

Міністерство освіти та науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

Моделювання соціально- економічних та екологічних процесів

**Методичні вказівки та завдання
до лабораторних робіт**

Чернівці
Чернівецький національний університет
2024

УДК 519.87(076.5)

М 744

Укладач:

Готинчан Тетяна Іванівна, доцент кафедри математичного моделювання.

М 744 Готинчан Т.І. Моделювання соціально-економічних та екологічних процесів: методичні вказівки та завдання до лабораторних робіт / Укл: Т.І. Готинчан, – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2024. – 48 с.

Видання містить методичні вказівки та завдання до лабораторних робіт, які охоплюють основні принципи та деякі моделі соціально-економічного та екологічних процесів.

Для студентів спеціальностей «Комп'ютерні науки» та «Системний аналіз»

УДК 519.87(076.5)

© Готинчан Т.І., 2024

© Чернівецький національний
університет, 2024

Зміст

Вступ	4
Мета і завдання навчальної дисципліни	6
Постановка завдання	11
Створення програмних засобів	11
Математичні моделі	13
Оптимізація кредитного портфеля	13
Оптимізація виробничої програми фірми	18
Визначення динаміки стану річкових вод	25
Організація рекламної кампанії у випадку визначення кількості проінформованих клієнтів	30
Завдання та вказівки до лабораторних робіт	36
Лабораторна робота № 1	36
Постановка задачі проєкту	36
Лабораторна робота № 2	39
Опис завдань проєкту. Перші етапи	39
Лабораторна робота № 3	42
Виконання та завершення проєкту. Тестування	42
Література	46

Вступ

З розвитком соціально-економічних взаємин між суб'єктами господарювання, а також впливу діяльності людини на довкілля проблемні ситуації ускладнюються. Удосконалюється й задіяний математичний апарат для дослідження цих проблем. Широке використання для розв'язування різноманітних задач ринкової економіки знайшли математичні моделі. Математичні моделі стають не лише зручним знаряддям аналізу, але й ключовим інструментом для вирішення складних завдань і прогнозування результатів, оскільки дозволяють нам відділити суттєві аспекти проблеми від деталей, які можуть бути складними або навіть несуттєвими. Вони дозволяють нам експериментувати з різними умовами та варіантами без реальних ризиків і витрат.

Моделювання – це не лише інструмент аналізу, а й засіб прогнозування майбутніх подій на основі поточного стану справ. Вирішуючи задачі прогнозування математичні моделі допомагають приймати обґрунтовані рішення в умовах невизначеності.

Оскільки багато сучасних проблем і ситуацій є складними системами з великою кількістю взаємопов'язаних частин, моделювання допомагає розібратися у цих системах, ідентифікувати ключові фактори та зв'язки між ними. Зокрема, математичні моделі дозволяють передбачити, як система реагуватиме на зміни в умовах або параметрах, аналізувати вплив різних факторів на систему та оцінювати ефективність різних стратегій в умовах змінних умов. Це допомагає приймати обґрунтовані рішення та планувати майбутні кроки. Також моделі дозволяють знаходити оптимальні рішення та параметри для досягнення певних цілей.

Отже, моделювання ситуацій є потужним інструментом для аналізу, прогнозування та оптимізації різних аспектів реального світу. Воно допомагає краще зрозуміти складні системи та приймати обґрунтовані рішення на основі доступних даних і знань.

Дисципліна «Моделювання соціально-економічних та екологічних процесів» відіграє важливу роль у підготовці майбутніх фахівців комп'ютерних наук та системного аналізу, оскільки полягає у наданні студентам комплексного розуміння основних принципів, методів та інструментів математичного моделювання для аналізу та прогнозування складних систем у соціально-економічній та екологічній сферах. Студенти отримують можливість розвинути свої аналітичні та критичні здібності, що допоможе їм у подальшій професійній діяльності при створенні складних програмних засобів. Компетенції, отримані в процесі вивчення цієї дисципліни, стануть корисними для студентів у різних сферах життя, включаючи кар'єрну діяльність та особисте життя. Соціально-економічні та екологічні процеси часто взаємодіють між собою, і розуміння цих взаємозв'язків є ключовим для ефективного управління та прийняття обґрунтованих рішень.

