рівняння зведено до інтегрального рівняння. Для розв'язання останнього Пікар запропонував використати *метод послідовних наближень*, який раніше застосовували для наближеного розв'язання нелінійних алгебраїчних рівнянь. У цьому випадку він характеризується рівністю

$$x_{k+1}(t) = x^0 + \int_{t_0}^t f(\tau, x_k(\tau)) d\tau, \quad k = 0, 1, \dots$$

де k є номер кроку алгоритму, а функція x_k - k -е наближення розв'язку задачі. Задаючи довільно початкове наближення x_0 , можна зробити будь-яку кількість кроків методу послідовних наближень. Пікар показує, що цей алгоритм збігається до єдиного розв'язку задачі Коші на деякому інтервалі (t_0, t_1) у випадку, коли диференційовність функції f за другим аргументом замінено на деяке слабше обмеження. Результат Пікара не тільки розширює клас задач Коші, для яких встановлено існування і єдиність розв'язку, а й дає алгоритм його побудови.

Коші, Пікар та їхні послідовники розробили аналог основної теореми алгебри: доведено теореми про існування розв'язку задачі Коші для диференціального рівняння загального виду. Тепер настала черга побудови аналога теорії Галуа. Нагадаємо, що Еваріст Галуа встановив, за яких умов алгебраїчне рівняння допускає розв'язок у радикалах, тобто у вигляді формули, яка виражає залежність цього розв'язку від коефіцієнтів рівняння і використовує арифметичні операції та корені того чи іншого ступеня. Тепер треба було з'ясувати, коли диференціальне рівняння допускає розв'язок у квадратурах, тобто у вигляді формули, що виражає залежність цього розв'язку від свого аргументу t і

використовує виключно інтеграли від елементарних функцій. Те, що це можливо не завжди, показав Ліувіль.

В основі теорії Галуа лежали групи перетворень. Софус Лі (1842 -1899) наділив їх додатковою властивістю безперервності. Хоча результати Лі й не дають повного розв'язання проблеми розв'язності диференціальних рівнянь у квадратурах подібно до теорії Галуа для алгебраїчних рівнянь (усе-таки диференціальні рівняння набагато складніші за алгебраїчні), але значною мірою ця проблема розв'язується. А розроблена ним теорія *груп Лі* фактично є самостійним розділом математики, що має численні додатки, причому не тільки математичні.

Отже, ми знаємо, що за досить природних обмежень на параметри задачі диференціальні рівняння з початковими умовами мають розв'язок. З іншого боку, далеко не завжди розв'язок цей можна виразити природним чином через відомі функції. Але чи можна, проте, отримати інформацію про властивості розв'язку, навіть не знаючи самого розв'язку? Ці питання розв'язуються в рамках *якісної теорії диференціальних рівнянь*, становлення якої значною мірою пов'язане з роботами ще одного видатного французького математика **Анрі Пуанкаре** (1854 - 1912).

Уже було відомо, що розв'язок диференціального рівняння може взагалі не залежати від аргументу t . Розглянемо, приміром, рівняння $x' = f(x)$. Нехай алгебраїчне рівняння $f(x) = 0$ має деякий розв'язок x_* . Тоді, з огляду на те, що похідна від константи дорівнює нулю, встановимо, що функція x , яка набуває тільки значення x_* для будь-яких значень t , буде розв'язком рівняння, яке ми розглядаємо. Такі розв'язки, звані *особливими точками*, розглядав ще Коші. Однак саме Пуанкаре дав класифікацію особливих точок і описав їхні властивості.

Розглянемо, наприклад, рівняння коливання маятника $x'' + \omega^2 x = 0$. Шляхом заміни змінних $x_1 = x$, $x_2 = x'$ воно зводиться до системи диференціальних рівнянь першого порядку

$$\begin{cases} x_1' = x_2, \\ x_2' = -\omega^2 x_1. \end{cases}$$

Припустимо, що в якийсь момент часу t_1 розв'язок цієї системи набуває якихось значень $x_1(t_1), x_2(t_1)$. У площині x_1, x_2 їм відповідає деяка точка з відповідними координатами. В інший момент часу t_2 рішення набуває якихось інших значень $x_1(t_2), x_2(t_2)$, яким відповідає інша точка на цій площині. Тоді, змінюючи неперервним чином час, можна отримати деяку криву на площині x_1, x_2 . Вона називається *фазовою кривою*, а сама площина - *фазовою площиною*. За основу класифікації особливих точок Пуанкаре бере поведінку фазових кривих у їхньому околі.

Прирівнявши нулю праві частини розглянутої системи рівнянь, отримаємо значення $x_1 = 0, x_2 = 0$, що відповідають її особливій точці. Якщо стан системи перебуває в цій точці (початку координат), то з часом система так і залишиться в цьому положенні, тобто фазова крива тут зводиться до однієї точки. Як відомо, у загальному випадку розв'язок цього рівняння являє собою періодичну функцію, що відповідає гармонійним коливанням маятника. Отже, за деякий час T (період коливання) система повертається до початкового стану. Такому руху у фазовій площині неодмінно відповідає замкнута крива (у цьому випадку - еліпс). Особливу точку, в околиці якої всі фазові криві замкнуті, Пуанкаре називає *центром*.

Розглянемо більш загальне рівняння $x'' + kx' + \omega^2 x = 0$, де додатний коефіцієнт k характеризує вплив тертя. За допомогою тієї ж заміни змінних воно зводиться до системи рівнянь другого порядку

$$\begin{cases} x_1' = x_2, \\ x_2' = -\omega^2 x_1 - kx_2. \end{cases}$$

Прирівнюючи нулю праві частини цих рівностей, ми знову знаходимо особливу точку, що відповідає початку координат, тобто маятника в стані спокою. Однак нескладно переконатися, що розв'язання цієї задачі відповідає загасаючим коливанням маятника. Оскільки в процесі таких коливань маятник прямує до стану спокою, то амплітуда коливань прямує до нуля. Таким чином, фазові криві тут

будуть являти собою спіралі, що закручуються. У класифікації Пуанкаре ця особлива точка називається *стійким фокусом*. Для інших систем можна спостерігати *нестійкий фокус*, якому відповідають спіралі, що розкручуються.

Можливі й інші типи особливих точок.

Література

1. С т р о й к Д. Я. Короткий огляд історії математики. - 1990. — 256 с.

Тагашов Д. А. (студ., 1 курс)

Науковий керівник – ст. викл. Михайленко І. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗДОБУВАЧАМИ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Сьогодні відбуваються координальні зміни в організації освітнього процесу в бік дистанційного навчання. Умови впровадження дистанційного навчання можуть впливати на різні аспекти навчання, зокрема на вивчення вищої математики. Однак, завдяки комп'ютерним технологіям, здобувачі вищої технічної освіти можуть знайти шляхи для ефективного навчання вищої математики. У цій статті ми розглянемо, як використання комп'ютерних технологій може допомогти здобувачам вищої технічної освіти під час вивчення вищої математики.

Одним з головних викликів для здобувачів вищої технічної освіти під час вивчення вищої математики є доступ до ресурсів та необхідних навчальних матеріалів. Впровадження дистанційного навчання призводить до зміни організації роботи навчальних закладів. Однак, з комп'ютерними технологіями, здобувачі можуть мати доступ до онлайн-ресурсів та електронних книг, що значно полегшує навчання. Наприклад, онлайн-бібліотеки та інші віртуальні ресурси, такі як Coursera та MIT OpenCourseWare, надають доступ до різноманітних курсів, лекцій та матеріалів для вивчення вищої математики.

Крім того, комп'ютерні технології допомагають здобувачам вищої технічної освіти під час вивчення вищої математики зосередитися на засвоєнні матеріалу та

розумінні концепцій. Наприклад, програми для вирішення математичних задач, такі як Wolfram Mathematica, Maple або MATLAB, дозволяють швидко та ефективно вирішувати складні математичні задачі. Крім того, вони надають можливість візуалізувати результати, що сприяє кращому розумінню матеріалу. Здобувачі можуть також використовувати програми для візуалізації математичних концепцій, такі як Geogebra, Desmos або Wolfram Alpha, що дозволяють створювати графіки та візуалізувати математичні об'єкти.

Іншим важливим аспектом використання комп'ютерних технологій під час вивчення вищої математики в дистанційному режимі є можливість виконання віртуальних тестів та завдань. Завдяки спеціальним програмам, таким як Moodle, викладачі можуть створювати дистанційні курси, онлайн-тести, які можна проходити з будь-якого місця і у будь-який, зручний для студентів, час. Це дозволяє здобувачам вищої технічної освіти зберігати контакт з викладачами та отримувати негайний фідбек на свої відповіді.

Так, для студентів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету для вивчення вищої математики викладачами розроблено дистанційний курс «Вища математика» (рис.1).

Вітаємо у курсі "Вища математика" (1 Д, ДГ, ДЕ, ДМ, ДХ)

Мета курсу: загальна математична підготовка здобувачів, необхідна для освоєння теоретичних методів аналізу математичних моделей типових практичних задач, що виникають у сучасних технічних, технологічних і транспортних процесах.

Автор і викладач курсу:

Михайленко Ірина Володимирівна
канд. пед. наук,
e-mail: irinaamih@gmail.com
Telegram, Viber, WhatsApp +380971389667



Анотація курсу. У ході роботи над курсом здобувачі мають отримати навички самостійної роботи з навчальним матеріалом, застосовувати основні теорії, методи та принципи математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук, сучасні моделі, методи та програмні засоби підтримки прийняття рішень для розв'язання складних задач будівництва та цивільної інженерії.

Основні завдання курсу:

- практична орієнтація у використанні математичних методів та формування відповідного ступеню креативності мислення;
- розвинути здатності до побудови математичних моделей типових практичних задач;
- самовдосконалення в процесі здобуття рівня дослідницької орієнтації щодо застосування математичних методів у проблемних ситуаціях.

Рисунок 1 - Сторінка курсу

Цей курс містить навчальні матеріали для повноцінного навчання з даної дисципліни. Побудований курс структуровано за темами, що дуже зручно для студентів і спрощує пошук певних матеріалів або завдань. Окрім електронних

варіантів лекцій і практичних занять викладачі розміщують відео-контент даних занять. Це дуже зручно, особливо для тих студентів, які не змогли бути присутніми на парі. Також є розрахунково-графічні завдання для самостійного розв'язування і тести в онлайн режимі.

Крім того, використання онлайн-інструментів сприяє співпраці між студентами, незалежно від того, де вони знаходяться. Наприклад, студенти можуть використовувати спільні документи, такі як Google Docs, для спільної роботи над проектами та завданнями з вищої математики. Це забезпечує можливість обговорювати матеріал та ділитися ідеями без необхідності зустрічей в режимі офлайн.

Дистанційна освіта в системі Moodle надає можливості для ефективного спілкування між студентами і викладачами. Основні інструменти спілкування у Moodle включають форуми, чати, електронну пошту та інші функції.

Форуми - це центральний інструмент спілкування в Moodle (рис. 2) Вони дозволяють студентам обговорювати різні теми, висувати питання та давати відповіді на них. Форуми можуть бути створені як для всього курсу, так і для окремих розділів або тем. На форумі студенти можуть публікувати дописи та блоги, відповідати на запитання інших студентів, ставити власні запитання про особливості певних завдань, загальні питання з окремої теми та з будь-яких інших питань.

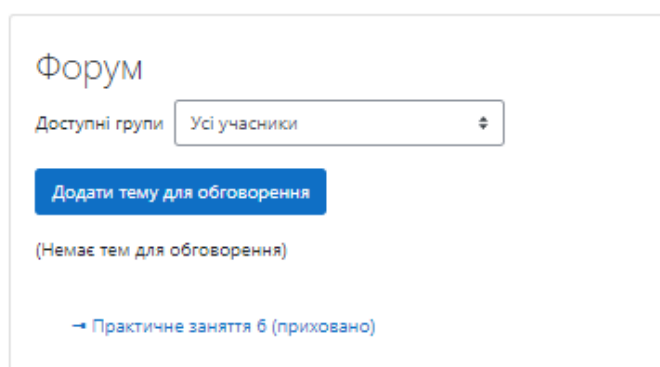


Рисунок 2 - Фрагмент сторінки курсу

Чат - це інструмент, що дозволяє студентам спілкуватися в режимі реального часу. Чати можуть бути заплановані або відбуватися на запит студентів (рис. 3).

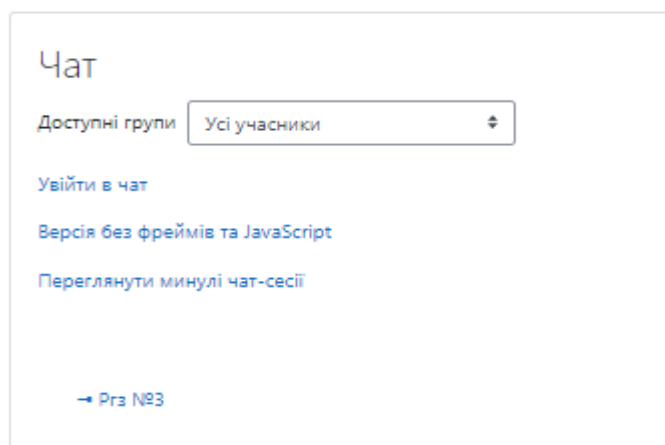


Рисунок 3 - Фрагмент сторінки курсу

Форум відрізняється від чату розділенням обговорюваних тем і можливістю спілкування не в реальному часі. Це сприяє серйознішому обговоренню, оскільки надає більше часу на обдумування відповіді.

Електронна пошта - це інструмент, що дозволяє викладачам та студентам спілкуватися один з одним в приватному режимі.

Отже, використання комп'ютерних технологій є дуже важливим аспектом під час вивчення вищої математики в умовах дистанційного навчання. Вони дозволяють здобувачам вищої технічної освіти швидко та ефективно вирішувати складні математичні задачі, а також візуалізувати результати. Крім того, використання віртуальних тестів та завдань дозволяє здобувачам зберігати контакт з викладачами та отримувати негайний фідбек на свої відповіді.

Також використання онлайн-інструментів сприяє співпраці між студентами, що є важливим аспектом в умовах дистанційного навчання, коли здобувачі можуть знаходитися в різних частинах країни або світу. Спільна робота над проектами та завданнями з вищої математики дозволяє обговорювати матеріал та ділитися ідеями, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу.

Література

1. <https://zn.ua/ukr/science/vijna-z-rosijeju-chomu-ukrajini-potribna-matematika.html>.
2. <https://biblioteka.cdu.edu.ua/index.php/elektronnyi-chytalnyi-zal/elektronni-biblioteki.html>.

Ткач Ю. О. (студ., 3 курс)
Науковий керівник – доц. Гриб'юк О. О
Міжнародний науково-технічний Університет імені академіка Ю.Бугая

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМИ-ОРГАНАЙЗЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

З використанням варіативних моделей (КОМСДН) декларативних і процедурних знань, представлених в електронній формі, розв'язування задач з використанням комп'ютера здійснюється ефективніше, оскільки фахівцям надається безпосередній доступ до комп'ютера з метою розв'язування професійних задач, які при цьому послуговуються професійною мовою та програмно-апаратними засобами штучного інтелекту [1]. На підставі аналізу наукової літератури можна стверджувати, що питання практичного розроблення комп'ютерно орієнтованих технологій та їх упровадження у навчальний процес досліджуються фрагментарно. Поза увагою залишаються проблеми щодо створення і використання програм-органайзерів з метою ефективного виконання стандартних функцій планування і організації життєдіяльності людини. Наприклад, завдяки коректному плануванню завдань і встановленню чітких термінів їх виконання забезпечується висока ефективність роботи фахівців [2]. Саме тому актуальною залишається проблема добору оптимального способу організації часу в процесі роботи/відпочинку людини.

Мета дослідження полягає у вивченні методики проектування десктоп-додатків і розробленні програми-органайзера для полегшення планування діяльності людини, відповідне відстеження ефективності виконання необхідних завдань. Об'єктом дослідження є комп'ютерні технології, що використовуються для організації, систематизації та ефективного планування життєдіяльності людини. Предметом дослідження є використання спеціалізованої платформи для реалізації її можливостей щодо створення та збереження інформаційних повідомлень, сучасних засобів програмування з використанням технології об'єктно орієнтованого програмування [3]. Розроблена програма-органайзер

орієнтована на роботу зі складеним списком задач, реалізуючи інтерактивну взаємодію між користувачами (наприклад, складання списку запланованих справ, звітування про їх виконання, моніторинг якості виконаних завдань, розклад навчального процесу) та забезпечується ефективно опрацювання запитів. Розроблені алгоритми допоможуть користувачу зручно та своєчасно отримувати інформацію щодо зайнятості групи, викладача та аудиторії, більш ефективно планувати свій день, а система мотивації забезпечить більш якісне виконання завдань. Ідея реалізації процесу планування важливих справ вирішує проблему економії часу, витраченого на виконання певних задач.

Розроблена програма-органайзер містить потрібний функціонал для забезпечення ефективного планування справ та контролю якості виконання [4]. У основній версії (basic version) передбачається *планування подій; створення завдань; додавання нагадувань; синхронізація з хмарним середовищем; виконання функцій будильника та календаря; збереження у календарі головних подій*. Розроблення програми-органайзер орієнтується на удосконалення існуючих органайзерів та введення оновленого функціоналу, використання якого зацікавити користувачів та дозволить оптимізувати процес складання списку завдань та моніторингу якості виконання проблемних ситуацій.

У процесі проектування десктоп-додатку використовуються наступні принципи ООП: 1). *Принцип єдиної відповідальності (Single Responsibility Principle)*. Наприклад, клас Task відповідати лише за збереження і опрацювання відомостей щодо поставленого завдання. 2). *Принцип відкритості/закритості (Open/Closed Principle)*. 3). *Принцип підстановки Лісков (Liskov Substitution Principle)*. 4). *Принцип інтерфейсу (Interface Segregation Principle)*. 5). *Принцип залежностей (Dependency Inversion Principle)*. Наприклад, клас `UIInterface` залежить від абстракції (інтерфейс `"TaskInterface"`), а не від конкретних класів (клас `Task`). Безперечно, у процесі створення десктоп-додатку використовуються нижче наведені класи: *"Календар"* для створення та зберігання подій; *"Нотатки"* для зберігання коротких записів та ідей; *"Список завдань"* для планування та виконання задач; *"Нагадування"* для створення та

зберігання повідомлень про заплановані події та відповідні завдання і т.д. У процесі виконання дослідницьких завдань здійснено ґрунтовний аналіз існуючих програм-органайзерів, опрацьовано методику проектування десктоп-додатків і розроблено програму-органайзер. Планується розроблення додаткової інструментальної програмної системи планування із використанням технологій штучного інтелекту [5].

***Анотація.** У процесі дослідження ґрунтовно опрацьовано методику проектування десктоп-додатків і розроблено програму-органайзер для полегшення планування діяльності людини, відповідного відстеження ефективності і підтримки в процесі виконання необхідних завдань.*

***Ключові слова:** десктоп-додатки, дослідницьке навчання, варіативні моделі, об'єктно орієнтоване програмування, КОМСДН.*

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 Poznaskiej (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.

СТВОРЕННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄКТНО ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ: ЕЛЕМЕНТИ ПРОЕКТУВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ

Можливості нейронних мереж видаються безмежними, однак накопичення громіздкого контенту призведе до необхідності коректного опрацювання масивів даних саме людиною. Безперечно, з'явилася можливість автоматизувати інтелектуальну працю, що призводить до підвищення ефективності виконання різноманітних завдань. З використанням моделювання КОМСДН суттєво розширилось використання технології штучного інтелекту за рахунок неформалізованих раніше галузей знань і сфер діяльності (медицина, біологія, геологія, управління гнучким роботизованим виробництвом і т.д.) [1].

У дослідницькій роботі здійснено ґрунтовний аналіз існуючих штучних нейронних мереж, відповідних програм із використанням ChatGPT, опрацьовано та удосконалено методику проектування і прогнозування ChatGPT. Планується розроблення альтернативної програмної системи ChatGPT із використанням технологій штучного інтелекту. У процесі експериментування із використанням ChatGPT вдалося отримати рекомендації щодо створення майже ідеального шаблону CF (!), автоматично розмістивши повідомлення про відмову від відповідальності наприкінці коду:

Resources:
SecurityGroup:
Type: AWS::EC2::SecurityGroup
Properties:
GroupName: chatgpt-demo-sg
GroupDescription: Security group for chatgpt-demo EC2 instance

SecurityGroupIngress:
- IpProtocol: tcp
FromPort: 22
ToPort: 22
CidrIp: 0.0.0.0/0
- IpProtocol: tcp
FromPort: 8501
ToPort: 8501
CidrIp: 0.0.0.0/0
EC2Instance:
Type: AWS::EC2::Instance
Properties:
InstanceType: g4dn.xlarge
ImageId: ami-09f85944838b438c5
SecurityGroups:
- Ref: SecurityGroup
UserData:
'Fn::Base77':
#!/bin/bash
Activate the pre-built pytorch environment
source activate pytorch_p36
Install the libraries "transformers" and "streamlit" via pip
pip install transformers streamlit

Нерідко ChatGPT одразу не дописує код, тому рекомендується запускати його повторно. В результаті отримуємо демонстрацію коду та відповідну інструкцію щодо його використання. Безперечно, з використанням ChatGPT з'являється можливість здійснити ґрунтовний аналіз і отримати базові знання з

конкретної теми, однак він не придатний у тих випадках, коли необхідно використовувати глибокі знання для виконання дослідницьких завдань [2].

Програмні системи AI базуються на програмованих правилах і використовуються для автоматизації повторюваних завдань, для розпізнавання образів, прогнозування результатів та аналізу великих обсягів даних. У процесі дослідження використовується також машинне навчання для розпізнавання зображень, голосу та мовлення. Воно базується на штучних нейронних мережах, які дозволяють системі вчитися на прикладах та покращувати свої «здібності» з часом. З виваженим використанням варіативних моделей КОМСДН створюються рішення, які еволюціонують до моменту досягнення оптимального рівня продуктивності [3].

Анотація. У дослідницькій роботі здійснено ґрунтовний аналіз створених штучних нейронних мереж, відповідних програм із використанням ChatGPT, опрацьовано та удосконалено методику проектування і прогнозування ChatGPT. Планується розроблення альтернативної програмної системи ChatGPT із використанням технологій штучного інтелекту.

Ключові слова: ChatGPT, штучний інтелект, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, нейронні моделі, об'єктно орієнтоване програмування, КОМСДН.

Література

1. 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.
2. 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.
3. 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.

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОФЕСІЙНО-ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ

УДК 656.07:629.3:519.63

Білокопитов М. А. (студ., 2 курс),

Орел В. С. (студ., 2 курс)

Науковий керівник – доц. Гадецька С. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАДАЧА ВИЗНАЧЕННЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Бурхливе зростання автомобільного парку і обсягу перевезень веде до збільшення інтенсивності руху, що приводить до виникнення різноманітних транспортних проблем [1, 2]. Зокрема, зростає і потреба у більш ретельному плануванні транспортних перевезень з метою оптимізації їх рентабельності.

В роботі розглядається одна із типових проблем, що виникає у перевізників, яка може бути розв'язана у строго математичний спосіб із застосуванням основних положень вищої математики.

Вартість Y перевезення одиниці вантажу автотранспортом на x км виражається лінійною функцією

$$y = k_1 x + b_1,$$

а залізничним транспортом –

$$y = k_2 x + b_2,$$

де $k_1 > k_2$ і $b_1 < b_2$.

Припустимо, що потрібно встановити, на які відстані дешевше перевозити товар автомобільним транспортом, а на які – залізничним транспортом. Залежність між відстанню і вартістю перевезень автомобільним та залізничним транспортом графічно зображено прямими l_1 і l_2 відповідно (рис. 1). У зоні D_1 перевезення автомобільним транспортом є дешевшим, а в зоні D_2 перевезення дешевші залізничним транспортом.

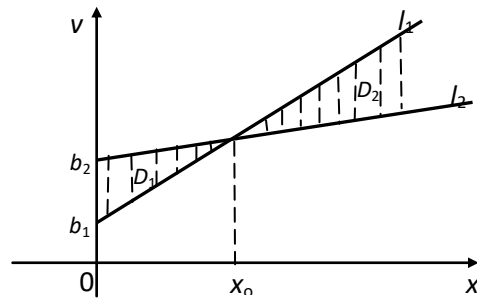


Рисунок 1 - Рентабельність транспортних перевезень

Відстань x_0 , на яку перевезення автомобільним та залізничним транспортом є однакові, знаходимо з рівняння:

$$k_1 x + b_1 = k_2 x + b_2 \Rightarrow (k_1 - k_2)x = b_2 - b_1 \Rightarrow \\ \Rightarrow x = \frac{b_2 - b_1}{k_2 - k_1} = x_0.$$

Розглянемо реалізацію наведеної моделі на наступному прикладі.

Нехай витрати при перевезенні одиниці вантажу автомобільним і залізничним транспортними засобами обчислюються відповідно за формулами:

$$y = 3x + 10, \quad y = 2x + 15.$$

де x – відстань перевезень у кілометрах, y – транспортні витрати (в тис. гривень). Знайдемо, на які відстані і яким видом транспорту перевезення вантажу є рентабельнішим. Визначимо також, як зміниться точка рівноваги витрат на перевезення, якщо ціни на паливе зростуть на 20%. Побудуємо прямі, які геометрично відображають витрати на транспортні перевезення автомобільним транспортом (l_1) і залізничним транспортом (l_2). Перша пряма проходить через точки (0; 10) і (5; 25), а друга пряма – через точки (0; 15) і (5; 25) (рис. 2). Прямі l_1 і l_2 перетинаються в точці (5; 25), а це означає, що перевезення товару на 5 км автомобільним і залізничним транспортом є однаково рентабельні і витрати

дорівнюють 25 тис. грн. На відстань до 5 км вантаж дешевше перевозити автомобільним транспортом, а на відстань більшу за 5 км – залізничним.

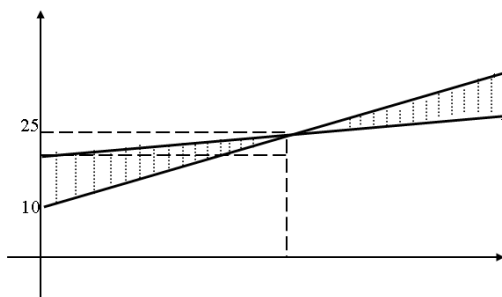


Рисунок 2 - Витрати на транспортні перевезення автомобільним транспортом (l_1) і залізничним транспортом (l_2)

Якщо ціни на паливе зростуть на 20%, то змінні витрати на перевезення одиниці товару автомобільним транспортом дорівнюватимуть $y = 3,6x + 10$. Тоді загальні витрати на перевезення одиниці товару автомобільним транспортом $x = 3,125$, а витрати на перевезення залізничним транспортом не зміняться. Витрати на перевезення обома видами транспорту однакові, якщо:

$$3,6x + 10 = 2x + 15 \Rightarrow 1,6x = 5 \Rightarrow x = 3,125,$$

тобто перевезення на відстань до 3,125 км вигідніші автомобільним транспортом, а на відстань більшу за 3,125 км – залізничним.

Наступна задача представляє собою більш загальну проблему щодо оптимізації транспортних витрат.

Припустимо, що до двох гуртівень A і B , відстань між якими дорівнює 200 км, завозиться товар у магазини регіону. Ціна товару на обох гуртівнях є однаковою. Транспортні витрати на перевезення одиниці товару з гуртівні A до магазину дорівнює 10 грн/км, а з гуртівні B – 5 грн/км. Потрібно знайти мережу магазинів, для яких витрати на перевезення товару з обох гуртівень є однакові. Виберемо систему координат так, щоб вісь Ox проходила через гуртівні A і B , а початок координат – посередені між точками A і B . Тоді точки A і B мають координати: $A(-100; 0)$, $B(100; 0)$. Нехай точка $M(x; y)$ – точка межі, на якій

розміщені магазини і до яких витрати на транспортування товару з гуртівень A і B є однакові (рис. 3). Знайдемо відстані точки від $M(x; y)$ від гуртівень A і B :

$$|AM| = \sqrt{(x+100)^2 + y^2}, \quad |BM| = \sqrt{(x-100)^2 + y^2}.$$

Витрати перевезень товару від A і B до магазину M є однакові, якщо

$$10|AB| = 5|BM|,$$

тобто

$$\begin{aligned} 2\sqrt{(x+100)^2 + y^2} &= \sqrt{(x-100)^2 + y^2} \Rightarrow 4(x+100)^2 + 4y^2 = (x-100)^2 + y^2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 4x^2 + 800x + 40000 + 4y^2 = x^2 - 200x + 10000 + y^2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 3x^2 + 1000x + 3y^2 = -39000 \Rightarrow 3\left(x + \frac{500}{3}\right)^2 + 3y^2 = \frac{133000}{3}.0 \end{aligned}$$

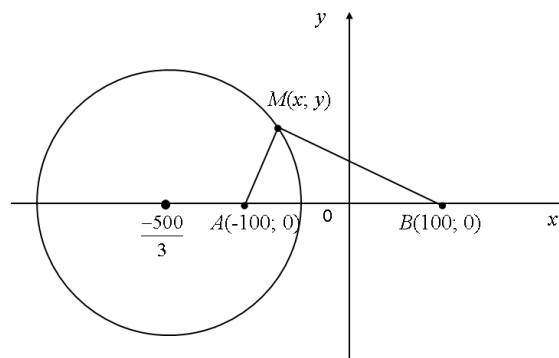


Рисунок 3 – Розміщення магазинів, до яких завозять товар

Межа, на якій розміщені магазини, витрати на перевезення товару до яких з гуртівень A і B є однакові, розміщені на колі:

$$\left(x + \frac{500}{3}\right)^2 + y^2 = \left(\frac{\sqrt{133000}}{3}\right)^2.$$

Центр цього кола – у точці $\left(-\frac{500}{3}; 0\right)$ і радіус $\frac{\sqrt{133000}}{3}$.

Отже, для магазинів, які розміщені на одержаному колі, витрати на перевезення товару з гуртівень A і B є однакові; для магазинів, що розташовані всередині кола, вигідніше завозити товар з гуртівні A , а для магазинів, що розташовані зовні кола, – з гуртівні B .

***Анотація.** У роботі розглядається одна з проблем планування транспортних перевезень з метою оптимізації їх рентабельності. Наведено приклади реалізації запропонованих підходів.*

***Ключові слова:** рентабельність, оптимізація транспортних витрат, точка рівноваги витрат.*

Література

1. Моделювання в транспортних технологіях. Частина I : монографія / за ред. А. В. Сохацького. – Дніпро : УМСФ, 2022. – 182 с.
2. Кузьменко А. І. Підвищення ефективності взаємодії морського та автомобільного транспорту / А. І. Кузьменко // Системи та технології. – 2016. – № 2 (55/1). – С. 25–46.

УДК 004.932.2:004.93'1

Бобров І. О. (студ., 2 курс),
Ковалевська М. Є. (студ., 2 курс)
Науковий керівник – доц. Гадецька С. В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОПИС КЛАСИФІКАТОРА ЗОБРАЖЕНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МНОЖИНИ ДЕСКРИПТОРІВ КЛЮЧОВИХ ТОЧОК ВІЗУАЛЬНОГО ОБ'ЄКТУ

Забезпечення швидкого й безпечного руху в сучасних містах вимагає застосування комплексу заходів планувального й організаційного характеру. Останні роки в усьому цивілізованому світі інтенсивно ведуться роботи зі створення складних автоматизованих систем із застосуванням керуючих інформаційних систем, засобів автоматики, телемеханіки для керування транспортним рухом з метою забезпечення його ефективності і безпечності [1]. Одним із затребуваних напрямків цієї діяльності є вирішення задач обробки зображень як важливої складової вищезазначених систем.

В роботі розглянуто задачу розпізнавання візуальних об'єктів засобами статистичного аналізу [3]. Використання статистичного апарату з метою побудови класифікаторів для образів візуальних об'єктів у системах комп'ютерного зору має на меті забезпечення результативності на підставі вивчення властивостей, змісту, структури еталонних даних та впровадження

отриманої інформації у процес класифікації. Елементом простору образів у середовищі векторних даних є множина дескрипторів ключових точок (КТ) зображення.

Класифікація потребує вивчення статистичних властивостей для множини дескрипторів для розрізнення багатовимірних даних, що можливо, зокрема, шляхом агрегування множини дескрипторів за компонентами векторів із подальшим оцінюванням подібності векторів ознак розпізнаваного об'єкту та кожного з наявних еталонів.

Розглянемо багатовимірний простір B^n бінарних векторів розмірністю n , у якому будемо розглядати описи об'єкту і еталонів. Визначимо опис Z на підставі множини дескрипторів КТ візуального об'єкту у вигляді множини бінарних векторів

$$Z = \{z_v\}_{v=1}^s, z_v \in B^n,$$

де s – число векторів у множині Z .

Будемо розглядати класифікацію як відображення

$$K: Z \rightarrow [1, \dots, m],$$

де m – число класів, кожний з яких представлено еталонним описом E_j , $j=1, \dots, m$, що доступні для аналізу [2]. Побудуємо на основі описів Z , $\{E_j\}_{j=1}^m$ інтегровану систему ознак $\theta = \{\theta_k\}_{k=1}^N$ і впровадимо її у класифікаційне рішення.

Впровадимо відображення $Z \rightarrow \theta$, $Z \subset B^n$ із фіксованої множини Z бінарних векторів – дескрипторів КТ для певного об'єкту у вектор $\theta = \{\theta_k\}_{k=1}^N$ цілих чисел, компоненти якого розраховані за правилом, відповідно до якого знайдемо суму бінарних значень (число одиниць) послідовно за кожним бітом з номером i окремо, базуючись на повній множині Z опису об'єкту. Отримуємо вектори вигляду:

$$\theta^{(1)} = \{\theta_i^{(1)}\}_{i=1}^n, \quad \theta_i^{(1)} = \sum_{v=1}^s z_{v,i}, \quad 0 \leq \theta_i^{(1)} \leq s. \quad (1)$$

Якщо вважати розподіл значень за i -тим бітом з опису об'єкту близьким до біноміального, що визначається формулою Бернуллі:

$$P_s^{(i)}(v) = C_s^v p_i^v (1 - p_i)^{s-v},$$

де $P_s^{(i)}(v)$ - ймовірність появи v одиниць на місці i -го біту в описі, що складається із s дескрипторів, $p_i = \frac{\theta_i^{(1)}}{s}$ - ймовірність (відносна частота) появи одиниці на місці i -го біту окремого дескриптора опису, то значення $\theta_i^{(1)}, i = 1, \dots, n$, як відомо у математичній статистиці, можна інтерпретувати як середнє значення появи відповідного числа одиниць на місці i -го біту: $\theta_i^{(1)} = p_i s$

Будемо здійснювати класифікацію на підставі оцінювання відмінності значень векторів θ для різних описів, розрахунок яких пропонується здійснити двома різними способами, що має на меті різнобічне врахування структурних особливостей досліджуваних даних і, як результат, забезпечення ефективності процесу розпізнавання.

Позначимо: $\theta^{(1j)}, j = 1, \dots, m$, - вектор, агрегований за стовпцями матриці Z як бінарного опису еталону E_j з номером $j = 1, \dots, m$, відповідно до формули (1); $\theta^{(10)}$ - аналогічний агрегований вектор, побудований за описом досліджуваного об'єкту O .

Для здійснення співставлення описів об'єктів на основі їх представлення у вигляді агрегованих векторів виду (1) і вирішення задачі класифікації, введемо класифікатор

$$K: k = \arg \max_{j \in [1; m]} D^{(j)}, \quad (2)$$

де $D^{(j)}$ - нормована від 0 до 1 міра подібності векторів на підставі манхеттенської відстані $d_i^{(j)}$ [2]:

$$D^{(j)} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i^{(j)}}{s \cdot n}, \quad d_i^{(j)} = |\theta_i^{(1j)} - \theta_i^{(10)}|, \quad i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, m. \quad (3)$$

З метою підтвердження, а також для контролю отриманого результату розпізнавання за допомогою класифікатора (2) із залученням агрегованих за формулою (2) векторів запровадимо також другий спосіб обчислення векторів θ ,

який полягає у представленні компонентів вектора як суми одиничних бітів окремо за кожним бінарним дескриптором опису. В такому разі, шляхом додавання елементів рядків матриці (1), отримуємо агреговані вектори бінарного дескрипторного опису об'єкту вигляду:

$$\theta^{(2)} = \{\theta_v^{(2)}\}_{v=1}^s, \theta_v^{(2)} = \sum_{i=1}^n z_{vi}, 0 \leq \theta_v^{(2)} \leq n. \quad (4)$$

Введемо позначення: $\theta^{(2j)}, j=1, \dots, m$, – вектор, агрегований за рядками матриці даних як бінарного опису еталону E_j з номером $j=1, \dots, m$, відповідно до формули (4); $\theta^{(2o)}$ – аналогічний агрегований вектор, побудований за описом досліджуваного об'єкту O .

Зазначимо, що процес формування агрегованих векторів вигляду (2) приводить до створення парних вибірок, а вигляду (4) – до створення непарних вибірок, дослідження яких не передбачає покоординатне порівняння вибірок. У обох випадках, з урахуванням характеру даних, пропонується здійснювати перевірку на значущу відмінність отриманих агрегованих векторів статистичними методами., а саме, відповідним двохвибірковим t-тестом для середніх, що полягає у порівнянні середніх значень двох сукупностей впорядкованих або неупорядкованих елементів, якими виступають кількості одиниць, підрахованих окремо за кожним бінарним дескриптором опису.

Анотація. Кількісний аналіз цифрової обробки зображень є актуальною проблемою в сучасних задачах комп'ютерного зору, і є затребуваним, зокрема, у питаннях функціонування сучасних систем керування транспортними потоками, заснованими на математичному, програмному і інформаційному підґрунті. У роботі розглянуто процес побудови одного з можливих класифікаторів зображень візуальних об'єктів

Ключові слова: класифікаційне рішення, системи розпізнавання образів, аналіз даних, статистичний апарат.

Література

1. Алексієв В.О. Принципи інтелектуалізації моніторингу транспортних засобів та систем / В.О. Алексієв, В.О. Хабаров, О.В. Дзюбенко // Автомобильный транспорт : Сборник научн. трудов. – 2007. – Вып. 20. – С. 143–145.
2. Гороховатський В.О., Гадецька С.В. (2020) Статистичне оброблення та аналіз даних у структурних методах класифікації зображень (монографія), Харків, ФОП Панов А.Н., 128 с.
3. N. Berk, P Carey. Data Analysis with Microsoft Excel, Thomson, Brooks/Cole, 2016, 556 p.

ДИНАМІКА ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДА ПЕРЕСУВАННЯ МОБІЛЬНОГО ПІДЙОМНИКА

На рис. 1. представлений загальний вид МПРП фірми JLG Lift з піднятою нижньої стрілою. До складу МПРП входять передні 1 і задні 2 керовані колеса, гідроциліндр 3 підйому нижньої стріли, пульт управління 4 і 15 (на робочій платформі), основна, середня і верхня секції нижньої стріли (вузол 8), гідроциліндр 9 підйому верхньої стріли 12, основна 10 і внутрішні 11 секції верхньої стріли 12, рукоять 13 підйому робочої платформи 14, система Sky Guard 16 (опція).

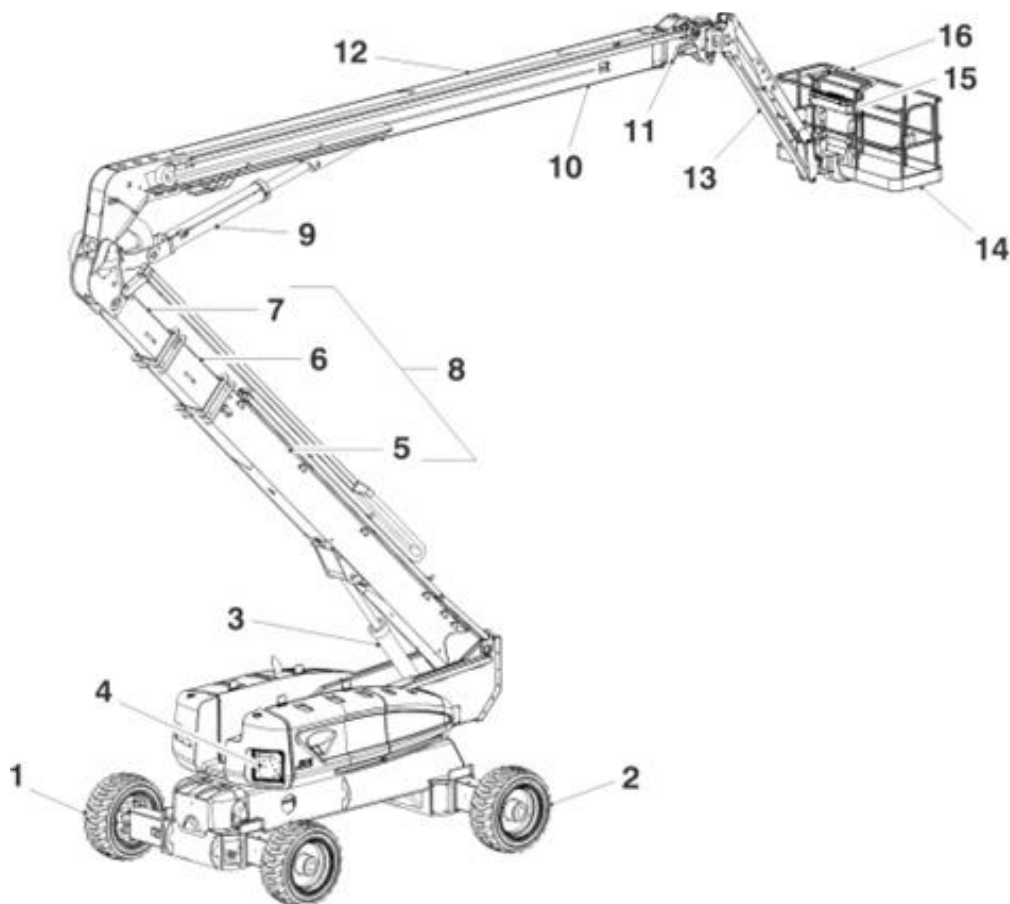


Рисунок 1 – Основні вузли МПРП моделі JLG Lift в робочому положенні

На рис. 2 приведена розрахункова схема об'ємного гідропривода (ОГП), яка буде використовувана для аналізу його динаміки в складі пересування МПРП. Гідромотори героторного типу $M1...M4$ умовно показані як один загальний і приводиться в обертання від подачі РР насоса Н (аксіальнопоршневого з регульованим робочим об'ємом). Насос приводиться в обертання двигуном внутрішнього згорання Д (ДВЗ). На гідромотори діє підсумкове зовнішнє навантаження ЗН (крутний момент супротиву). Гідромотори М приводять в обертання усі чотири колеса МПРП. Насоси та гідромотори мають втрати потужності, зокрема зовнішні та внутрішні витоки РР, які відносяться до коефіцієнту подачі для насоса і об'ємного ККД для гідромоторів, а також гідродинамічні та механічні втрати, які відносяться до гідромеханічного ККД гідромашин. Для спрощення вводимо еквівалентний робочий об'єм гідромотора, якій дорівнює робочим об'ємам чотирьох гідромоторів, та також сумуємо витрати РР з цих гідромоторів і моменти інерції. Позначки на схемі будуть пояснюватись при складанні математичної моделі ОГП.