Методичні вказівки містять завдання до лабораторних робіт з дисципліни «Моделювання соціально-економічних та екологічних процесів», а також теоретичні відомості. Передбачено, що студенти виконують командні проєкти на лабораторних заняттях і під час самостійної роботи. При чому кожна лабораторна робота є основою для наступної.

Мета і завдання навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни полягає у вивченні сучасних математичних моделей соціально-економічної сфери, підприємництва, екологічних процесів та методів їх дослідження, а також створення програмних засобів, у бізнес-логіці яких використовуються математичні моделі.

Дисципліна формує такі компетентності [1, 2]:

- за ОП «Інформаційні технології та управління проєктами»:

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК7. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК8. Здатність працювати в команді.

ЗК9. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Фахові компетентності спеціальності:

ФК1. Усвідомлення теоретичних засад комп'ютерних наук.

ФК3. Здатність збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до інформаційної або комп'ютерної системи, що розробляється, експлуатується чи супроводжується.

ФК4. Здатність формалізувати предметну область певного проєкту у вигляді відповідної інформаційної моделі.

ФК5. Здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області.

ФК7. Здатність розробляти, описувати, аналізувати та оптимізувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.

ФК8. Здатність застосовувати існуючі і розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність.

ФК9. Здатність розробляти програмне забезпечення відповідно до сформульованих вимог з урахуванням наявних ресурсів та обмежень.

ФК13. Здатність ініціювати, планувати та реалізовувати процеси розробки інформаційних та комп'ютерних систем та програмного забезпечення, включно з його розробкою, аналізом, тестуванням, системною інтеграцією, впровадженням і супроводом.

ФК15. Здатність до оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань.

Наведені результати навчання за відповідною дисципліною співвідносяться із такими *програмними результатами навчання*:

ПРН1. Здійснювати опис предметної області розробки або дослідження; забезпечувати декомпозицію поставленої задачі.

ПРН2. Обирати належні засоби для розробки або дослідження (середовище розробки, мова програмування, програмне забезпечення та програмні пакети тощо), що дозволяють знайти правильне і ефективне рішення.

ПРН3. Аналізувати проміжні результати розробки або дослідження з метою з'ясування їх відповідності вимогам; розробляти тести та використовувати засоби верифікації, щоб переконатися у якості прийнятих рішень.

ПРН6. Аналізувати, оцінювати та порівнювати різні технології (методи, мови, алгоритми, графіки робіт) з метою встановлення пріоритетів у відповідності з різними критеріям продуктивності та якості, що визначені завданням.

ПРН11. Відшукувати необхідну інформацію у науковій літературі, базах даних, інших джерелах, аналізувати і оцінювати її.

ПРН12. Забезпечувати відстеження стану розробки, відображення його у технічній документації з використанням засобів управління версіями документів.

ПРН13. Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері інформаційних технологій і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень.

- ОП «Системний аналіз»:

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК3. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК4. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК6. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК7. Здатність виявляти та вирішувати проблеми на основі обґрунтованих рішень.

ЗК8. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

Фахові компетентності спеціальності:

СК1. Здатність інтегрувати знання та здійснювати системні дослідження, застосовувати методи математичного та інформаційного моделювання складних систем та процесів різної природи.

СК2. Здатність проєктувати архітектуру інформаційних систем.

СК3. Здатність розробляти системи підтримки прийняття рішень та рекомендаційні системи.

СК5. Здатність моделювати, прогнозувати та проєктувати складні системи і процеси на основі методів та інструментальних засобів системного аналізу.

СК8. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та прикладні проєкти в галузі інформаційних технологій та дотичні до неї міждисциплінарні проєкти.

СК10. Здатність до самоосвіти та професійного розвитку.

СК11. Здатність ефективно проводити системний аналіз, здійснювати вибір концептуальної моделі середовища інформаційної системи на основі математичних моделей і методів прийняття рішень, параметризацію компонентів інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень.

Наведені результати навчання за відповідною дисципліною співвідносяться із такими ***програмними результатами навчання***:

РН1 Спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері системного аналізу та інформаційних технологій і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень.

РН2 Будувати та досліджувати моделі складних систем і процесів застосовуючи методи системного аналізу, математичного, комп'ютерного та інформаційного моделювання.