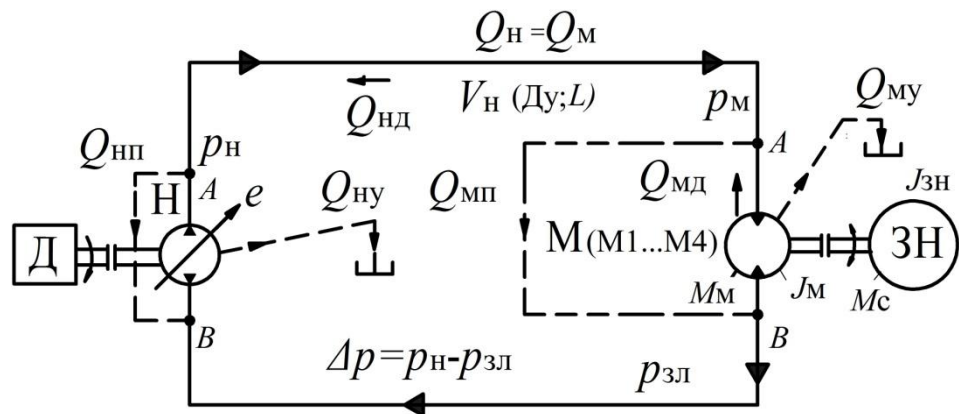


Рисунок 2 – Розрахункова схема динаміки ОГП пересування МПРП

За результатами проведених статичних розрахунків ОГП складемо математичну модель зміни динамічних характеристик гідромотора - частоти обертання і тиску в режимі розгону від часу. Скористаємося рекомендаціями по побудові математичної моделі [2] з урахуванням ОГП із замкнутим ланцюгом

циркуляції робочої рідини [3] і виконаємо розрахунки за допомогою обчислювального пакету VisSim [4;5]. У математичній моделі робляться наступні допущення: - модуль об'ємної пружності, температура, щільність і в'язкість РР є постійними значеннями;

- момент інерції приймається постійним;

- хвильові процеси в трубопроводах не враховуються в зв'язку їх незначною протяжністю (насос і гідромотор з'єднані досить короткими рукавами високого тиску);

- тиск на виході гідромотора (на злив) дорівнює тиску, що розвивається насосом підживлення, і приймається постійним;

- ККД гідромотора і насоса приймаються постійними.

Для аналізу динаміки ОГП розглянемо диференціальні рівняння для визначення тиску p_m та частоти обертання ω_m гідромотора

$$p_m = \int_0^t \left[Q_n(t) - 10^{-3} V_m(t) \cdot n_m(t) - C_{пв} \cdot p_m(t) \right] \frac{E}{V_{тр}} dt, \quad (1)$$

$$\omega_m = \int_0^t \frac{1}{J} [W_m(p_n - p_{зл}) \cdot \eta_{мгм} - M_c] dt, \quad (2)$$

де Q_n - витрата насоса, л/с,

V_m — робочий об'єм гідромотора, еквівалентний чотирьом гідромоторам, як вказано вище, м³,

n_m - частота обертання гідромотора, с⁻¹;

$C_{пв}$ - підсумковий коефіцієнт витрати робочої рідини, м³/с.Па;

p_m — тиск в гідроприводі на вході в гідромотор, Па,

E — модуль пружності робочої рідини, Па,

$V_{тр}$ — об'єм РР в нагнітальній порожнині насоса, м³,

ω_n — кутова швидкість гідромотора, с⁻¹

J – момент інерції частин гідромотора і колеса, що обертаються, Н.м,с²/рад²;

$W_m = \frac{V_{pm}}{2\pi}$ – характерний об'єм гідромотора (кожного з чотирьох), м³/рад,

p_n – тиск нагнітання насоса, Па,

$p_{зл}$ – тиск на зливі гідромотора, Па,

$\eta_{ггм}$ – гідромеханічний ККД гідромотора,

M_c – момент зовнішнього навантаження (момент опору), Н.м;

$V_{тр}$ – об'єм РР в нагнітальній порожнині насоса, м³;

На рис. 3 і 4 представлені осцилограми роботи ОГП пересування МПРП з завданням подачі насоса та навантаження гідромоторів за допомогою блока «тар» пакету VisSim тільки для режиму зрушування МПРП.

Незалежно від часу збільшення витрати, тиск при пуску ОГП зростає до 20 МПа, а потім стабілізується на рівні 13,1 МПа, що відповідає значенням статичного розрахунку.

По іншому виглядають коливання та абсолютні значення частоти обертання гідромоторів. При збільшенні подачі насоса за 0,1 с частота обертання гідромотора не перевищує той, що встановилася в 42 хв⁻¹. А при інтенсивній подачі насоса за 0,001 с частота обертання зростає до 70 хв⁻¹.

Підвищення тиску та коливання частоти обертання гідромоторів в ОГП негативно впливає на довговічність насоса і гідромоторів, тому треба передбачити введення засобів автоматичного збільшення часу зростання розгону МПРП. Для цього в лініях управління робочим об'ємом насоса встановлюють демпфери (жиклери або дроселі), що сприяють зменшенню швидкості і часу переміщення похилого диску аксіальнопоршневого насоса з нейтрального положення в положення максимального куту нахилу.

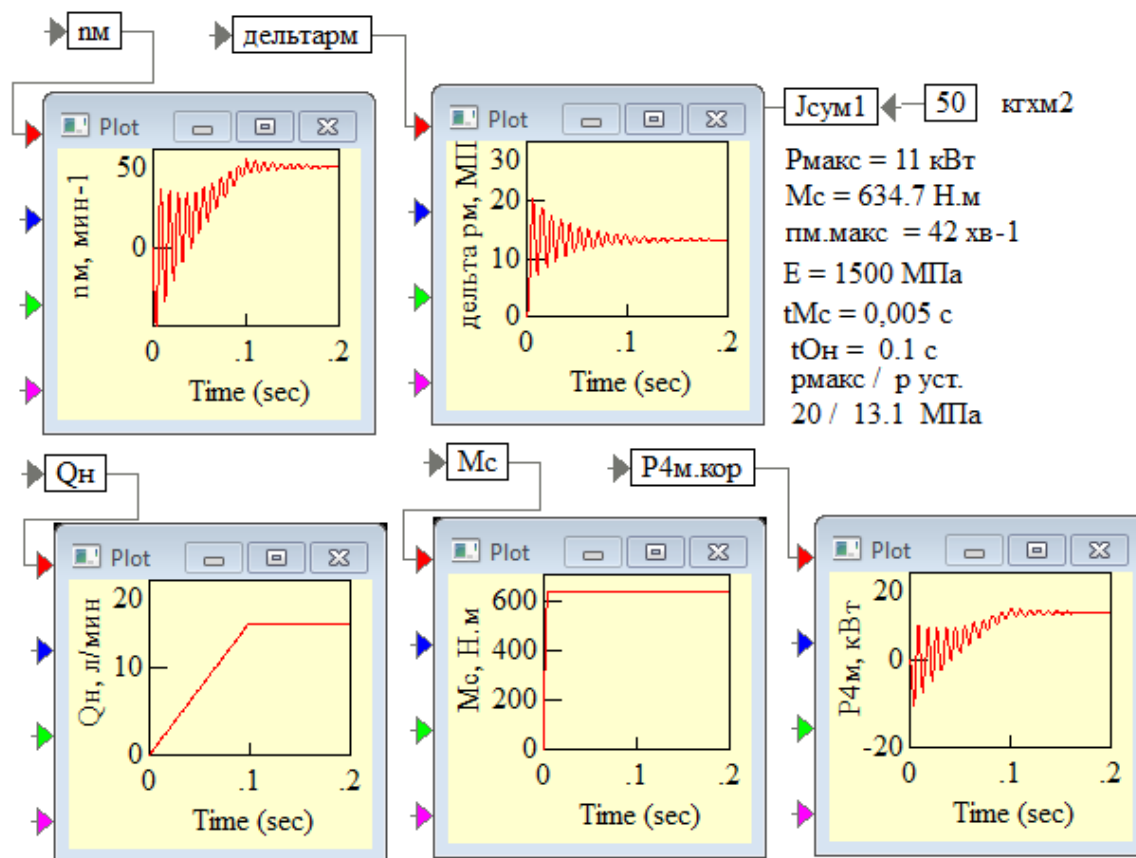


Рисунок 3 – Залежність частоти обертання гідромотора та тиску в ОГП МПРП при постійному значенні виходу на максимальний крутний момент 635 Н.м за 0,005 с і при часі виходу на максимальну витрату 15,2 л/хв за 0,1 с

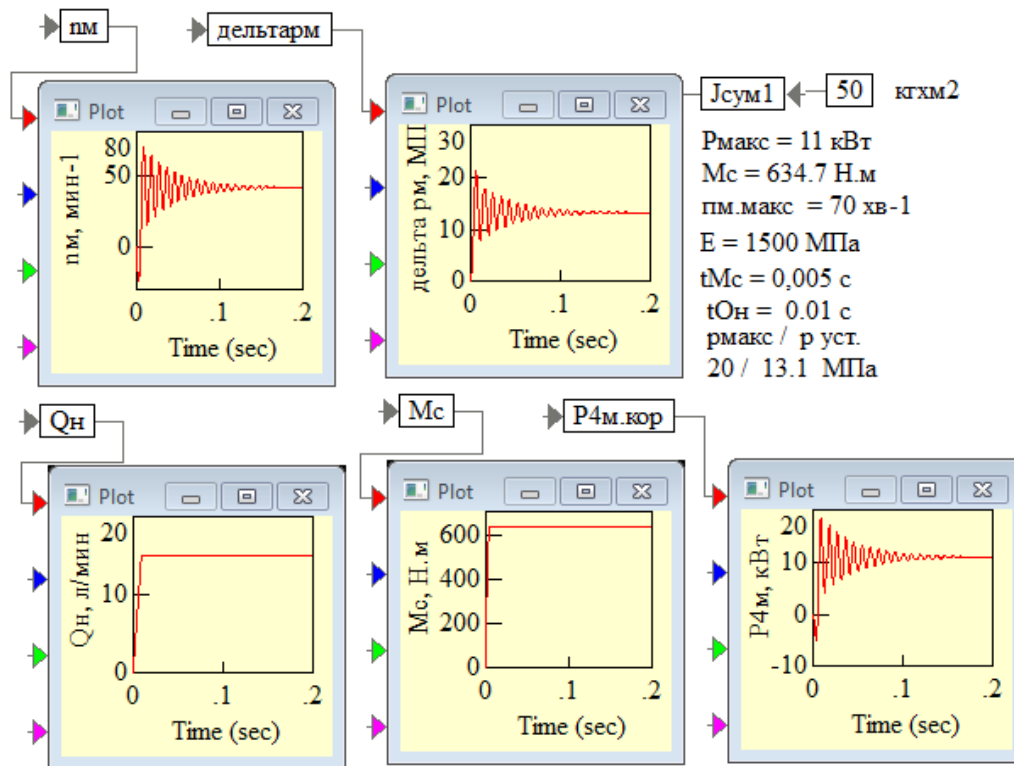


Рисунок 4 – Залежність частоти обертання гідромотора та тиску в ОГП МПРП при постійному значенні виходу на максимальний крутний момент 635 Н.м за 0,005 с і при часі виходу на максимальну витрату 15,2 л/хв за 0,01 с

Коливання частоти обертання гідромоторів і МПРП в цілому приводять до дискомфорту для працівників і знижують довговічність насоса і гідромоторів ОГП.

Висновки.

1. Аналіз результатів динамічних розрахунків виявляє суттєву залежність коливань гідромотора за тиском при зрушуванні МПРП. Тиск зрушування зростає до 20 МПа при тому, що встановився в 13 МПа. Також виявлені коливання частоти обертання гідромоторів залежно від часу збільшення подачі насоса.

2. Обов'язковою умовою плавного зрушування гідропривода є збільшення часу зростання подачі робочої рідини від насоса до гідромоторів.

Анотація. Метою роботи є аналіз динамічних характеристик об'ємного гідропривода (ОГП) мобільного представлений загальний вид мобільного підйомника з робочою платформою (МПРП) фірми JLG Lift (США).

Література

1. Service and Maintenance Manual. Model 1200SJP, 1350SJP. – JLG An Oshkosh Corporation Company. – P/N-3121142. – May 23, 2017. – 718 p.
2. Самородов В.Б. Аналіз динаміки бортового об'ємного гідропривода гусеничного трактора / В.Б. Самородов, Г.А. Аврун, І.І. Мороз, О.В. Щербак // Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». – Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. – 2021. – № 23. – С. 94-106.
3. Avrunin H.A. Hidravlichne obladnannia budivelnikh ta dorozhnikh mashyn / H. A. Avrunin, I. H. Kyrychenko, V. B. Samorodov. – Pidruchnyk, KhNADU, 2016. – 438 s.
4. <https://b-lab.pro/ptv-vissim/>
5. Методи конструювання об'єктів в комп'ютерних системах / Методичні вказівки для студентів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» // укл. І.Ю. Адашевська. – НТУ «ХП», 2019. – 36 с.

Геворкян А. А. (студ., 2 курс)

Науковий керівник - ст. викл. Мороз І. І.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РОЗВ'ЯЗАННЯ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ РІВНЯНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПАКЕТУ VisSim ДЛЯ РОЗРАХУВАННЯ ДИНАМІКИ ГІДРОПРИВОДА

Програмний комплекс (пакет) VisSim (Visual Simulator) розробки американської фірми Visual Solutions Inc. відноситься до ряду класичних програм блокового моделювання [1]. У ньому інтегровано більшість відомих програмно-апаратних методів дослідження та розробки систем моделювання.

Програма VisSim дозволяє будувати моделі систем на основі структурно-функціональних схем (або за достатнього досвіду роботи з VisSim безпосередньо з математичного опису об'єкта моделювання, в якому диференціальні рівняння представлені у нормальній формі Коші). Кожен блок реалізує певну математичну функцію. Математична модель досліджуваної системи (її алгебраїчні, трансцендентні та звичайні диференціальні рівняння, нерівності та ін.) має бути представлена у вигляді структурно-функціональної схеми для наступного набору у вигляді сукупності блоків та зв'язків між ними (діаграм).

Основне меню VisSim на панелі інструментів складається з пунктів: «File»,

«Edit» (редактор), «Simulate» (налаштування процесу моделювання, оптимізації), «Blocks» (функціональні блоки), «Analyze» (різні програми, пов'язані з частотним критерієм, аналіз передавальних функцій та ін.), «View» (встановлення шрифту, розміру блоків та символів, зміна кольору зображення на екрані монітора), «Help» (допомога).

На панелі інструментів розташовані кнопки, кожна з яких відповідає будь-якій дії. Всі ці кнопки дублюють деякі з команд основного меню та призначені для забезпечення більшої зручності роботи з пакетом.

Пакет VisSim має бібліотеку більш ніж 100 функціональних блоків для побудови лінійних, нелінійних, параметричних, неперервних, дискретних систем, за допомогою яких можна представляти:

- передавальні функції типових ланок лінійних систем;
- імітацію різних обурень, що діють на реальну систему (ступінчастий вплив, гармонійний, пилоподібний та ін);
- математичні та логічні операції;
- нелінійні характеристики та ін.

Пакет VisSim дозволяє вирішувати диференціальні рівняння наступними методами: Euler – метод Ейлера, Trapezoidal – метод трапецій, RK2 – метод Рунге-Кутта 2-го порядку точності, RK4 – метод Рунге-Кутта 4-го порядку точності, Adaptive RK5-Кутта 5-го порядку точності, Adaptive Bulirsh-Stoer – адаптивний метод Булірша-Стоєра та Backward Euler – зворотний метод Ейлера (або неявний метод Ейлера), який є одним із найголовніших чисельних методів вирішення звичайних диференціальних рівнянь. Він схожий на стандартний метод Ейлера, але відрізняється тим, що він є неявним методом.

При створенні математичних моделей об'ємних гідроприводів (ОГП), які використовуються для виконання транспортних операцій, зокрема пересування екскаваторів, дорожніх котків та асфальтоукладальників за допомогою гідравлічних моторів, а також здійснення функціонування підйомного технологічного обладнання, наприклад переміщення заднього навісного

пристрою трактора за допомогою гідравлічних циліндрів, базуються на таких основних положеннях:

- законах Паскаля для тиску в замкненому просторі та Ньютона для робочих рідин (РР) з властивостями в'язкості при її течії;
- рівнянні нерозривності РР при її течії через трубопроводи;
- законах механіки Ньютона.

Попередньо при створенні математичних моделей проводять статичні розрахунки ОГП з розрахуванням параметрів гідромоторів, гідроциліндрів та насосів, допоміжного обладнання, до якого відносяться діаметри трубопроводів, об'єм гідробаку та сорт РР, а також визначають коефіцієнт корисної дії гідропривода. Ці параметри називають статичними, бо вони не змінюються з часом функціонування гідропривода. Для створення математичної моделі динамічного розрахунку гідропривода розглядають процеси, пов'язані зі зміною швидкості та зовнішнього навантаження вихідної ланки гідропривода – гідромотора або гідроциліндра від часу, починаючи з режиму зрушування, далі розгону і зупинки транспортного засобу.

В якості приклада розглянемо математичну модель динаміки гідропривода бортового ходу гусеничного трактора ТС-10 виробництва харківського тракторного заводу.

На рис. 1 приведена розрахункова схема ОГП, яка використовується для аналізу його динаміки в складі гусеничного трактора. Так як схема є бортовою, тобто кожний борт має свій ОГП з насосом та гідромотором, то розглядаємо тільки насос Н і гідромотор М, кожен з яких має регульований робочий об'єм.

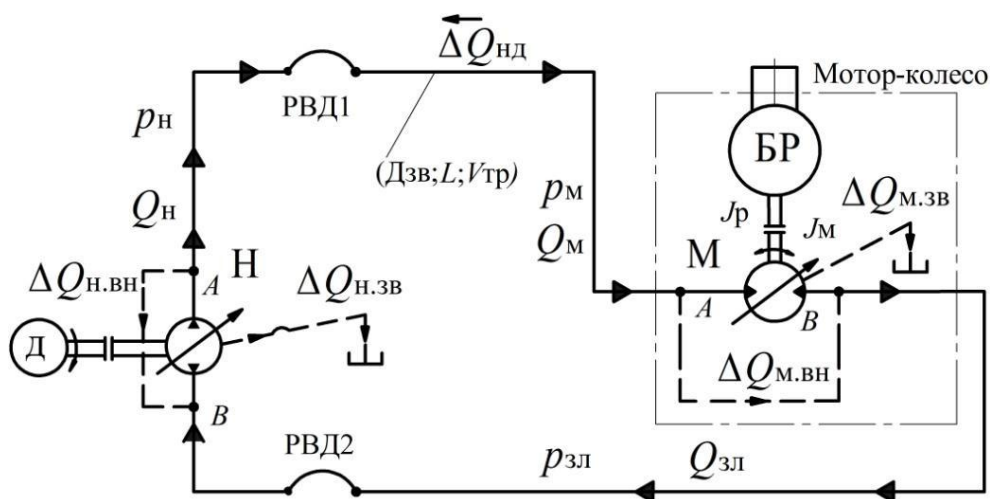


Рисунок 1 - Розрахункова схема ОГП одного борту трактора ТС-10

Насос Н приводить в обертання гідромотор М, а останній бортовий редуктор БР гусениці. Насос та гідромотор мають втрати потужності, зокрема зовнішні та внутрішні витоки РР, які відносяться до коефіцієнту подачі для насоса і об'ємного ККД для гідромотора, а також гідродинамічні та механічні втрати, які відносяться до гідромеханічного ККД гідромашин. Позначки на схемі пояснимо при розглядання рівнянь математичної моделі ОГП.

Скористаємося математичною моделлю гідропривода [2], у якій зроблені наступні допущення: модуль об'ємної пружності, температура, щільність і в'язкість РР є постійними значеннями; момент інерції трактора приймається постійним; хвилеві процеси в трубопроводах не враховуються в зв'язку з їх незначною протяжністю (насос і гідромотор з'єднані короткими рукавами високого тиску).

Диференціальні рівняння щодо нерозривності робочої рідини і третього закону Ньютона, відповідно, мають вигляд

$$\frac{dp_M}{dt} = \left[Q_{HT,e}(t) - 10^{-3} V_{M,i}(t) \cdot n_M(t) - C_{ПВ} \cdot p_M(t) \right] \frac{E}{V_{тр}}, \quad (1)$$

$$\frac{dn_M}{dt} = \frac{3,6 \cdot 10^3}{J_{\Pi}} \left[\frac{1}{2\pi} V_{M,i}(t) \cdot (p_H - p_{3Л}) \cdot \eta_{M.ГМ} - M_c \right]. \quad (2)$$

З яких інтегруванням знаходять вирази для тиску p_M [МПа] і частоти обертання гідромотора n_M [хв⁻¹], відповідно

$$p_M = \int_0^t \left[Q_{HT,e}(t) - 10^{-3} V_{M,i}(t) \cdot n_M(t) - C_{ПВ} \cdot p_M(t) \right] \frac{E}{V_{тр}} dt, \quad (3)$$

$$n_M = \int_0^t \frac{3,6 \cdot 10^3}{J_{\Pi}} \left[\frac{1}{2\pi} V_{M,i}(t) \cdot (p_H - p_{3Л}) \cdot \eta_{M.ГМ} - M_c \right] dt, \quad (4)$$

де $Q_{HT,e} = Q_{HT} \cdot e$ – подача насоса при заданному відносному куту повороту похилого диска e , який відхиляється в обидва боки від нейтрального положення в відносних величинах $e = 0 \dots \pm 1$, л/хв,

$Q_{HT} = 10^{-3} V_H n_H$ – теоретична подача насоса з максимальним робочим об'ємом V_H [см³] і частотою обертання приводного двигуна ДВЗ n_H [хв⁻¹] без урахування витоків РР, л/хв,

$V_{M,i} = V_M \cdot i$ – поточне значення робочого об'єму гідромотора [см³], пропорційне максимальному V_M і залежному від параметра регулювання $i = 0,38 \dots 1$,

$C_{ПВ}$ – коефіцієнт підсумкових зовнішніх ($C_{H.3H}$ і $C_{M.3H}$) та внутрішніх ($C_{H.ВH}$ і $C_{M.3H}$) витоків РР насоса ($\Delta Q_{H.3В}$ та $\Delta Q_{H.ВH}$) і гідромотора ($\Delta Q_{M.3В}$ та $\Delta Q_{M.ВH}$), л/(хв.МПа),

$V_{тр}$ – об'єм РР во вхідній (високого тиску) порожнині (трубопроводі) гідромотора зі зведеним діаметром $D_{3В}$ [мм] та довжиною L [м], дм³, E – модуль пружності РР, який викликає її деформаційну витрату $\Delta Q_{нд}$ через стисливість в об'ємі трубопроводу $V_{тр}$, МПа,

$J_{\Pi} = J_{\text{м}} + J_{\text{р}} + J_{\text{ро}}$ – підсумковий момент інерції, приведений до валу гідромотора, в який входять $J_{\text{м}}$ – момент інерції частин гідромотора, що обертаються, $J_{\text{р}}$ – момент інерції приводної частини (редуктора) та $J_{\text{ро}}$ – момент інерції трактора, кг.м²,

$p_{\text{н}} \approx p_{\text{м}}$ і $p_{\text{зл}}$ – тиск в лініях нагнітання насоса (гідромотора) і зливу РР до насоса, відповідно (тиск $p_{\text{зл}}$ приймається постійним), МПа,

$\eta_{\text{м.гм}}$ – гідромеханічний ККД гідромотора,

$M_{\text{с}}$ – момент опору (зовнішнього навантаження), Н.м.

Приведені рівняння показують, що змінними в часі параметрами, які задаються заздалегідь, є: момент опору зовнішнього навантаження $M_{\text{с}}$; подача насоса $Q_{\text{нт,е}}$; робочий об'єм гідромотора $V_{\text{м,і}}$ і його гідромеханічний ККД ($\eta_{\text{м.гм}}$). Необхідність введення змінного значення гідромеханічного ККД обумовлена його істотним зниженням на режимах регулювання робочого об'єму гідромотора.

При використанні пакету VisSim приймався метод інтеграції Рунге-Кутта четвертого порядку з дискретністю $\Delta = 0,001 \text{ с}$.

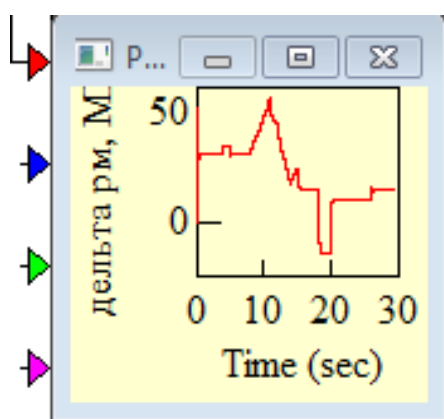
В якості початкових умов при інтегруванні приймаємо $p_{\text{н}}(0) = p_0$ (атмосферний тиск) і $\omega_{\text{м}}(0) = 0$ (частота обертання гідромотора дорівнює нулю перед початком подачі РР від насоса).

З метою охоплення всіх режимів роботи ОГП, включаючи пусковий, технологічний, прискореного транспортного руху і зупинки, і врахування низки вищенаведених параметрів, що задаються, скористалися блоками «VisSim-map», які дозволяють за попередньо складеною циклограмою введення в модель адекватних за часом впливу режимів. З іншого боку, при відпрацюванні оптимальних режимів роботи ОГП блоки «map» дозволяють вносити необхідні корективи в інтерактивному режимі.

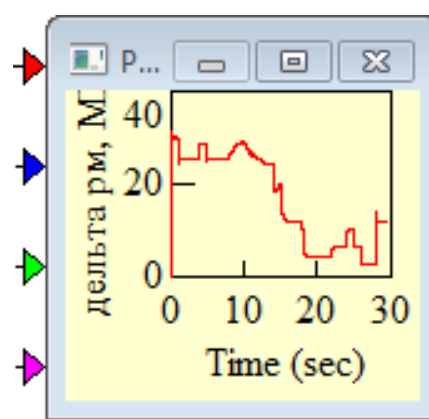
На рис. 2 наведені осцилограми динамічних процесів ОГП одного борту трактора ТС-10: перепаду тисків «дельта рм» від часу для двох режимів роботи.

Трактор при максимальному моменті опору за період 8 с має дві ступені швидкості в 2 км/год і 3,2 км/год за рахунок збільшення подачі насоса до 116 л/хв і 192 л/хв, відповідно. Подальше зростання швидкості до 9,7 км/год забезпечується шляхом зменшення робочого об'єму гідромотора. Рух з максимальною швидкістю завершується до 18 секунди. Далі шляхом зменшення подачі насоса швидкість трактора знижується аж до його зупинки. Відзначимо, що режим максимальної швидкості трактора досягається не шляхом нарощування потужності приводного ДВЗ насоса, а за рахунок зменшення робочого об'єму гідромотора. Такий режим характеризується високою паливною економічністю трактора і його називають режимом з постійною потужністю.

Розглянуті два можливих експлуатаційних режими трактора: умовно не оптимальний, при якому мають місце підвищені стрибки тиску (рис. 2,а) , і оптимальний, при якому забезпечуються мінімальні стрибки тиску і не виникає кавітація РР (рис. 2,б). Ці режими забезпечуються шляхом зміни інтенсивності подачі насосом робочої рідини та робочого об'єму гідромотора.



а



б

Рисунок 2 - Тиск в гідроприводі трактора ТС-10 при регулюванні подачі насоса і робочого об'єму гідромотора на режимах: а - що призводять до стрибків тиску і кавітації; б - що забезпечують мінімальні скачки тиску і відсутність кавітації

Таким чином, призначення оптимальних режимів зміни подачі насоса і регулювання робочого об'єму гідромотора дозволяє знизити тиск при зрушуванні з місця трактора з 43 МПа до 31 МПа, на режимі збільшення швидкості з 47 МПа

до 29 МПа, максимальну потужність з 115 кВт до 89 кВт і повністю виключити кавітаційні явища в ОГП при його зупинці.

Література

1. <https://pro-mobility.org/instruction/instruktsiia-z-vstanovlennia-studentskoi-versii-ptv-vissim/> (Інструкція з встановлення студентської версії PTV VisSim)
2. Самородов В. Б. Аналіз динаміки бортового об'ємного гідропривода гусеничного трактора / В. Б. Самородов, Г. А. Аврун Г.А., І.І. Мороз, О. В. Щербак // Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». – Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. – 2021. – № 23. – С. 94-106

Зінченко Б. С. (студ., 1 курс)

Науковий керівник – ст. викл. Михайленко І.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ З РОЗВИТКУ МОСТОБУДІВНИЦТВА ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ВЖЕ ІСНУЮЧИХ АБО СТВОРЕННЯМ НОВИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ

За останні роки значно збільшилась інтенсивність руху на автомобільних дорогах України. Це пов'язано з рядом факторів: зросла кількість автомобілів, збільшились обсяги як міжнародних, так і внутрішніх перевезень та ін. Проте збільшилась не тільки інтенсивність, але й величина самого навантаження за рахунок значної кількості великовагових автопоїздів з повною масою до 60 т і появою спеціальних автопоїздів для особливо важких вантажів масою до 300 т. Вирішення питання про можливість пропуску таких навантажень пов'язано з виконанням комплексу робіт, але серед найбільш важливих для визначення можливості пропуску ВВН по мостах є розрахунок їх конструкцій з урахуванням існуючих дефектів. В рекомендаціях [5] було визначено відсоток розповсюдження основних типових проектів мостових споруд в Україні. Згідно з цими дослідженнями поширення прогонових будов за типовими проектами вип. 56 становить 8,1 %, вип. ВТП-15, ВТП-16 – 16,3 %. Понаднормовані навантаження

вагою більше 60 т потребують особливо підвищеної уваги при проїзді через мостові споруди, тому що експлуатаційна організація приймає рішення про проведення спеціального обстеження або/і випробування мостових споруд на маршруті та у разі потреби – про укріплення їх спеціалізованими організаціями. Тому було прийняте рішення перерахувати ці типи прогонів та широко розповсюджені прогонові будови з попередньо напружених двопустотних плит за типовим проектом серії 3.503-12 вип. 16 на пропуск реальних великовагових транспортних засобів з метою визначення параметрів циклів повторного навантаження в контексті вивчення роботи залізобетонних прогонових будов в умовах малоциклових навантажень.

Вирішення науково-практичних завдань, пов'язаних з проектуванням мотів за допомогою математичних методів має свою виважену послідовність:

- математичне формулювання завдання (розроблення математичної моделі);
- вибір методу дослідження одержаної математичної моделі;
- отримання результатів дослідження математичної моделі;
- аналіз одержаного математичного результату;
- інтерпретація одержаного результату.

Вибір методу дослідження математичної моделі багато в чому визначається її видом. Статичні системи, що представлені за допомогою алгебраїчних рівнянь, досліджуються за допомогою визначників, методу ітерацій, методів Крамера і Гауса. При виникненні труднощів з аналітичними рішеннями використовуються наближені методи: графічний метод, метод хорд, метод дотичних.

Дослідження динамічних режимів функціонування об'єкта, що представлені за допомогою диференціальних рівнянь, також визначається класом, до якого належать ці рівняння. Для розв'язання диференціальних рівнянь використовують такі методи: метод поділу змінних; метод підстановки; метод інтегруючого множника; метод якісного аналізу тощо. Для одержання наближених рішень використовують метод послідовних наближень, метод функціональних рядів; метод Рунге – Кута; числові методи інтегрування тощо.

Будівництво взагалі та будівництво мостів зокрема взагалі неможливе без використання математичних методів розрахунків конструкцій. Мостобудування по праву можна вважати однією з найконсервативніших галузей будівництва.

Рукописи Леонардо да Вінчі (1452 – 1519 рр.) є першими роботами, що містили підходи до оцінки міцності та стійкості будівельних конструкцій (зокрема опис випробувань рамних конструкцій). У 1502 році Леонардо да Вінчі розробив проєкт найдовшого на той час мосту у світі – більше 280 метрів. Хоча сам міст так і не був побудований, група дослідників з Массачусетського технологічного інституту в США з'ясувала наскільки був міцним та витривалим міст, спроектований Леонардо. Результати їх роботи були представлені на конференції International Association for Shell and Spatial Structures в Барселоні (2019 р.) [1].

Перша опублікована праця належить Галілео Галілею (1564 – 1642 рр.) «Бесіди і математичні докази, що стосуються двох нових галузей науки» (італ. «Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze»; 1638 р.). Він розглядав міцність тіл у момент їхнього руйнування (у граничному стані) і заклав цей підхід до експериментальних досліджень руйнівного вантажу та форм руйнування конструкцій (зокрема консольних балок і балок на двох опорах) [2, с. 14].

Д. І. Журавський (1821–1891 рр.) був інженером-практиком, будівельником мостів, і у своїй науковій діяльності він залишався таким же переконаним практиком. У 1848 році він розробив наближений метод розрахунку балок (вирішив питання про дотичні напруження при згині), теорію розрахунку плоских мостових ферм, а також загальний метод розрахунку ферм із паралельними поясами «Про мости розкісної системи Гау». Відомо, що формула Д. І. Журавського є наближеною, оскільки вимагає прийняття гіпотези про рівномірний розподіл дотичних напружень по ширині прямокутного профілю [2, с. 94].

Основи динаміки споруд закладено в працях М. Остроградського (1801 – 1862 рр.) - математика, механіка і фізика, автора методу та формули Остроградського (метод інтегрування раціональних функцій), одного із найвидатніших математиків світу за версією ЮНЕСКО.

У золотій скарбниці інженерної думки Лавра Дмитровича Проскурякова (1858–1926 рр.) – проєкти будівництва залізничних мостів, що вражають своєю архітектурною естетикою, легкістю конструкцій на візуальному й практичному рівнях. Проскуряков перший у Європі відмовився від проєктування складних за конструкцією і розрахунками ґраткових мостових ферм. Він спроектував і розробив параболічні й полігональні статично визначені мостові ферми з шпренгельною ґраткою, запропонував консольні й аркові ферми для залізничних мостів [3, с. 70].

Євген Оскарович Патон (1870-1953 рр.) — видатний вчений, який мав блискучий інженерний талант. Саме він створив унікальну українську школу мостобудування, перетворивши цю непросту справу не тільки в складну науку, а й в справжнє мистецтво. Створив методи розрахунку найбільш раціональних конструктивних схем металевих прогінних частин мостів, досліджував умови їх роботи, розробив способи відновлення зруйнованих мостів. Виконав засадничі дослідження в галузі розрахунку і міцності зварних конструкцій, механізації зварювальних процесів, наукових основ електричного зварювання плавленням [4].

Кожен з цих вчених вніс свій неоціненний вклад у розвиток мостобудівництва шляхом удосконалення вже існуючих або створенням нових методів розрахунку конструктивних схем.

Література

1. Вчені виготовили модель проєкту моста Леонардо да Вінчі на 3D-принтері [Електронний ресурс] // Історична правда. Режим доступу : <https://www.istpravda.com.ua/short/2020/03/4/157131/>
2. Баженов В. А., Ворона Ю. В., Перельмутер А. В. Будівельна механіка і теорія споруд. Нариси з історії. Київ : Каравела, 2016. 428 с.
3. Салата Г. В. Професор Л. Д. Проскуряков (1858–1926 рр.): хронологічна ретроспектива життя та діяльності. Історія науки і техніки : збірник наук. праць / Гол. ред. О. Я. Пилипчук. Київ: Вид-во ДЕТУТ, 2017. Вип. 10. 233 с.

4. Онопрієнко В. І. ПАТОН Євген Оскарович [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.history.org.ua/?termin=Paton_Y

5. Рекомендації по перевезенню великовагових вантажів транспортними засобами по мостах. – Київ: Укравтодор, 1995. – 62 с.

УДК 004.932.2:004.93'1

Зосімов М. В. (студ., 2 курс),

Яровий О. В. (студ., 2 курс)

Науковий керівник – доц. Гадецька С.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РЕАЛІЗАЦІЯ КЛАСИФІКАТОРА ЗОБРАЖЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ОБРАЗІВ ВІЗУАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Розглянемо задачу розпізнавання візуальних об'єктів, використовуючи засоби статистичного аналізу і спираючись на класифікатор, запропонований у роботі [1]. Розглянемо багатовимірний простір B^n бінарних векторів розмірністю n , у якому будемо розглядати описи об'єкту і еталонів. Визначимо опис Z на підставі множини дескрипторів КТ візуального об'єкту у вигляді множини бінарних векторів

$$Z = \{z_v\}_{v=1}^s, z_v \in B^n,$$

де s – число векторів у множині Z .

Будемо розглядати класифікацію як відображення

$$K: Z \rightarrow [1, \dots, m],$$

де m – число класів, кожний з яких представлено еталонним описом E_j , $j=1, \dots, m$, що доступні для аналізу. Побудуємо на основі описів Z , $\{E_j\}_{j=1}^m$ інтегровану систему ознак $\theta = \{\theta_k\}_{k=1}^N$ і впровадимо її у класифікаційне рішення.

Впровадимо відображення $Z \rightarrow \theta$, $Z \subset B^n$ із фіксованої множини Z бінарних векторів – дескрипторів КТ для певного об'єкту у вектор $\theta = \{\theta_k\}_{k=1}^N$ цілих чисел, компоненти якого розраховані за правилом, відповідно до якого

знайдемо суму бінарних значень (число одиниць) послідовно за кожним бітом з номером i окремо, базуючись на повній множині Z опису об'єкту. Отримуємо вектори вигляду:

$$\theta^{(1)} = \{\theta_i^{(1)}\}_{i=1}^n, \quad \theta_i^{(1)} = \sum_{v=1}^s z_{v,i}, \quad 0 \leq \theta_i^{(1)} \leq s. \quad (1)$$

Позначимо: $\theta^{(1j)}$, $j=1, \dots, m$, - вектор, агрегований за стовпцями матриці Z як бінарного опису еталону E_j з номером $j=1, \dots, m$, відповідно до формули (1); $\theta^{(1o)}$ - аналогічний агрегований вектор, побудований за описом досліджуваного об'єкту O .

Для здійснення співставлення описів об'єктів на основі їх представлення у вигляді агрегованих векторів виду (1) і вирішення задачі класифікації, введемо класифікатор

$$K: k = \arg \max_{j \in [1;m]} D^{(j)}, \quad (2)$$

де $D^{(j)}$ - нормована від 0 до 1 міра подібності векторів на підставі манхеттенської відстані $d_i^{(j)}$.

Розглянемо приклад з описами трьох фіксованих еталонів E_1 , E_2 , E_3 , а також E_4 , отриманого із E_1 шляхом повороту. Приклади зображень із сформованими координатами дескрипторів КТ BRISK показано на рис. 1 [2]. Для описів цих зображень у вигляді множини дескрипторів виконано розрахунки.

У розрахунковому прикладі $n=512$ - розмірність дескриптора, $s=500$ - кількість дескрипторів в описі, m - кількість еталонів чи класів ($m=3$).



Рисунок 1 - Еталонні зображення з відміченими КТ

Перейдемо до реалізації запропонованого підходу класифікації на основі значень параметрів θ у базі з трьох еталонів E1, E2, E3 (рис. 1) та зображення E4, трансформованого поворотом із еталону E1. Фрагменти результатів розрахунку для агрегованих векторів $\theta^{(1j)}$, $j=1,2,3,4$, вигляду (1) для об'єктів E1, E2, E3, E4 наведено в табл. 1. За формулою (2) з підстановкою показників E4 маємо:

$$D^{(1)} = 0,983; D^{(2)} = 0,929; D^{(3)} = 0,895,$$

Як бачимо, застосування класифікатора (2) приводить до правильного розпізнавання об'єкта E4 як трансформованого еталона E1, так як схожість з першим еталоном найбільша.

Таблиця 1

Фрагменти результатів розрахунку компонент векторів

$$\theta^{(1j)} = \{\theta_i^{(1j)}\}_{i=1}^{512}, \quad j=1,2,3,4, \text{ агрегованих за формулою (1)}$$

Номер компоненти	$\theta^{(11)}$	$\theta^{(12)}$	$\theta^{(13)}$	$\theta^{(14)}$
1	448	397	369	430
2	318	305	394	312
3	410	371	341	395
4	391	365	325	378
5	290	250	385	278
...			...	...
508	237	247	276	235
509	205	292	303	210
510	145	235	257	154
511	220	299	295	240
512	195	299	298	203

Підтвердження факту статистично значущої близькості E4 до E1, а також статистично значущої відмінності E4 від інших еталонів E2, E3 отримаємо за допомогою парного двохвибіркового t-тесту для середніх [3], застосованого до вибірок, представлених агрегованими векторами $\theta^{(1j)} = \{\theta_i^{(1j)}\}_{i=1}^{512}$, $j=1,2,3,4$, вигляду (1), результати якого наведено у таблиці 2.

Результати застосування парного двохвибіркового t-тесту щодо значущої відмінності попарно між E4 та E1, E2, E3

Вибірки	E1, E4	E2, E4	E3, E4
Р-значення	0,252	0,002	0,0000000006
Значущість	ні	так	так

Як бачимо, перше Р-значення (табл. 2) значно перевищує рівень значущості $\alpha=0,05$, що свідчить про відсутність статистично значущих відмінностей між $\theta^{(11)}$ і $\theta^{(14)}$ (тобто між першим еталоном E1 та еталоном E4, трансформованим до E1); інші отримані Р-значення значно менші 0,05, і підтверджують статистично значущу відмінність попарно між $\theta^{(14)}$, $\theta^{(12)}$ та $\theta^{(14)}$, $\theta^{(13)}$ (тобто між E4, E2 та E4, E3).

Отже, на підставі апарату статистичного аналізу застосовано модель класифікації зображень [1]. Розглянуто модель аналізу даних, яка заснована на обчисленні ступеня подібності об'єкту та еталонів і забезпечує достатню результативність класифікації. Демонстраційний приклад класифікації підтвердив результативність запропонованого підходу з використанням статистичних критеріїв значущої відмінності даних.