РН4. Розробляти та застосовувати методи, алгоритми та інструменти прогнозування розвитку складних систем і процесів різної природи.

РН9 Розробляти та застосовувати моделі, методи та алгоритми прийняття рішень в умовах конфлікту, нечіткої інформації, невизначеності та ризиків.

Постановка завдання

Створення програмних засобів

Студентам пропонується розробити програмні продукти у рамках командних проєктів:

- ✓ опрацювати запропоновані моделі соціально-екологічного та екологічного спрямування;
- ✓ засобами прикладних пакетів дослідити параметри моделей та поведінку розв'язків;
- ✓ розбитися на команди і вибрати одну із моделей, яка буде реалізована в програмному продукті;
- ✓ оформити технічну документацію
- ✓ розробити програмний продукт:
 - описати його бізнес-логіку;
 - зазначити технічні вимоги до нього;
 - розробити макети графічного інтерфейсу користувача для візуалізації результатів моделювання та аналізу даних, а також інших компонент програмного засобу;
 - створити всі компоненти програмного продукту відповідно поставлених вимог;
 - протестувати роботу програмного продукту;
 - захистити.

Основні аспекти, на які слід сфокусуватися при розробці програмного продукту:

Технології розробки. Зважити переваги та недоліки популярних технологій розробки та обрати серед них належні.

Архітектурні концепції. Серед відомих концепцій обрати оптимальний варіант, що відповідатиме вимогам до програмного продукту.

Метод зберігання даних. Визначити який з варіантів краще підходить для реалізації застосунку: файлове сховище чи база даних.

База даних та система керування базою даних. Вирішити який з типів баз даних – реляційні чи нереляційні – краще задовольняє поставлені задачі перед програмним продуктом. Також обрати СКБД. Пріоритетом має бути надійність при розробці баз даних та використанні даних.

Шари бізнес-логіки. Продумати бізнес-логіки клієнтської та серверної частин програмного продукту та зв'язок з базою даних.

Візуалізація компонент програмного продукту. Стилізувати візуалізовані компоненти відповідно до сучасних вимог про дизайн.

Безпека даних та програмного продукту. Продумати та підібрати інструменти для реалізації захисту даних за ролями користувачів та захист програмного продукту від неавторизованих запитів.

Математичні моделі

У працях [3, 4] описані деякі моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці.

Оптимізація кредитного портфеля

Кредитний запит

Кожний кредитний запит характеризується розміром позики Q , яку бажано було б отримати позичальнику у момент часу T_0 , та графіком повернення позичкових коштів і відсотків за кредит. Цей графік повинен містити інформацію про розміри майбутніх платежів V_i , які здійснюватимуться позичальником у календарні моменти часу T_i , $i \in \{1, \dots, m\}$.

Через r позначимо нормативну ставку використання банком кредитних ресурсів. Тоді, у разі прийняття банком кредитного запиту до виконання та за умов повного та своєчасного виконання позичальником кредитної угоди, чистий дохід D банку, зведений до моменту часу T_0 , обчислюватиметься за формулою:

$$D = -Q + \sum_{i=1}^m \frac{V_i}{1+r_i}$$

де r_i - ставка дисконту для моменту часу T_i :

$$r_i = (1+r)^{T_i-T_0} - 1, \quad i \in \{1, \dots, m\}.$$

Показники розміру позики Q та чистого зведеного доходу банку D вважаються основними вихідними показниками кредитного запиту, запропонованого на момент часу T_0 .

До банку по кредит звертаються, зазвичай, багато позичальників на момент часу T_0 . А отже, для кожного потрібно розрахувати спочатку чистий зведений дохід.

Визначення оптимального кредитного портфеля у детермінованому випадку

Нехай на момент часу T_0 є певна множина кредитних запитів. Вважатимемо, що кожний з n кредитних запитів цієї множини вже пройшов попередню експертизу та є таким, який може бути обраним банком для виконання. Через обмеженість кредитних ресурсів перед банком постає питання: які саме з цих запитів доцільно включити до кредитного портфеля? За відсутності ризику неповернення коштів позичальниками це питання зводиться до задачі визначення такого кредитного портфеля, який забезпечував би банку якнайбільший зведений чистий дохід D_Σ від розміщення наявних у нього на момент T_0 кредитних ресурсів R .