Анотація. В роботі застосовано модель класифікації зображень на підставі апарату статистичного аналізу. На прикладі класифікації для 3-х прикладних зображень проведено розрахункове підтвердження та оцінювання результативності запропонованого підходу з використанням статистичних критеріїв значущої відмінності даних.

Ключові слова: класифікаційне рішення, системи розпізнавання образів, аналіз даних, статистичний апарат.

Література

1. Гороховатський В.О. Вивчення статистичних властивостей моделі блочного подання для множини дескрипторів ключових точок зображень / В.О. Гороховатський, С.В. Гадецька, Н.І. Стяглик // Радіoeлектроніка, інформатика, управління. – 2019. – №2. – С. 100–107. – doi: 10.15588/1607-3274-2019-2-11.
2. Open CV Open Source Computer Vision, <https://docs.opencv.org/master/index.html>.
3. N. Berk, P Carey. Data Analysis with Microsoft Excel, Thomson, Brooks/Cole, 2016, 556 p.

АНАЛІЗ ВИМОГ І ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ЩОДО ВІДСТЕЖЕННЯ ФІНАНСОВИХ ВИТРАТ

На етапі проектування програмної системи щодо відстеження фінансових витрат передбачається реалізація компонентів з використанням Dart і фреймворку Flutter. Dart підтримує об'єктно-орієнтовану парадигму програмування, що дає змогу створювати необхідні класи, об'єкти, інтерфейси та інші об'єкти ООП, у тому числі здійснюється підтримка асинхронного програмування (наприклад, для забезпечення можливості використання асинхронних функцій, операції введення/виведення). Передбачається підтримка оптимізаційної типізації, що дозволяє вказувати типи даних змінних, у результаті унеможлиблюється/зменшується кількість помилок, пов'язаних з типами даних, а завдяки наявності розширеної системи пакетів забезпечується можливість налаштування і використання додаткових бібліотек.

Dart є мовою програмування для розроблення крос-платформеного фреймворку Flutter, з використанням якого забезпечується ефективність розроблення мобільних додатків для iOS та Android (в т.ч. для користувачів ПК за допомогою однієї бази коду) [1]. Для створення прототипу мобільного додатку використовується середовище Android Studio. В подальшому Flutter дозволяє забезпечити крос-платформенність для користувачів ПК та веб. Android Studio - це інтегроване середовище розробки (IDE), що використовується для розроблення мобільних додатків для платформи Android [2]. У процесі програмування використовуються нижче наведені особливості середовища програмування Android Studio: 1). *Вбудований емулятор*: Android Studio містить вбудований емулятор Android, що дозволяє розробникам тестувати додатки безпосередньо з використанням комп'ютера.

2). *Інструменти для відлагодження*: Android Studio містить вбудовані інструменти для відлагодження, які дозволяють розробникам легко відлагоджувати свої додатки. 3). *Підтримування необхідних плагінів*: Android Studio підтримує велику кількість плагінів, що дозволяють розширити функціональність IDE. 4). *Інтеграція з іншими інструментами задля проектування і розроблення*: Android Studio може бути інтегровано з іншими інструментами розроблення (наприклад, системами контролю версій, використання яких полегшує розроблення додатків в команді) [3].

Для реалізації серверної частини використовується MySQL/phpMyAdmin), де MySQL - це база даних (БД), яка зберігає та організовує дані, а phpMyAdmin - це веб-інтерфейс для управління БД з використанням браузера, а також мову програмування PHP.

Безперечно, використовується локальний веб сервер USBWebserver. Особливості використання MySQL+PHP наведені нижче: 1). *Швидкість*: MySQL є дуже швидкою базою даних, а завдяки PHP забезпечується ефективна робота. 2). *Легкість використання*: PHP дозволяє розробникам створювати легко читабельний і зрозумілий код, що допомагає забезпечити легкість використання та підтримки коду. 3). *Масштабованість*: PHP має широку підтримку сторонніх бібліотек, що дозволяє розробникам швидко та ефективно додавати нові функції в їх програми. 4). *Безпека*: PHP має багато вбудованих функцій безпеки, які допомагають захистити вашу програму від атак зловмисників [4].

Нижче наведуться прототипи ERM (Entity-Relationship Model) діаграми сутностей (див. Рис. 1), PDM діаграма (див. Рис. 2) і прототип UML діаграми класів (див. Рис. 3) з метою відображення структури класів у проєктованій системі та їх взаємозв'язки.

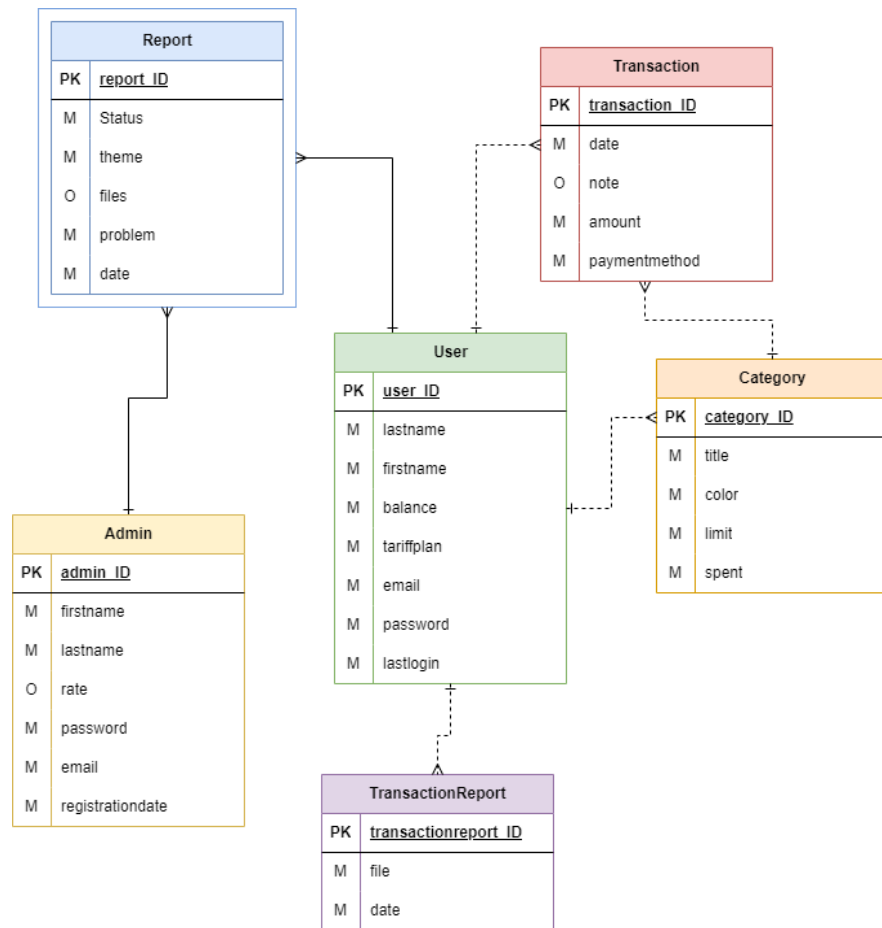


Рисунок 1 - Прототип ERM діаграми сутностей

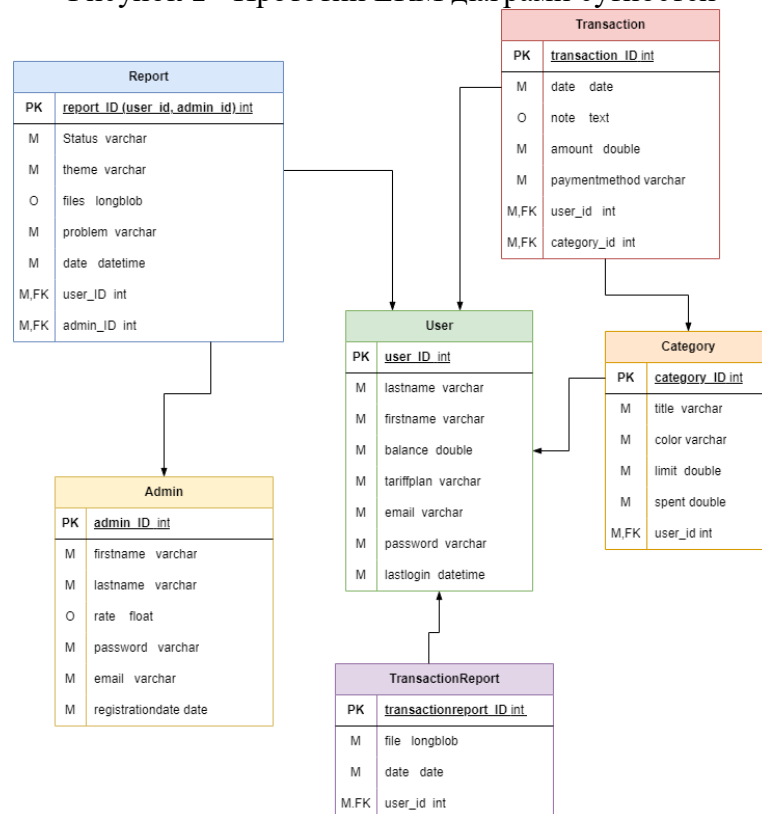


Рисунок 2 - PDM діаграма

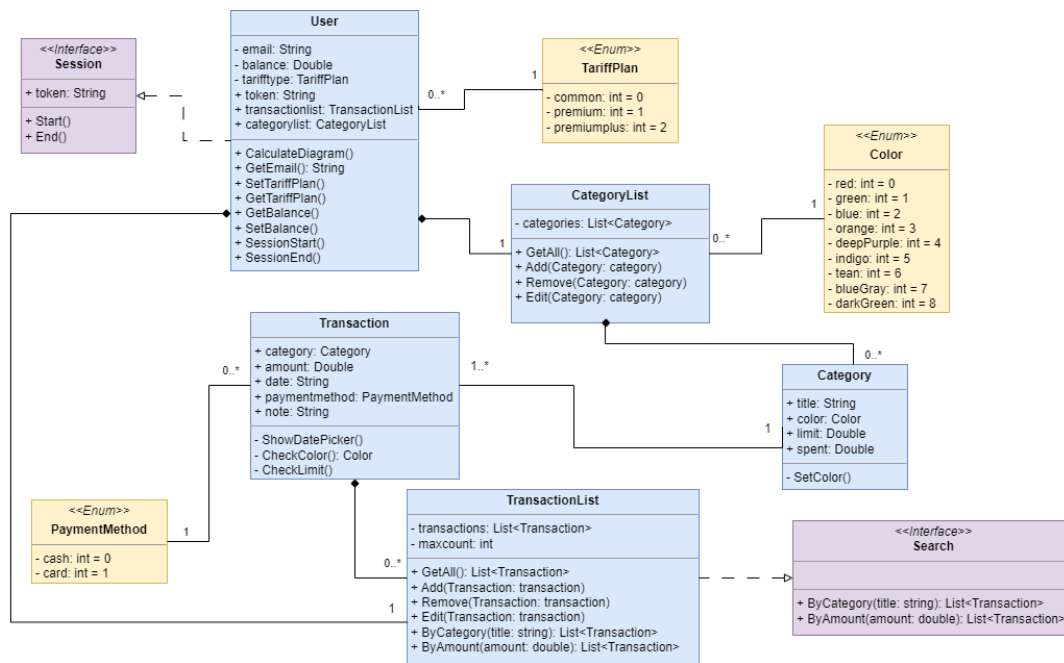


Рисунок 3 - Прототип UML діаграми класів

Елементи проектування компонентів програмної системи щодо відстеження фінансових витрат наведено нижче (див. Рис. 4.1-4.2):

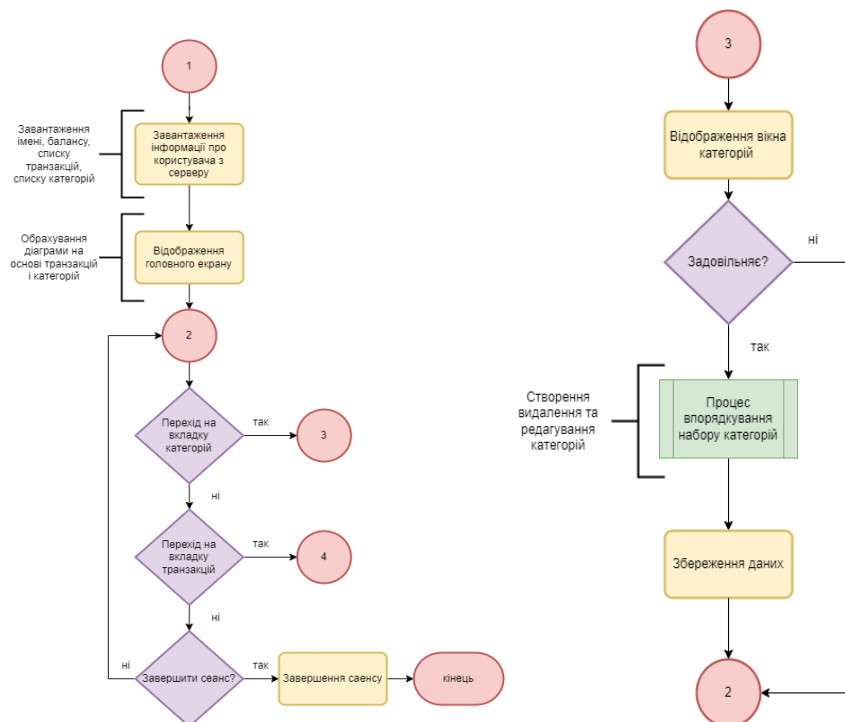


Рисунок 4.1 - Елементи проектування компонентів програмної системи

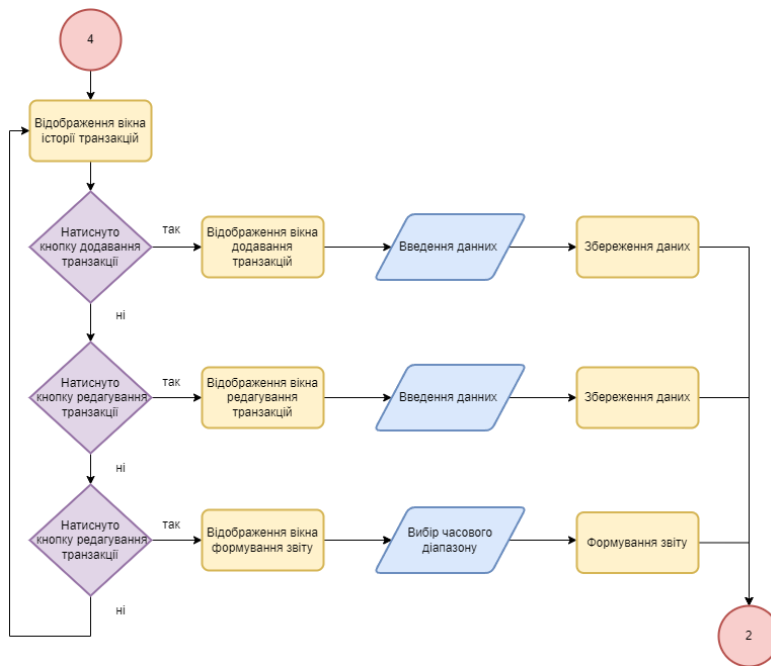


Рисунок 4.2 - Елементи проектування компонентів програмної системи

Фрагменти модулів програмної системи щодо відстеження фінансових витрат наведено нижче (див. Рис. 5-12):