Маємо цілочислову задачу математичного програмування з бульовими змінними:

$$\left. \begin{aligned} D_\Sigma &= \sum_{j=1}^n D_j x_j \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n Q_j x_j &\leq R, \\ x_j &\in \{0,1\}, \quad j \in \{1, \dots, n\}. \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

де D_j та Q_j , відповідно, – зведений чистий дохід та розмір позики за окремим j -м кредитним запитом з числа тих, що розглядаються для моменту часу T_0 , $j \in \{1, \dots, n\}$.

Невідомими виступають логічні змінні $x_j, j \in \{1, \dots, n\}$, які відображають факт включення j -го кредитного запиту до кредитного портфеля чи, навпаки, відмови від цього:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{якщо } j\text{-й кредитний запит буде} \\ & \text{включено до кредитного портфеля;} \\ 0, & \text{у супротивному випадку.} \end{cases}$$

Показники ризику кредитного запиту

Розглянемо окремий кредитний запит, який характеризується розміром позики Q грошових одиниць та зведеного чистого доходу D грошових одиниць. Завжди існує імовірність $p \in [0;1]$ майбутньої неплатоспроможності позичальника. Ми одержали наступну задачу:

ξ	$D+Q$	$-Q$
p	$1-p$	p

Імовірність того, що банку не повернуть позику Q дорівнює $p \in [0;1]$, тоді імовірність того, що банк одержить зведений чистий дохід D і позику Q буде повернуто дорівнює $(1-p)$.

З урахуванням цього ризику слід залучити до розгляду показники очікуваного зведеного чистого доходу $\bar{D} = M\xi - Q$ та дисперсії зведеного чистого доходу $\sigma^2 \xi = M\xi^2 - (M\xi)^2$, де $M\xi = (D+Q)(1-p) - Qp$, $\sigma \bar{D} = \sigma \xi$. \bar{D} і σ^2 обчислюються за формулами:

$$\bar{D} = D(1-p) + Q(1-2p) - Q = D(1-p) - 2Qp,$$

$$\sigma \xi^2 = (D+Q)^2(1-p) + Q^2 p - (D(1-p) + Q(1-2p))^2 = D^2 p(1-p)$$

Замість показника дисперсії можна розглядати показник σ_{ξ}^2 стандартного відхилення зведеного чистого доходу, який є арифметичним коренем з дисперсії:

$$\sigma_{\xi}^2 = D\sqrt{p(1-p)}$$

Оптимізація кредитного портфеля за умов ризику щодо платоспроможності позичальників

Розглянемо множину з n різних кредитних запитів та довільний кредитний портфель $x = (x_1, \dots, x_n)$. За умов ризику загальний зведений чистий дохід банку (дохід портфеля) D_{Σ} слід вважати випадковою величиною зі значенням \bar{D}_{Σ} , яке визначається показниками очікуваного чистого зведеного доходу \bar{D}_j кожного з кредитних запитів $j \in \{1, \dots, n\}$:

$$\bar{D}_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n \bar{D}_j x_j .$$

Для обчислення дисперсії загального зведеного чистого доходу кредитного портфеля σ_{Σ}^2 потрібно поряд з даними про дисперсії зведених чистих доходів за окремими кредитними запитами використати інформацію про коефіцієнти кореляційної залежності між неплатоспроможністю відповідних позичальників. Має місце формула:

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \rho_{ji} \sigma_j \sigma_i x_j x_i ,$$

де σ_j – стандартне відхилення зведеного чистого доходу j -го кредитного запиту, ρ_{ji} – експертна оцінка коефіцієнта кореляції між неплатоспроможністю позичальників j -го та i -го кредитного запитів, $\{j, i\} \in \{1, \dots, n\}$.

За умов ризику неплатоспроможності позичальників оптимальний кредитний портфель визначатиметься показниками очікуваного загального зведеного чистого доходу та стандартного відхилення загального зведеного чистого доходу, виходячи з особливостей ставлення до ризику кредитора. За неохочості до ризику оптимальний кредитний портфель відповідає розв'язку задачі цілочислового квадратичного програмування з бульовими змінними:

$$\left. \begin{aligned} z = \sum_{j=1}^m \bar{D}_j x_j - k \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \rho_{ji} \sigma_j \sigma_i x_j x_i \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n Q_j x_j \leq R, \\ x_j \in \{0, 1\}, j \in \{1, \dots, n\}. \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

Параметр k , який введено до цільової функції, забезпечує досягнення певного компромісу між зазначеними критеріями. Він визначається рівнем неохочості до ризику, який є прийнятним у конкретній кредитній установі. Зокрема, можна скористатися рекомендаціями, зазначеними у таблиці 1.