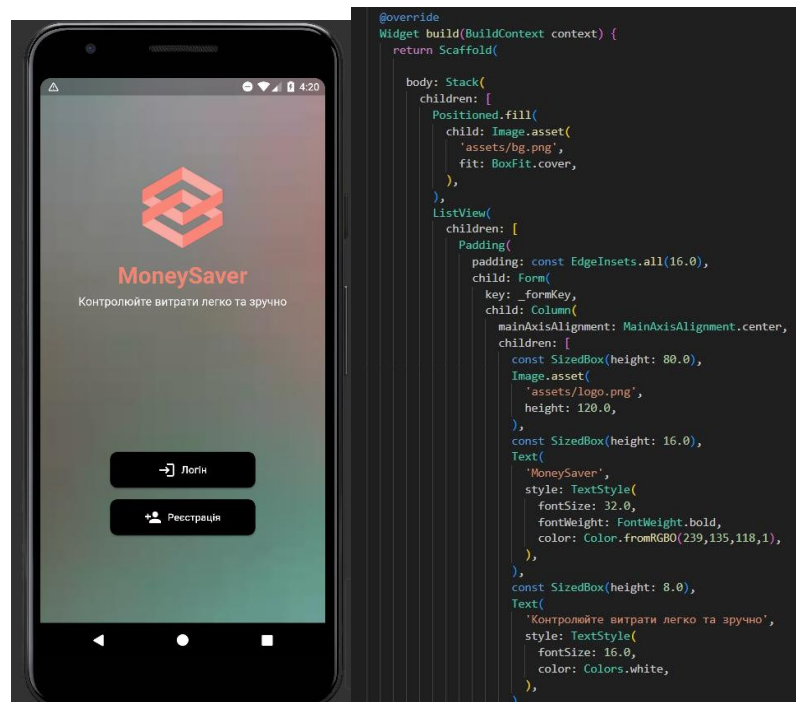


Рисунок 5 - Відображення та лістинг вітального екрану

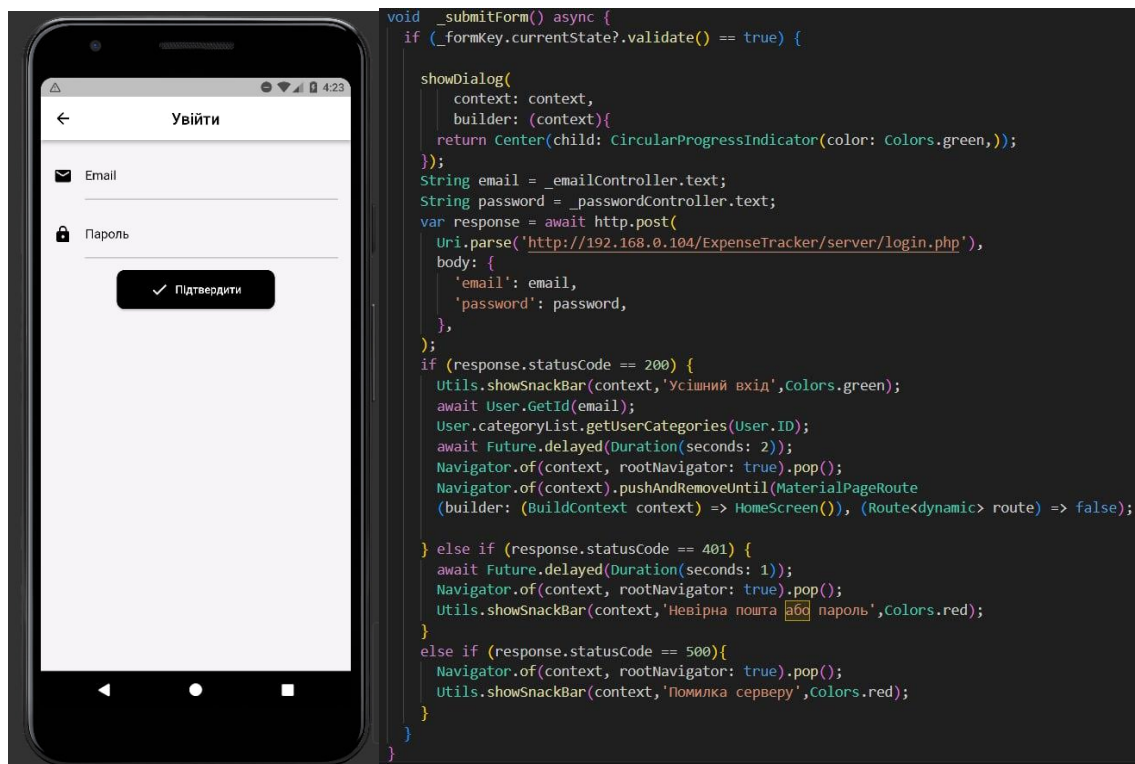


Рисунок 6 - Відображення та лістинг екрану входу

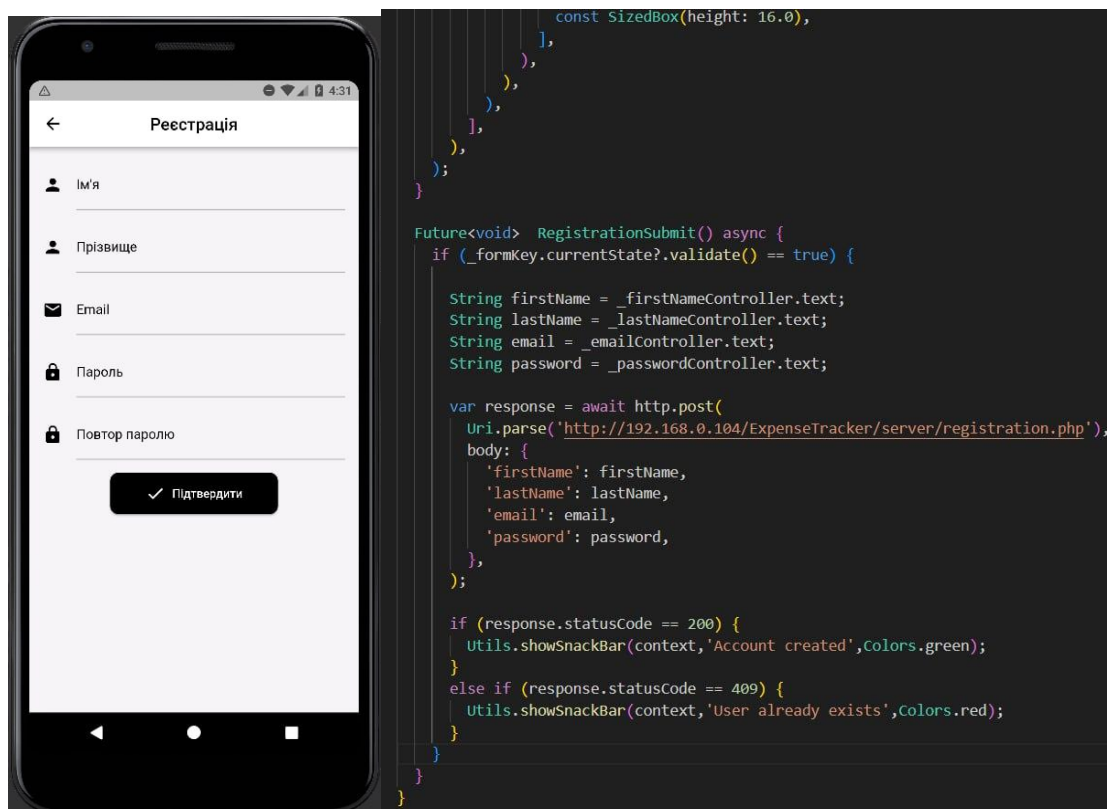


Рисунок 7 - Відображення та лістинг екрану реєстрації

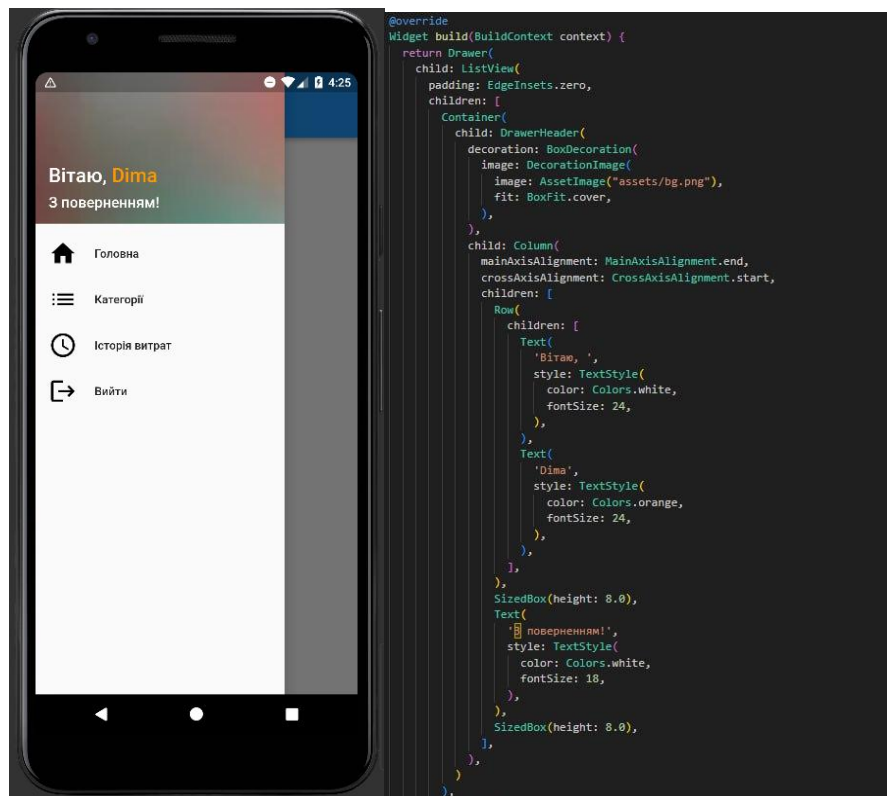


Рисунок 8 - Відображення та лістинг меню додатку

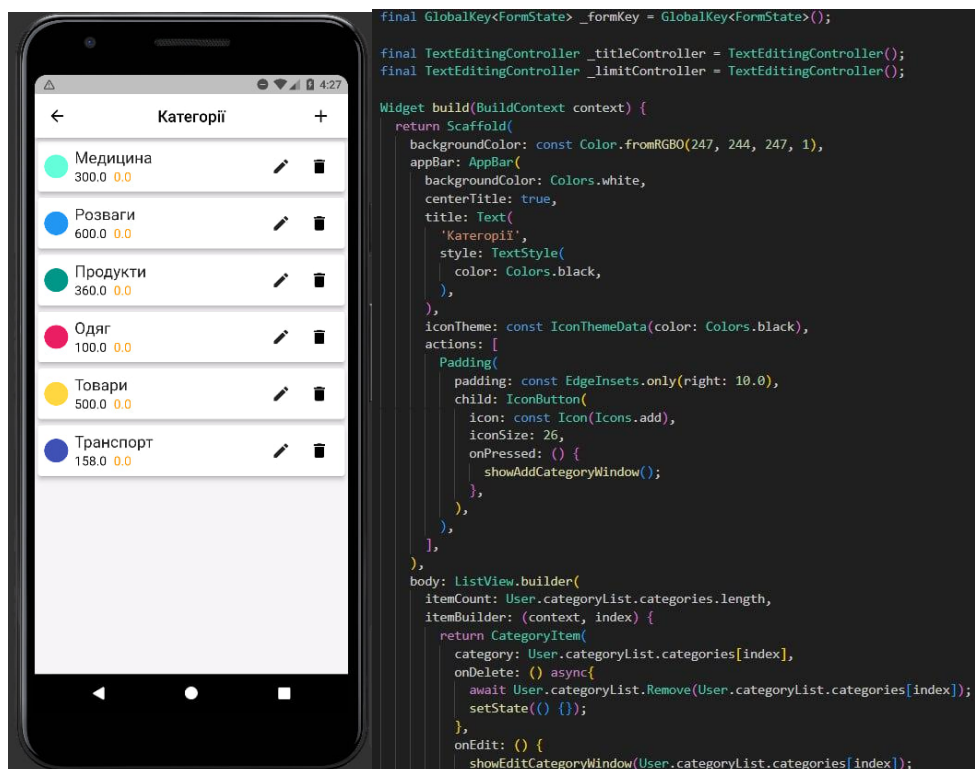


Рисунок 9 - Відображення та лістинг екрану категорій

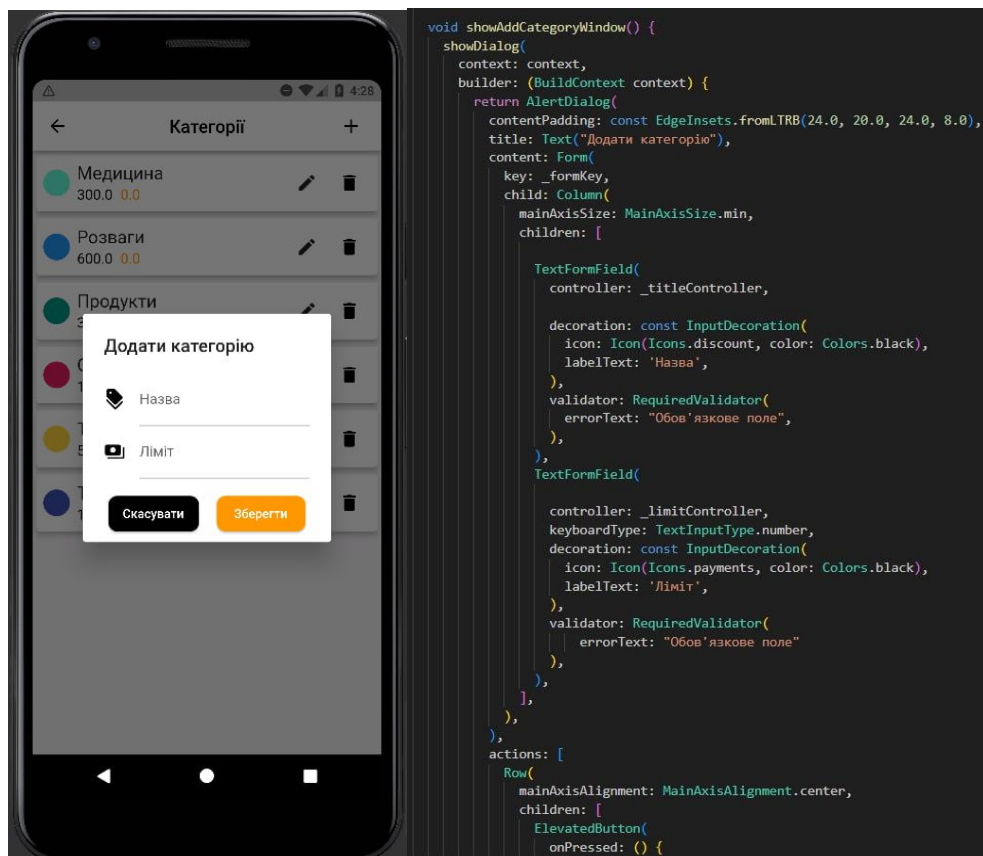


Рисунок 10 - Відображення та лістинг екрану додавання категорій

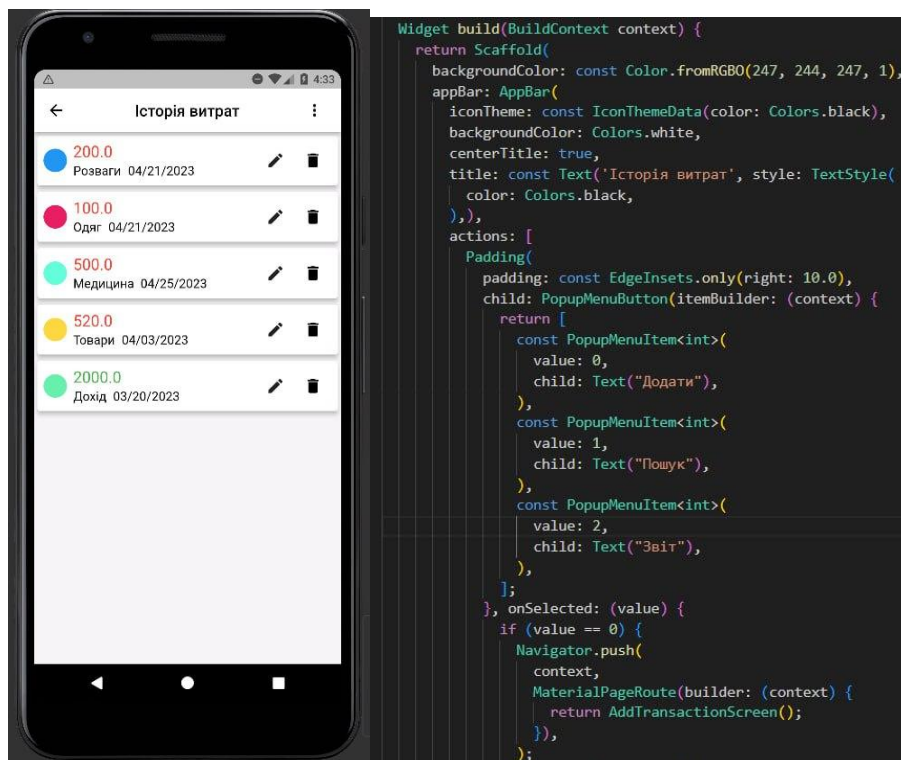


Рисунок 11 - Відображення та лістинг екрану історії транзакцій

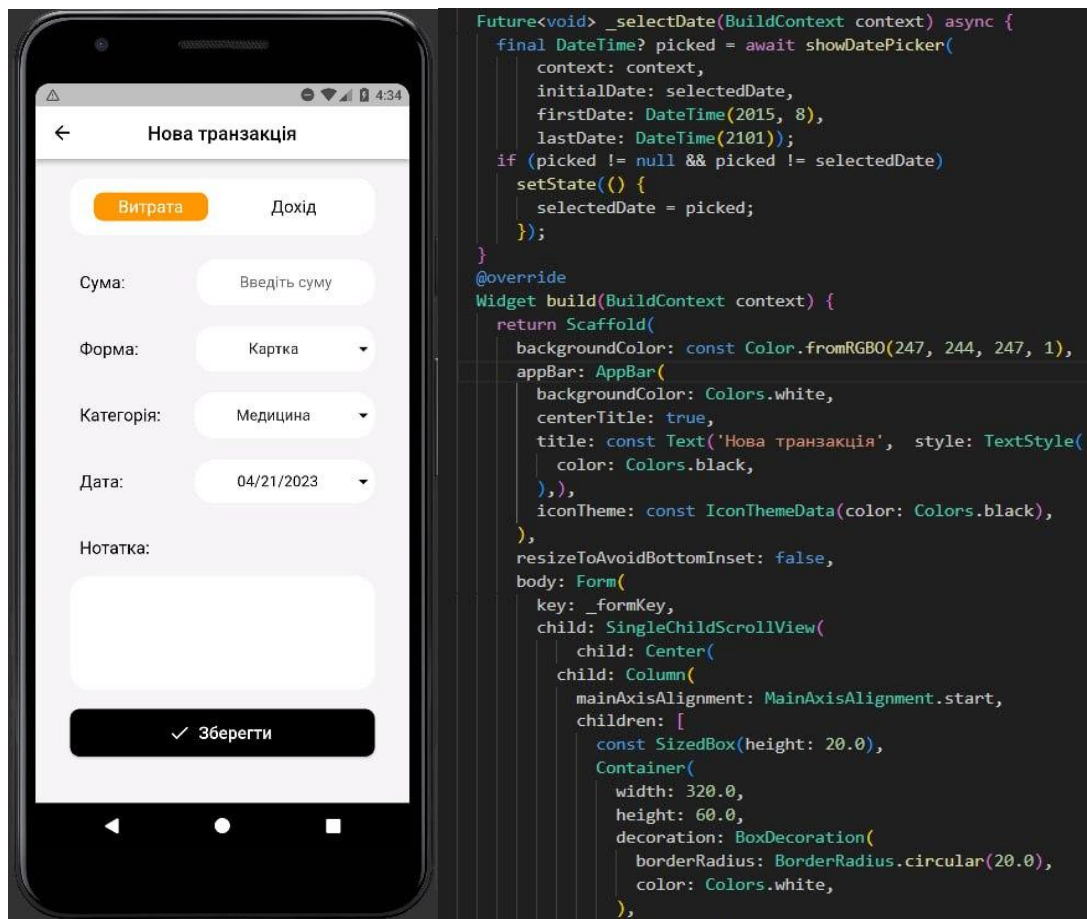


Рисунок 12 - Відображення та лістинг екрану додавання транзакцій

Перед запуском тестуванням програмної системи щодо відстеження фінансових витрат здійснюється ґрунтовне тестування специфікації вимог. Тестування вимог ПС здійснювалося з використанням рецензування у формі перегляду та співставлення вимог до необхідних показників якості вимог програмної системи [5].

Анотація. *ІТ-освіта є одним з інструментів підготовки фахівців майбутнього, здатних креативно мислити та створювати інноваційні продукти. В статті розглядаються особливості проектування і розроблення програмної системи щодо відстеження фінансових витрат, здійснено ґрунтовний аналіз вимог до програмного забезпечення і тестування у контексті використання ООП і ШІ як інструменту для розвитку майбутнього інженера.*

Ключові слова: *аналіз вимог до програмного забезпечення, дослідницьке навчання, варіативні моделі, комп'ютерне моделювання, нейронні моделі, КОМСДН, відстеження фінансових витрат, програмна система, ООП, Android.*

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.

Ляшенко В. О. (студ., 1 курс)

Науковий керівник – ст.викл. Михайленко І. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

АНАЛІЗ МЕТОДІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ОБҐРУНТУВАННІ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Автомобільна дорога починаючи від її будівництва постійно піддається впливу природнокліматичних факторів і навантажень спричинених рухом транспортних засобів, у зв'язку з чим елементи автомобільної дороги зношуються, виникають незворотні деформації і руйнування. У той же час, постійно зростаюча кількість транспортних засобів призводить до збільшення інтенсивності дорожнього руху та обумовлює необхідність збільшення пропускної здатності існуючих автомобільних доріг. Зростання вантажних і пасажирських перевезень на автомобільних дорогах значно перевищує темпи розвитку дорожньої мережі України, тому виникає невідповідність транспортноексплуатаційних показників автомобільної дороги, або її окремих ділянок вимогам автомобільного транспорту.

Збільшення інтенсивності руху на дорозі призводить до утворення заторів, зростання аварійності, збільшення собівартості перевезень, зменшення продуктивності автомобільного транспорту.

Умовою ефективного функціонування автомобільної дороги є усунення дефектів на початковій стадії їх виникнення. Недостатнє фінансування дорожньої галузі сприяє накопиченню обсягів невиконаних робіт з утримання та ремонту автомобільних доріг, у зв'язку з чим фактичний стан техніко-експлуатаційних показників дороги не в змозі забезпечити вимоги сьогодення. З практики встановлено, що несвоєчасне виконання комплексу ремонтних робіт призводить до накопичення та утворення нових невідповідностей, при цьому найбільшого негативного впливу зазнає конструкція дорожнього одягу. Покриття проїзної частини поступово втрачає свої технікоексплуатаційні показники, руйнується і рух транспортних засобів ускладнюється.

Проблема необхідності підвищення якості автомобільних доріг України загострюється з кожним роком. Автомобільна дорога зношується фізично та морально і настає момент коли транспортно-експлуатаційний стан дороги вже не в змозі забезпечити необхідні їй експлуатаційні властивості. Враховуючи, що значна кількість автомобільних доріг загального користування, проєктувалась і будувалась у радянський період, приведення їх транспортно-експлуатаційного стану до сучасних вимог потребує виконання комплексу робіт із реконструкції, які пов'язані зі значними капіталовкладеннями. Відповідно до нормативних тлумачень реконструкція автомобільної дороги це перебудова автомобільної дороги, пов'язана з підвищенням пропускної спроможності шляхом зміни основних технічних параметрів.

Основною вимогою при реконструкції є переведення дороги у більш високу категорію, а на дорогах I категорії - збільшення кількості смуг руху. Реконструкцію автомобільної дороги необхідно виконувати при:– погіршенні

аварійного стану на автомобільній дорозі;– невідповідності техніко-експлуатаційних та геометричних параметрів дороги фактичній інтенсивності руху транспортних засобів; – незабезпечення автомобільною дорогою швидкісного режиму транспортного потоку;– погіршенні екологічних умов у придорожній смузі тощо.

Враховуючи вищенаведене, основними вимогами до проєктних рішень при реконструкції автомобільних доріг є забезпечення комплексного підвищення: пропускної здатності автомобільної дороги та безпеки руху транспортних засобів. Висока вартість дорожнього будівництва та обмеженість ресурсів обумовлюють їх раціональний розподіл для забезпечення максимальної економічної ефективності.

Дане питання може бути вирішено в межах вибіркової реконструкції автомобільної дороги. Вибіркова реконструкція автомобільної дороги це перебудова окремих ділянок дороги або ж окремих її елементів, які різко погіршують транспортно-експлуатаційні показники дороги. Перебудовуючи лише ділянки, які занижують транспортно-експлуатаційні показники дороги або ділянки з високою аварійністю, порівняно з «повною» реконструкцією дороги (приведенням всіх елементів дороги до нормативних вимог), можливо значно заощадити ресурси.

При цьому необхідно застосовувати комплексний підхід при прийнятті проєкту повної або часткової реконструкції з врахуванням фактичних умов руху на існуючій дорозі, детального аналізу причин виникнення ДТП та екологічного впливу, з обов'язковим врахуванням майбутнього ефекту від виконання прогнозованого комплексу робіт на автомобільну дорогу в цілому.

Існує декілька методів оцінки стану доріг за якими визначають необхідність у реконструкції автомобільної дороги, які розглянемо нижче.

Інтенсивність руху та пропускна здатність автомобільної дороги.

Інтенсивність руху автомобільної дороги визначають кількістю автомобілів, що проїжджають через переріз ділянки дороги за одиницю часу в обох напрямках. Аналіз інтенсивності та складу руху дозволяє визначити

відповідність транспортноексплуатаційних показників автомобільних доріг відповідній технічній категорії, визначати вантажонапруженість автомобільних доріг, підвищити ефективність використання ресурсів, які виділяються на ремонт та утримання автомобільних доріг.

Це основний показник, відповідно до якого визначають геометричні параметри автомобільної дороги. При цьому, інтенсивність руху є не стабільним показником, а змінюється як в часі, так і на різних ділянках дороги. Пропускна здатність автомобільної дороги визначають максимально можливою кількістю автомобілів, які можуть проїхати через певний переріз дороги за одиницю часу.

Пропускна здатність є важливим показником під час проектування або реконструкції поперечного профілю та геометричних елементів автомобільної дороги. Для спрощення розрахунків в якості вихідних даних розглядають однорідні потоки руху (колонний рух), тобто пропускну здатність однієї смуги руху.

Ступінь завантаженості дороги оцінюють відношенням інтенсивності руху транспортного потоку до пропускну здатності дороги. Цей показник характеризує функціональність шляхів сполучення і є комплексним, оскільки залежить від параметрів дороги, характеристики транспортних засобів і водія, тобто є одним з основних критеріїв комплексної системи «Водій – Автомобіль – Дорога – Середовище» (ВАДС). При наближенні значення до одиниці збільшується щільність транспортних засобів та зменшується їх швидкість руху.