Таблиця 1. Орієнтовні значення параметра k залежно від рівня неохочості до ризику

Рівень неохочості до ризику	Помірний	Середній	Високий
Рекомендоване значення параметра	0,02	0,05	0,1

Оптимізація виробничої програми фірми

Розглянемо модель оптимізації виробничої програми фірми.

Нехай виробнича фірма випускає один продукт (чи багато продуктів, але з постійною структурою). Проблему оптимізації виробничої програми фірми розглянемо як у детермінованому, так і за умов не детермінованості майбутніх цін на продукцію та виробничі ресурси.

Змістовна постановка задачі: потрібно, виходячи з особливостей технологічних процесів фірми та наявних виробничих ресурсів знайти таку виробничу програму, яка забезпечувала б отримання максимального прибутку від реалізації виготовленої продукції. На прикладі цієї задачі буде проілюстровано перехід від детермінованої моделі до таких, які б підтримували прийняття відповідних підприємницьких рішень за умов ризику або за умов невизначеності щодо майбутніх ринкових цін на виробничі ресурси та виготовлену продукцію.

Щоб побудувати економіко-математичні моделі, наведемо необхідні позначення.

Загальні величини:

n – кількість видів продукції (товарів або послуг), які можуть виготовлятися (або надаватися) фірмою;

$j, j \in \{1, \dots, n\}$, – номер окремого виду продукції ;

m – кількість видів виробничих ресурсів;

$i, i \in \{1, \dots, m\}$, – номер окремого виду виробничих ресурсів,

a_{ij} – нормативні витрати i -го виробничого ресурсу на виготовлення одиниці j -ї продукції;

b_i – наявні обсяги виробничих ресурсів i -го виду;

c_j – змінна частина собівартості виготовлення та реалізації одиниці j -ї продукції, без урахування вартості спожитих виробничих ресурсів;

x_j^{min} – нижня та верхня межі обсягу виробництва j -ї продукції;

y_i^{min} – відповідно, нижня та верхня межі обсягу виробничого

Використання i -го ресурсу;

v_i^{min} – відповідно, нижня та верхня межі обсягу придбання додаткових виробничих ресурсів i -го виду;

w_i^{min} , – відповідно, нижня та верхня межі обсягу реалізації надлишку виробничих ресурсів i -го виду.

Невідомі величини (керовані змінні):

x_j – обсяг виробництва та реалізації j -ї продукції;

y_i – обсяг виробничого споживання i -го ресурсу;

v_i – обсяг закупівлі додаткових виробничих ресурсів i -го виду;

w_i – обсяг реалізації надлишку виробничих ресурсів i -го виду;

z – загальний прибуток фірми у його змінній частині.

Некеровані параметри:

p_j – ринкова ціна одиниці j -ї продукції;

q_i – ринкова ціна купівлі одиниці i -го виробничого ресурсу;

\tilde{q}_i – ринкова ціна продажу одиниці i -го виробничого ресурсу.

У детермінованих умовах значення некерованих параметрів у момент прийняття рішення вважаються відомими. У випадку ризику (у детермінованих умовах) вони розглядаються як випадкові величини з відомими їх певними статистичними характеристиками. У випадку невизначеності некеровані параметри вважаються невизначеними у межах певних діапазонів їхніх можливих майбутніх значень.