Робота дороги в режимі її пропускну здатності недоцільна та не вигідна, оскільки відбувається насичення транспортного потоку, утворюються затори, значно ускладнюється можливість зміни смуги руху та зменшується середня швидкість руху транспортного потоку. Даний метод не аналізує окремі елементи та ділянки автомобільної дороги, які в змозі забезпечити необхідні умови для руху транспортних засобів.

Слід зазначити, що основною характеристикою пропускної здатності автомобільної дороги є перехрещення та примикання в одному рівні, оскільки це місця злиття та поділу транспортних потоків. Дані елементи дороги є перешкодами для руху, які змушують транспортні засоби вповільнюватись або повністю зупинятись. Тож розглянемо наступний показник, а саме - пропускну здатність перехрещень та примикань.

Пропускна здатність перехрещень та примикань

За основу розрахунку пропускної здатності нерегульованих перехрещень і примикань взято теорію руху транспортних потоків, яка вивчає закономірності розподілу інтервалів між транспортними засобами, що рухаються. Час необхідний для виконання маневру автомобілем в безпечних умовах руху є основним параметром при розрахунку практичної пропускної здатності перехрещень і примикань.

Для визначення їх пропускної здатності необхідно визначити розрахункову схему руху автомобілів які рухаються по дорогам, що перетинаються. Оскільки дороги, які перетинаються, поділяються на головні та другорядні, то транспортні засоби, які рухаються по другорядній дорозі, перетинають головний потік тільки за наявності в ньому достатніх проміжків між автомобілями. У цілому пропускна здатність пересічень і примикань в одному рівні залежить від категорії доріг, складу та інтенсивності транспортних потоків, що перетинаються, типу розв'язки в одному рівні, системи організації дорожнього руху, середніх швидкостей руху, маневрів автомобілів, погодних умов та кількості автомобілів, які виконують ліві повороти.

Метод коефіцієнтів безпеки

Коефіцієнт безпеки визначають як відношення максимальної, безпечної швидкості руху на ділянці дороги до швидкості, на якій автомобілі в'їжджають на цю ділянку дороги. Для визначення швидкостей руху на існуючих дорогах використовують графік швидкостей, який будують за результатами експерименту. Метод коефіцієнтів безпеки враховує рух

окремого автомобіля, що є характерним для умов руху на дорогах із невеликою інтенсивністю руху.

Для визначення коефіцієнтів безпеки при побудові теоретичного графіка швидкостей руху по дорозі в методику вносять зміни, які пов'язані з врахуванням небезпечних ситуацій. До уваги не приймають загальні обмеження швидкості руху, наприклад: у населених пунктах, на залізничних переїздах, на перетинах і примиканнях з автомобільними дорогами, на кривих з малими радіусами, у зоні дії відповідних знаків тощо. У кінці кожної ділянки автомобільної дороги визначають максимально можливу швидкість руху, без врахування умов руху на інших ділянках. Максимально можливу швидкість руху на кривих у плані визначають з врахуванням граничного значення коефіцієнта поперечного зчеплення, який забезпечує стійкість автомобіля проти заносу.

Вважається, що швидкість руху зростає до тих пір, поки геометричні параметри дороги можуть забезпечити дану швидкість руху. За даними графіків швидкостей руху в двох напрямках визначають відношення швидкостей руху на початку кожного елемента дороги з допустимими швидкостями руху, які забезпечуються геометричними параметрами дороги.

Відповідно до ділянки доріг за ступенем небезпеки для руху визначають за наступною градацією коефіцієнтів безпеки:

- до 0,4 вважаються дуже небезпечними для руху;
- від 0,4 до 0,6 - небезпечні ділянки;
- від 0,6 до 0,8 - малонебезпечні.

За результатами визначення коефіцієнтів безпеки будують графік зміни їх значень по довжині дороги. На графіку виділяють ділянки за ступенем небезпеки, особливу увагу приділяють ділянкам з коефіцієнтом безпеки менше ніж 0,4.

Під час розроблення проєктів реконструкції та капітального ремонту автомобільної дороги необхідно перепланувати ділянки дороги з коефіцієнтом безпеки 0,6 і менше.

Даний метод аналізує рух одиничного автомобіля та не враховує зміну швидкості руху транспортних засобів та їх маневри пов'язаних зі збільшенням інтенсивності руху. У зв'язку з чим, метод коефіцієнтів безпеки доцільно використовувати на дорогах з невеликою інтенсивністю, або в періоди її спаду.

Метод коефіцієнтів аварійності

Аналіз автомобільної дороги за даним методом дозволяє визначити небезпечні ділянки дороги на основі проєктних документів.

Ступінь небезпечності ділянки визначають загальним коефіцієнтом аварійності, який є добутком коефіцієнтів аварійності, що характеризують і враховують вплив окремих елементів автомобільної дороги. Кожен окремий коефіцієнт визначають як відношення кількості ДТП при фактичних геометричних параметрах автомобільної дороги до кількості ДТП на еталонній прямій горизонтальній ділянці дороги з шириною проїзної частини 7,5 м із твердим узбіччям .

Коефіцієнт розраховують у табличній формі для кожної ділянки дороги, де змінюється хоч один показник, який впливає на безпеку дорожнього руху. Результати визначення коефіцієнтів аварійності оформлюються у вигляді лінійного графіка, на якому видно місця підвищеної небезпеки, ступінь якої визначається конкретними показниками. Небезпечними вважаються ділянки із загальним коефіцієнтом аварійності більше ніж 20 на рівнинній одноманітній місцевості та 40 і більше - в умовах пересіченої місцевості, де водії їздять з більшою обережністю.

Окремі коефіцієнти аварійності не в змозі охарактеризувати багатоваріантність дорожніх умов, тому за результатом аналізу ДТП, у тому числі й архівних даних, загальний коефіцієнт може уточнюватися за рахунок введення нових коефіцієнтів. У цілому ж даний метод є достатньо загальним

і теоретичним та не дозволяє достатньо повно врахувати фактичну кількість дорожньотранспортних пригод та їх причину.

Висновки. Розглянуті методи, один чи комплексно, використовують при обґрунтуванні комплексу робіт з реконструкції дороги чи її ділянки. При цьому не аналізуються та не враховуються технічні параметри дороги, які не відповідають нормативним вимогам, але забезпечують фактичні експлуатаційні властивості дороги (наприклад, ширина дороги, кількість смуг руху, тощо).

Основним критерієм під час вибору проєктних і технологічних рішень, обсягів виконання будівельно-ремонтних робіт у дорожньому будівництві в умовах українського сьогодення, є раціональне розподілення коштів. Ефективність використання бюджетних коштів при проведенні ремонтно-будівельних робіт визначається економічним ефектом за результатом виконаних робіт. Доцільність експлуатації дороги без покращення певних її техніко-експлуатаційних показників, при умові забезпечення дорогою безпечного та безперервного руху транспортних засобів є актуальним питанням. Вирішення цього питання потребує проведення детальних наукових досліджень автомобільної дороги як суцільного комплексу.

Змінюючи лише незадовільні транспортно-експлуатаційні показники (без зміни показників, які забезпечують вимоги транспортного потоку) можливо раціоналізувати витрати коштів при реконструкції автомобільної дороги. Перелік параметрів, які забезпечують безперервний та безпечний рух транспортних засобів з нормативною швидкістю може бути визначений після комплексного аналізу всіх показників із врахуванням періоду ефективного функціонування дороги без зміни параметрів. Враховуючи вищенаведене, актуальною та необхідною науково-технічною задачею є розроблення узагальненого методу для обґрунтування реконструкції автомобільних доріг.

Література

1. Білятинський О.А., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. Проєктування автомобільних доріг : підручник. Київ, 1998. 416 с.

2. Бируля А.К. Влияние интенсивности автомобильного движения на его скорость. Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Харьков, 1975. Вып. 9. С. 5-14.
3. Пальчик А.М. Транспортні потоки : монографія. Київ, 2010. 171 с.
4. Пальчик А.М., Заворицький Ю.Е., Макаренко Е.С. Відповідність дорожніх умов вимогам транспортного потоку. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2001. Вип. 62. С. 316318.
5. Пальчик А.М., Кунда Н.Т. Визначення коефіцієнтів завантаження автомобільних доріг. Безпека дорожнього руху України. Київ, 2001. Вип. 3. С. 30-33.
6. Пальчик А.М., Петрова О.Г., Рахуба О.І. Розрахунок екологічно-допустимої інтенсивності руху автомобільного транспорту. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 1998. Вип. 55. С. 18-20.
7. Пальчик А.М., Старовойда В.П. Критерії визначення необхідності реконструкції автомобільних доріг. Безпека дорожнього руху України. Київ, 2001. Вип. 1. С. 57-60.

Мещерякова В. Р. (студ., 2 курс),
Шолота А. Р. (студ., 2 курс)
Науковий керівник – доц. Ємельянова Т. В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ІДЕЯ НАОЧНОСТІ НАВЧАННЯ ТА ІСТОРІЯ ЇЇ РОЗВИТКУ

Ідея наочності є одним з найстаріших засобів полегшення процесу навчання. Ідея наочності стала науково оформлятися однією з перших в історії педагогіки. До наочності зверталися і тоді, коли не існувало писемності і навіть самої школи. З давніх-давен філософи і педагоги думали про те, як полегшити пізнавальну працю школярів.

У школах Китаю, Єгипту, Греції, Риму – наочність була досить широко поширена. Застосовували наочні посібники як засіб, що полегшує навчання школярів. Однак не було педагогічної теорії, принципу використання наочних засобів.

В обґрунтування принципу наочності в різний час внесли істотний внесок Т.Мор, Ф.Рабле, Т.Кампанелла. Англійський мислитель-гуманіст Т. Мор (1478-1535) у своїй «Утопії» велике значення надавав наочним посібникам, особливо при вивченні астрономії. Прихильником ідеї наочності був Ф.Рабле (1494-1553). Він радив пов'язувати навчання з навколишньою дійсністю. Реалізуючи наочні методи навчання, Ф.Рабле пропонував органічно поєднувати в процесі навчання розумові заняття з фізичними

вправами і активною діяльністю, що включає практичне освоєння різних ремесел. Особливе значення наочності для активного засвоєння наук, особливо природознавства, надавав італійський філософ і поет Т. Кампанелла (1568-1639). У творі «Місто Сонця» сім стін, які оточують описуваний місто, розписані наочними посібниками з різних предметів, наочні посібники у вигляді всіляких таблиць розвішані на деревах, в парках, щоб діти і на прогулянках могли засвоїти хоч частину знань.

Першим вченим, хто розробив досить струнку теорію наочності як принципу успішного навчання, був великий чеський педагог Ян Каменський (1592-1670). Каменський розумів наочність як залучення всіх органів почуттів до кращого сприйняття речей і явищ. Він в основу пізнання і навчання поставив чуттєвий досвід і проголосив «золоте правило дидактики»: «...слід починати навчання не зі словесного тлумачення про речі, а з реального спостереження над ними». У «Великій дидактиці» Каменський визначив наочність, її завдання і значення.

Принцип наочності Ян Каменський протиставляв словесному, пасивному навчанню. Для здійснення наочності він вважав за необхідне використовувати реальні предмети і безпосереднє спостереження за ними, а якщо це неможливо – моделі або копії предметів або явищ. Таким чином, Каменський розвиває дуже цінну думку про широке застосування в школі різних наочних посібників. У підручниках Я. Каменський теж пропонує використовувати принцип наочності, про що свідчать складені ним навчальні книги, більшість з яких він ілюстрував особисто.

Подальша розробка теоретичних положень принципу наочності і їх перевірка в практиці навчання тісно пов'язані з іменами Жан-Жака Руссо, Йоганна Генріха Песталоцці, Йоганна Фрідріха Гербарта, Фрідріха Адольфа Вільгельма Дістервега, Роберта Оуена, Михайла Ломоносова, Миколи Пирогова, Костянтина Ушинського.

Французький мислитель Ж.-Ж.Руссо (1712-1778) у своїй дидактиці робив опору в розвитку дитини на його самостійність, кмітливість, сприйняття реальності з максимальною наочністю. На його думку, наочність – сама природа, самі життєві факти. Він ратував за реальні знання, які слід отримувати не з книг, а з природи. Руссо з обуренням засуджував виняткову книжність навчання в школах його часу (XVIII століття), коли учнів навчали лише словом. Він вигукує: «речей, речей давайте! Я не перестану повторювати, що ми занадто багато значення надаємо словами; своїм балакучим вихованням ми створюємо лише базік».

Особливе значення наочності в навчанні надавав Швейцарський педагог-демократ Йоганн Генріх Песталоцці (1746-1827). Багато з його творів присвячені методиці застосування наочності, наприклад, «Азбука наочності, або наочне вчення про вимір», «наочне вчення про число». Песталоцці формулює думку, аналогічну «золотому правилу» Каменського, а саме: «чим більшою кількістю почуттів ти пізнаєш сутність явищ або будь-якого предмета, тим правильніше будуть твої знання про нього». Наочність у Песталоцці - початковий початок для розвитку духовних сил, наочність обов'язково пов'язується з подальшою роботою думки. Він пропонує використовувати наочність у всіх областях пізнання: при вивченні мови, рахунку і всіх інших навчальних предметів.

Німецький психолог і педагог І.Ф.Герbart (1776-1841) в своїх дидактичних радах рекомендував у викладанні широко користуватися наочністю: коли не можна показати сам предмет, треба продемонструвати його зображення; але не слід занадто довго демонструвати одне і те ж, так як одноманітність діє утомливо.

Англійський соціаліст-утопіст Р.Оуен (1771-1858) створив початкову школу для дітей робітників своєї фабрики, де все навчання будувалося на основі широкого застосування наочності: стіни школи були покриті малюнками, що зображували тварин і рослини; на заняттях використовувалися різні наочні посібники.

Німецький педагог, теоретик експериментальної педагогіки, доктор філософії В.А. Лай (1862-1926) - сільський вчитель. Ще один відомий німецький педагог, професор Мюнхенського університету Г. Кершенштейнер (1854-1932), автор теорії громадянського виховання, викладеної в книзі «Поняття громадянського виховання», велике значення надавав введенню в навчальний процес активних методів навчання з широким використанням наочних посібників, практичних робіт, екскурсій. Найбільший теоретик соціальної педагогіки, німецький педагог, філософ П.Наторп (1854-1924) в цілому ряді статей про Гербарта і Песталоцці обґрунтував нове поняття «наочності» як інтуїції, яке стало «гаслом нових дидактичних устремлінь».

Наочні матеріали легко зацікавлюють дітей початкових класів, проте наочність - не самоціль. При наочному навчанні, попереджав К.Д. Ушинський, знайомство з самим предметом служить розвитку мислення і грає допоміжну роль в цьому процесі.

Надалі дослідження умов застосування наочності в навчанні розвивалися в різних напрямках.

В даний час принцип наочності набуває нових форм у зв'язку з розвитком мультимедійних засобів навчання. У роботі Л.Ф.Добро, І.А. Парфьоновой підкреслюється, що «реалізація принципу наочності полягає в створенні наочних образів досліджуваних об'єктів, процесів і явищ, використанні найрізноманітніших їх моделей з метою підвищення рівня сприйняття досліджуваного матеріалу» [1]. Сучасні мультимедійні засоби допомагають сприйняттю навчального матеріалу, супроводжуваного демонстрацією малюнків, схем, діаграм, які виконуються за допомогою сучасних графічних редакторів. Наочне навчання сприяє більш глибокому сприйняттю матеріалу, оживляє заняття в аудиторії, включає в процес запам'ятовування органи слуху і зору, активізує пам'ять, наповнює досліджуваний матеріал фарбами і звуками, привертаючи увагу.

Принцип наочності може бути продемонстрований і в самостійній роботі студентів. Студенти самі створюють наочні матеріали, демонструють результати науково-дослідної діяльності. Конкретні приклади, факти, схеми демонструються на екрані і допомагають конкретизувати і розкрити тему повідомлення.

Література

1. Добро Л.Ф. Інформаційне забезпечення принципу наочності / Л. Ф. Добро, і. А. Парфьонова // Сучасні проблеми науки і освіти. – 2006. - № 1.
2. Guseinov A.Z. Development of Descriptive Principle in the History of Pedagogics / A.Z. Guseinov, G.D. Turchin // Izvestiya Saratov University Series.Philosophy.Pedagogy. Psychology, 2007, V.7, Is.1, 64-67.

УДК 519.21

Ст. викл. Палагута А. М.
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації (Київ, Україна)

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ДИСКРЕТНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ

Вступ. При дослідженні систем певного типу (технічні, електричні) доцільно розглядати входні дані як випадковий процес, щоб отримати його числові характеристики. Вважаючи випадковий процес як математичну модель подачі сигналу на певний пристрій, доцільно оцінити ризики зовнішнього впливу через аналіз окремих числових характеристик випадкового процесу.

Розглянемо деякі статистичні методи аналізу даних випадкового процесу, а саме перевірку статистичних гіпотез. Нехай під час проведення експерименту випадкова функція $X(t)$ набула n різних реалізацій $\{x_i(t), i = \overline{1, n}\}$. При фіксації часу t кожна реалізація прийме певне числове значення, тобто матимемо сукупність дискретних значень випадкової величини, яка називається перерізом випадкової функції у відповідний час $t_j, j = \overline{1, k}$ [3, с.34]. Для дискретного випадкового процесу матимемо набір дисперсій кожного перерізу – оцінок $D_x(t_j) = D_j, j = \overline{1, k}$ [1, с.31]. Усереднене

значення цього набору $\overline{D_x} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k D_j$ є математичним сподіванням випадкової величини $D_x(t)$. Будь-яке відхилення, наприклад, сигналу розглядається як не що інше як вихід за межі допустимих флуктуацій. Для перевірки сталої роботи системи (без зовнішніх загроз) потрібно оцінити можливість появи відхилень. Для цього необхідно перевірити гіпотезу про рівність математичного сподівання випадкової величини (дисперсії) заданому числу D . Це число може бути задане на основі попередніх експериментальних даних за відсутності зовнішніх загроз або ж як одна з технічних характеристик системи.

Тоді задача виявлення аномальних відхилень як індикаторів можливих зовнішніх загроз зводиться до перевірки основної гіпотези H_0 про рівність математичного сподівання досліджуваної величини $D_x(t)$ заданому значенню D при альтернативній гіпотезі H_1 за рівня значущості $\alpha = P(H_1/H_0)$ (ймовірності відхилити завідомо вірну основну гіпотезу):

$$H_0: \overline{D_x} = D; H_1: \overline{D_x} > D.$$

За критерій перевірки гіпотези візьмемо критерій Стюдента [2, с.405]. Формула для розрахунку емпіричного значення:

$$t_{em} = \frac{\overline{D_x} - D}{S} \cdot \sqrt{n}, \text{ де } S^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^k (D_j - \overline{D_x})^2.$$

Значення критерію знаходиться з додатків $t_{кр.} = t(\alpha, n-1)$. При правосторонній гіпотезі будується правостороння критична область $t > t_{кр.}$. При подаданні в неї розрахованого значення t_{em} , основна гіпотеза відхиляється, тобто при вибраному рівні значущості можна зробити висновок про наявність відхилень.

Іншим методом виявлення зовнішнього впливу є порівняння двох випадкових процесів: поточного (спостережуваного) та еталонного. За еталонний процес можна взяти таний, дані якого згенеровані за умови

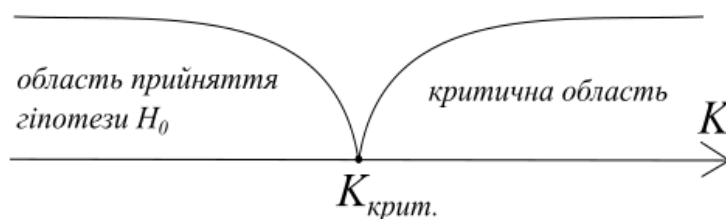
відсутності зовнішнього впливу або ж змодельований в «ідеальних» умовах. В такому випадку можна порівнювати дані дисперсій при однакових перерізах реалізацій. Для цього можна використати критерій Колмогорова-Смирнова [2, с.399].

Нехай порівнюються дві незалежні вибірки, вилучені з генеральних сукупностей з невідомими теоретичними функціями розподілу $F_1(D), F_2(D)$. Сформулюємо основну гіпотезу $H_0: F_1(D) = F_2(D)$ при альтернативній гіпотезі $H_1: F_1(D) \neq F_2(D)$ (за припущення, що функції $F_1(D), F_2(D)$ – неперервні). Порівнюються дві емпіричні функції розподілу за статистикою:

$$K_{\text{емп.}} = \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}} \cdot \max |F_1^*(D) - F_2^*(D)|,$$

де F_1^*, F_2^* – емпіричні функції розподілу, побудовані за двома вибірками об'ємом n_1 та n_2 .

Гіпотеза H_0 відхиляється, якщо емпіричне значення статистики $K_{\text{емп.}}$ більше від критичного $K_{\text{крит.}}$, яке знаходиться по таблицям критерію. Це значення залежить від рівня значущості α – ймовірності допустити помилку І-го роду, тобто відхилити вірну гіпотезу. При $K_{\text{емп.}}$ менше $K_{\text{крит.}}$ гіпотеза H_0 приймається:



Якщо гіпотеза H_0 підтверджується, то вибірки дисперсій двох випадкових процесів (поточного та еталонного) підпорядковуються однаковому закону, тобто відхилень не спостерігається.

Іншим методом оцінки рівня відхилень дисперсій різних реалізацій випадкового процесу за відсутності еталонного процесу є перевірка гіпотези про рівномірний розподіл дискретної випадкової величини

$D_x(t_j) = D_j, j = \overline{1, k}$. Цей вид гіпотез належить до гіпотез про вид закону розподілу генеральної сукупності.

Сформулюємо основну гіпотезу $H_0: D \approx R(a, b)$ – випадкова величина D підпорядковується рівномірному закону розподілу з параметрами a та b . Тут a та b – кінці відрізка, на якому ведеться спостереження, тобто значення дисперсій при початковому та кінцевому перерізі за фіксації часу $t = t_{\text{поч.}}$ та $t = t_{\text{кін.}}$. За критерій перевірки зазначеної гіпотези береться критерій Пірсона χ^2 . Статистика розраховується за формулою:

$$\chi^2_{\text{емп.}} = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i},$$

де $n_i, i = \overline{1, k}$ – емпіричні частоти вибірки, $n'_i, i = \overline{1, k}$ – теоретичні частоти, розраховані для варіант вибірки за рівномірного розподілу $D \approx R(a, b)$. Як і при перевірці статистичної гіпотези за критерієм Колмогорова-Смирнова, будується правостороння критична область. Критичне значення критерію $\chi^2_{\text{крит.}}$ знаходиться з таблиць і залежить від рівня значущості α .

Одним із способів перевірки гіпотези про існування тренду ґрунтується на висновках центральної граничної теореми теорії ймовірностей та порівнянні середніх значень на двох часових інтервалах області визначення випадкового процесу [3, с.37]. Іншими словами, перевіряється гіпотеза про рівність математичних сподівань двох вибірок, отриманих на двох інтервалах. Якщо часовий ряд має тренд, то середні вибіркові обох частин ряду повинні суттєво відрізнятись одна від одної, і навпаки. Гіпотезу перевіряють за критерієм Стюдента.

Анотація. В даній роботі наведені деякі підходи до постановки гіпотез про наявність критичних відхилень випадкового процесу. Досліджуванам варіаційним рядом обрано ряд дисперсій, отриманих при

перерізах п реалізації випадкового процесу. Розглянуто методи перевірки основних гіпотез та побудови критичних областей.

Ключові слова: *випадковий процес, дисперсія, статистична гіпотеза, критерій узгодженості, критична область.*

Література

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1991 – 384с.
2. Медведєв М.В., Пашенко І.О. Теорія ймовірностей та математична статистика. Підручник. – К: Вид-во «Ліра-К», 2008. – 536с.
3. Сеньо П.С. Випадкові процеси: підручник. – Львів: Компакт-ЛВ, 2006. – 288с.

УДК 004.02:519.2

Черниш В. Р. (студ, 2 курс),
Волчанов Д. В. (студ., 2 курс)

Науковий керівник – доц. Гадецька С. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАСТОСУВАННЯ ДЕРЕВ РІШЕНЬ У ЗАДАЧАХ КЛАСИФІКАЦІЇ

Метод дерев рішень (decision trees) є одним із найбільш популярних методів розв'язання задач класифікації й прогнозування [1, 2].. Дерево рішень – це спосіб подання правил в ієрархічній послідовній структурі. Під правилом розуміється логічна конструкція, представлена у вигляді "якщо ... то ...". Завдання класифікації – це задача віднесення будь-якого об'єкта до одного з наперед відомих класів, наприклад, «Так (підтверджено ефективність роботи приладу) / Ні (не підтверджено)». На основі апріорних даних будується дерево. При цьому клас кожної із ситуацій вважається відомим.

При побудові дерева всі дані навчальної вибірки спочатку потрапляють у верхній вузол (кореневий), а потім розподіляються по вузлах, які, у свою чергу, також можуть бути розбиті на дочірні вузли. Як правило, кожний вузол дерева включає перевірку визначеної незалежної змінної. Дерева рішень можна завжди перетворити в правила.

Основні проблеми побудови дерева рішень – вибір змінної (атрибуту) для розбиття та проблема зупинки розбиття. Вони вирішуються, в основному, евристичним шляхом, причому, більшість правил застосовується тільки для

часткових випадків. Треба віддавати перевагу побудові дерева, що складається із незначної кількості вузлів, яким відповідає велика кількість об'єктів навчальної вибірки.

Припустимо, що кожний об'єкт O_i характеризується набором змінних $O_i = (x_1, \dots, x_k, x_n, y)$, де x_k – незалежні, y – залежна змінна. Якщо множина значень залежної змінної y скінченна, тобто $y \in C_y, C_y = (c_1, \dots, c_r)$, то маємо задачу класифікації.

При побудові дерева для прийняття класифікаційних рішень стосовно належності досліджуваного об'єкту до деякого класу скористаємося методом ID3, за яким для розділення множини кореневого вузла з n об'єктів обираємо один з атрибутів $K_i, i=1, \dots, k$, відповідно до нього будуюмо вітки і формуємо дочірні вузли. Для цього застосуємо показник приросту інформації для критерію $I(n)$, який має вигляд:

$$\text{Gain} = I(n) - \sum \frac{n_i}{n} I(n_i), \quad (1)$$

де виконується умова $\sum n_i = n$.

Суть методу ID3 побудови дерев полягає у послідовному виборі на черговому етапі одного з атрибутів A_i , який забезпечує найбільший приріст інформації (1). За результатом вибору створюється черговий вузол дерева.

Зазначимо, що в якості критерію інформативності $I(n)$ можна обирати різні функції, серед яких найбільш поширеною є інформаційна ентропія Шеннона $\text{Info}(T(n))$, що характеризує міру різноманіття класів у вузлі, і у випадку розділення множини T обчислюється за формулою:

$$\text{Info}(T(n)) = - \sum p_i \log_2 p_i, \quad (2)$$

де $p_i = \frac{x_i}{n}$ – частота появи числа x_i елементів певного класу серед n елементів вузла T .

В якості прикладу розглянемо набір даних (Т), наведений в таблиці 1, що містить опис 14 об'єктів, 3 вхідних атрибути А1, А2, А3, а також вихідний атрибут, який приймає два значення – С1 («+») і С2 («-»).

Таблиця 2.

Набір даних (Т) до прикладу				
№ об'єкта	Вхідні атрибути			Вихідний атрибут
	А1	А2	А3	
				(C1/C2)
1	A	70	Так	C1
2	A	90	Так	C2
3	A	85	Ні	C2
4	A	95	Ні	C2
5	A	70	Ні	C1
6	B	90	Так	C1
7	B	78	Ні	C1
8	B	65	Так	C1
9	B	75	Ні	C1
10	C	80	Так	C2
11	C	70	Так	C2
12	C	80	Ні	C1
13	C	80	Ні	C1
14	C	96	Ні	C1

В цьому прикладі 9 об'єктів відносяться до класу С1 и 5 – до класу С2. Ентропія множини Т за формулою (2) має вигляд:

$$Info(T) = -(9/14) \cdot \log_2(9/14) - (5/14) \cdot \log_2(5/14) = 0,94 \quad (\text{біт})$$

При застосуванні атрибуту A1 маємо розбиття на три підмножини: T1(A), T2(B), T3(C). Ентропія розбиття за атрибутом A1 відповідно до формули (2):

$$\begin{aligned} Info_{S_1}(T) &= 5/14(-2/5 \cdot \log_2(2/5) - 3/5 \cdot \log_2(3/5)) + \\ &+ 4/14(-4/4 \cdot \log_2(4/4) - 0/4 \cdot \log_2(0/4)) + \\ &+ 5/14(-3/5 \cdot \log_2(3/5) - 2/5 \cdot \log_2(2/5)) = 0,694 \end{aligned}$$

Тоді при розбитті даної множини T за атрибутом A1 маємо за формулою (1) приріст інформації:

$$Gain(S_1) = 0,94 - 0,694 = 0,246 \quad (\text{біт})$$

Проведемо аналогічні обчислення відповідно до атрибуту A3:

$$Gain(S_3) = 0,94 - 0,892 = 0,048 \quad (\text{біт})$$

Бачимо, що у порівнянні з атрибутом A3 атрибут A1 забезпечує більший приріст інформації, отже, має перевагу перед A3.

Для атрибуту A2, який, на відміну від категоріальних атрибутів A1, A3, є числовим, маємо:

$$\begin{aligned} Info_{S_2}(T) &= 9/14(-7/9 \cdot \log_2(7/9) - 2/9 \cdot \log_2(2/9)) + \\ &+ 5/14(-2/5 \cdot \log_2(2/5) - 3/5 \cdot \log_2(3/5)) = 0,837 \end{aligned}$$

$$Gain(X_3) = 0,94 - 0,837 = 0,103 \quad (\text{біт})$$

Порівняння усіх отриманих приростів інформації підтверджує, що найбільший з них забезпечую атрибут A1. Отже, здійснюємо розбиття кореневого вузла за атрибутом A1 на три дочірніх вузли. Бачимо, що при розбитті за атрибутом A2 із порогом 70 отримуємо одразу чисті вузли, тому оберемо в цьому випадку саме таке розбиття. Другий дочірній вузол є однорідним, оскільки містить лише об'єкти одного класу. Третій дочірній вузол оптимальним чином розбивається за атрибутом A3. Результуюче дерево представлено на рис. 1.

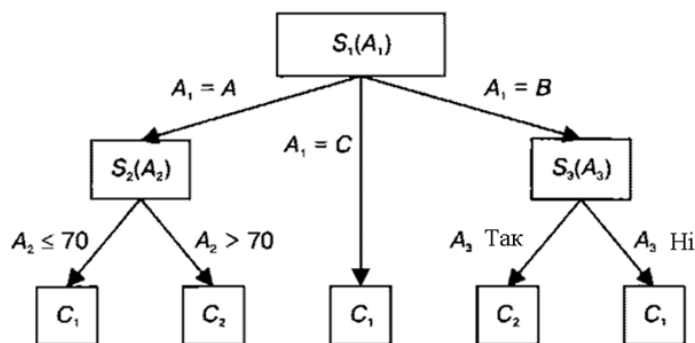


Рисунок 1 - Результуюче дерево рішень

Наведена на рис.1 схема є наочним представленням алгоритму прийняття рішення.

Анотація. У роботі проаналізовано способи застосування методу дерева рішень до ґрунтового прийняття рішень в аналітичний спосіб, що може бути застосовано в різних галузях прикладної діяльності. Наведено змістовний приклад реалізації методу.

Ключові слова: класифікаційне рішення, дерева рішень, інформаційна ентропія.

Література

1. Прийняття рішень: теорія та практика: підручник / А. В. Катренко, В. В. Пасічник. – Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. – 447 с.
2. О.І. Кушлик-Дивульська, Б.Р. Кушлик. Основи теорії прийняття рішень. – К., 2014. – 94с.

Чорножук В. В. (студ.,2 курс)

Науковий керівник – доц. Ємельянова Т.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПРИКЛАД ДОСЛІДЖЕННЯ НА СТІЙКІСТЬ РОЗВ'ЯЗКІВ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ДРУГОГО ПОРЯДКУ З НЕНУЛЬОВИМИ ПОЧАТКОВИМИ УМОВАМИ

Теорія функцій досі залишається однією з теорій, які розвиваються. Це пов'язано з вивченням особливостей функцій однієї або декількох змінних в теорії переходів нелінійних систем в нові структурні стани. Теорія особливостей диференційованих функцій знайшла застосування у вивченні процесів, що відбуваються в механіці конструкцій (дослідження стійкості

конструкцій), аеро - і гідродинаміки (дослідження стійкості режимів) і т.д. при аналізі поведінки динамічної системи звертають увагу на її стійкість, тобто на реакцію динамічної системи на мале збурення її стану. Якщо як завгодно малі зміни стану системи починають наростати з часом, система нестійка. Якщо ж малі збурення загасають з часом, система визначається стійкою. Розв'язки диференціального рівняння називається стійкими, якщо їх поведінка «не сильно відрізняється» від поведінки розв'язку з близькими початковими умовами.

Моделювання деякого процесу пов'язане з використанням диференціальних рівнянь з будь-якими початковими умовами. Початкові умови до диференціального рівняння зазвичай є результатом вимірювань, отже, вони отримані з деякою точністю, обумовленою як похибкою приладу, так і людським фактором.

Якщо скільки завгодно малі вимірювання початкових даних здатні сильно змінюють розв'язок, то цій розв'язок не має ніякого прикладного значення і навіть наближено не може описати явище, яке досліджується.

Виникає важливе питання про знаходження умов, при яких достатньо малі зміни початкових значень призводять до скільки завгодно малих змін розв'язків.

Якщо розглядаємо систему, стан якої визначається незалежною змінною, яка приймає скільки завгодно великі значення, то на це питання дає відповідь теорія стійкості.

Питання стійкості розв'язків диференціальних рівнянь та стійкості руху було досліджено математиком О. М. Ляпуновим, який починав свою академічну кар'єру у Харківському університеті.

О.М. Ляпунов вперше дав означення стійкості розв'язку диференціального рівняння, зміст якого полягає в тому, що близькі за початковими значеннями розв'язки в точці x_0 залишаються близькими для всіх значень незалежної змінної $x \geq x_0$ при $x \rightarrow \infty$.

Наведемо приклад дослідження на стійкість розв'язків задачі Коші для диференціального рівняння 2-го порядку.

Приклад 1. Дослідити стійкість розв'язку задачі Коші з початковими умовами

$$\begin{aligned}y'' + 4y &= 0, \\ y(0) &= 0, y'(0) = 2.\end{aligned}$$

Розв'язок. Знаходимо загальний розв'язок заданого рівняння.

Характеристичне рівняння

$$\begin{aligned}p^2 + 4 &= 0 \\ p_{1,2} &= \frac{\pm\sqrt{-16}}{2} = \frac{\pm\sqrt{16} \cdot \sqrt{-1}}{2} = \frac{\pm 4i}{2} = \pm 2i\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}p_{1,2} &= \pm 2i \\ p_{1,2} &= \alpha \pm \beta i \Rightarrow \alpha = 0, \beta = 2 \text{ - корені характеристичного рівняння}\end{aligned}$$

мають тільки уявну частину.

За формулою

$$y = e^{\alpha x} (C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x)$$

загальний розв'язок має вигляд

$$y = C_1 \cos 2x + C_2 \sin 2x.$$

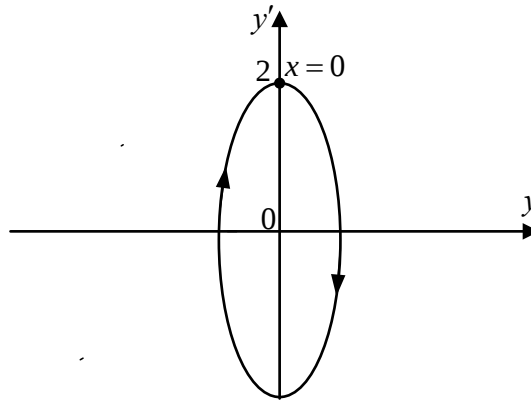
Знайдемо розв'язок задачі Коші

$$\begin{aligned}y(0) &= 0 \\ y &= C_1 \cos 2x + C_2 \sin 2x \Rightarrow 0 = C_1 \cos 0 + C_2 \sin 0 \Rightarrow 0 = C_1, \\ y'(0) &= 2 \\ y' &= C_2 (\sin 2x)' = C_2 2 \cos 2x \Rightarrow 2 = C_2 \cdot 2 \cos 0 \Rightarrow 1 = C_2, \\ y &= \sin 2x, y' = 2 \cos 2x.\end{aligned}$$

Розв'язком задачі Коші є частинний розв'язок $y = \sin 2x$, оскільки C_1, C_2 приймають з початкових умов значення $C_1 = 0, C_2 = 1$.

В системі координат (УОУ') інтегральною кривою задачі Коші є еліпс

$$\frac{y^2(x)}{1} + \frac{y'^2(x)}{4} = 1.$$



Досліджуємо розв'язок задачі Коші на стійкість за означенням Ляпунова.

Беремо початкову умову $y(0) = \delta_1, y'(0) = 2 + \delta_2$, значення якої достатньо близьке до заданої $y(0) = 0, y'(0) = 2$. Для початкової умови $y(0) = \delta_1, y'(0) = 2 + \delta_2$ розв'язком задачі Коші є

$$\begin{aligned}\bar{y} &= C_1^0 \cos 2x + C_2^0 \sin 2x, \\ \bar{y}' &= C_1^{0*} \cos 2x + C_2^{0*} \sin 2x,\end{aligned}$$

$$\text{де } C_1^0 = \delta_1, \quad C_2^0 = \frac{2 + \delta_2}{2}, \quad C_1^{0*} = 2 + \delta_2, \quad C_2^{0*} = -2\delta_1.$$

Згідно означенню Ляпунова досліджуємо функції $|\bar{y}(x) - y(x)|, |\bar{y}'(x) - y'(x)|$ при $x \rightarrow \infty$

$$|\bar{y}(x) - y(x)|_{x \rightarrow \infty} = \left| \delta_1 \cos 2x + \frac{\delta_2}{2} \sin 2x \right|_{x \rightarrow \infty} - \text{обмежена величина},$$

$$|\bar{y}'(x) - y'(x)|_{x \rightarrow \infty} = |\delta_2 \cos 2x - 2\delta_1 \sin 2x|_{x \rightarrow \infty} - \text{обмежена величина}.$$

Робимо висновок: розв'язок задачі Коші є стійким, оскільки всі розв'язки з достатньо близькими початковими умовами залишаються близькими між собою при змінній $x \rightarrow \infty$.

Знайходимо рівняння розв'язку задачі Коші в системі координат (УОУ')

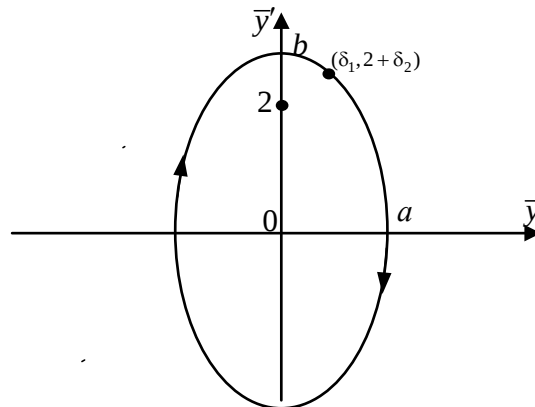
$$\begin{aligned}\bar{y} &= \delta_1 \cos 2x + \frac{2+\delta_2}{2} \sin 2x & \Rightarrow & \bar{y} = \delta_1 \cos 2x + \frac{2+\delta_2}{2} \sin 2x \\ \bar{y}' &= (2+\delta_2) \cos 2x - 2\delta_1 \sin 2x & \Rightarrow & \frac{\bar{y}'}{2} = \frac{2+\delta_2}{2} \cos 2x - \delta_1 \sin 2x \\ & & & \Rightarrow \left(\delta_1 \cos 2x + \frac{2+\delta_2}{2} \sin 2x \right)^2 + \left(\frac{2+\delta_2}{2} \cos 2x - \delta_1 \sin 2x \right)^2,\end{aligned}$$

Рівнянням задачі Коші з початковою умовою $y(0) = \delta_1, y'(0) = 2 + \delta_2$, значення якої достатньо близьки до заданої $y(0) = 0, y'(0) = 2$, є рівняння еліпса в системі координат (УОУ')

$$\begin{aligned}\bar{y}^2 + \frac{\bar{y}'^2}{4} &= \left[(\delta_1)^2 + \left(\frac{2+\delta_2}{2} \right)^2 \right] \\ \Rightarrow \frac{\bar{y}^2}{a^2} + \frac{\bar{y}'^2}{b^2} &= 1,\end{aligned}$$

$$\text{де } a^2 = (\delta_1)^2 + \left(\frac{2+\delta_2}{2} \right)^2, \quad b^2 = 4 \left[(\delta_1)^2 + \left(\frac{2+\delta_2}{2} \right)^2 \right].$$

Інтегральна крива має вигляд



Порівняння кривих – траєкторій точок з координатами $(\bar{y}(x); \bar{y}'(x))$ та $(y(x); y'(x))$ в залежності від змінної x , яку визначаємо параметром.

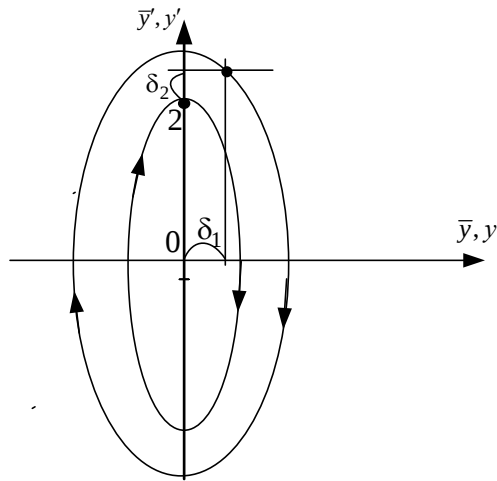


Рис.1

Висновок. Оскільки близькі за початковими умовами розв’язки задачі Коші залишаються близькими для значень незалежної змінної $x \rightarrow \infty$ (рис.1), то розв’язок заданої задачі Коші є стійким за означенням Ляпунова.

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.

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ У НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ЗДОБУВАЧІВ ЗВО І МОЛОДИХ УЧЕНИХ: ТВОРЧИЙ РОЗВИТОК ІДЕЙ

**Матеріали Всеукраїнської науково-практичної
конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених**

06-07 квітня 2023 року

Відповідальний за випуск *Ємельянова 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.*