Залежності між відомими, невідомими величинами та некерованими параметрами:

- обсяги виробництва продукції, а також обсяги виробничого використання, придбання додаткових або реалізації надлишкових виробничих ресурсів повинні відповідати наперед визначеним межах:

$$x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max}, j \in \{1, \dots, n\}; \quad y_i^{\min} \leq y_i \leq y_i^{\max}, i \in \{1, \dots, m\};$$

$$v_i^{\min} \leq v_i \leq v_i^{\max}, i \in \{1, \dots, m\}; \quad w_i^{\min} \leq w_i \leq w_i^{\max}, i \in \{1, \dots, m\};$$

- виробниче споживання ресурсів визначається особливостями технологічного процесу (нормами питомих витрат та обсягами виробництва продукції):

$$y_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j, i \in \{1, \dots, m\},$$

- повинен виконуватись баланс надходження та відпливу виробничих ресурсів:

$$b_i + v_i = y_i + w_i, i \in \{1, \dots, m\},$$

- прибуток фірми визначається різницею між доходами фірми (від реалізації виготовленої продукції та надлишку виробничих ресурсів) та вартістю використаних виробничих ресурсів:

$$z = \sum_{j=1}^n p_j x_j - \sum_{j=1}^n c_j x_j + \sum_{i=1}^m \tilde{q}_i w_i - \sum_{i=1}^m q_i y_i$$

Економіко-математична модель задачі визначення виробничої програми фірми у детермінованому випадку

З урахуванням наведених співвідношень економіко-математична модель задачі визначення виробничої програми фірми у детермінованому випадку записується так:

$$z = \sum_{j=1}^n (p_j - c_j) x_j + \sum_{i=1}^m \tilde{q}_i w_i - \sum_{i=1}^m q_i y_i \rightarrow \max;$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - y_i = 0, \quad i \in \{1, \dots, m\}, \quad (2.1.)$$

$$y_i - v_i + w_i = b_i, \quad i \in \{1, \dots, m\},$$

$$x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max}, j \in \{1, \dots, n\}; \quad y_i^{\min} \leq y_i \leq y_i^{\max}, i \in \{1, \dots, m\};$$

$$v_i^{\min} \leq v_i \leq v_i^{\max}, i \in \{1, \dots, m\}; \quad w_i^{\min} \leq w_i \leq w_i^{\max}, i \in \{1, \dots, m\};$$

Модель є задачею лінійного програмування.

Економіко-математична модель задачі визначення виробничої програми фірми в умовах ризику (у детермінованому випадку)

Вважатимемо некеровані параметри випадковими величинами з відомими їхніми математичними сподіваннями

$$\bar{p}_j, j \in \{1, \dots, n\}, \bar{q}_i, i \in \{1, \dots, m\},$$

стандартними відхиленнями $\sigma_j, j \in \{1, \dots, n\}, \delta_i, i \in \{1, \dots, m\}$, відповідно.

Також вважатимемо, що випадкові величини p, q незалежні. Тоді прибуток z є випадковою величиною, статистичні

характеристики якої визначатимуться статистичними характеристиками некерованих параметрів. А саме:

- очікуване значення:

$$\bar{z} = \sum_{j=1}^n (\bar{p}_j - c_j) x_j - \sum_{i=1}^m \bar{q}_i (y_i - w_i),$$

- дисперсія:

$$\sigma^2(z) = \sum_{j=1}^n \delta_j^2 (y_i - w_i)^2.$$

За умов ризику вибір економіко-математичного інструментарію визначається типом ставлення до ризику конкретного підприємця.

Якщо підприємець є нейтральним до ризику, то оптимальна виробнича програма визначається за критерієм максимізації очікуваного прибутку:

$$\bar{z} = \sum_{j=1}^n (\bar{p}_j - c_j) x_j - \sum_{i=1}^m \bar{q}_i y_i + \sum_{i=1}^m \bar{q}_i w_i \rightarrow \max,$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - y_i = 0, \quad i \in \{1, \dots, m\}, \quad (2.2.)$$

$$y_i - v_i + w_i = b_i, \quad i \in \{1, \dots, m\},$$

$$x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max}, j \in \{1, \dots, n\}; \quad y_i^{\min} \leq y_i \leq y_i^{\max}, i \in \{1, \dots, m\};$$

$$v_i^{\min} \leq v_i \leq v_i^{\max}, i \in \{1, \dots, m\}; \quad w_i^{\min} \leq w_i \leq w_i^{\max}, i \in \{1, \dots, m\};$$

Ця модель, фактично, є аналогічною до попередньої, а отже задачею лінійного програмування.

Якщо ставлення підприємця до ризику відрізняється від нейтрального, то тоді найкращу виробничу програму слід шукати серед ефективних планів двокритеріальної задачі:

$$\bar{z} = \sum_{j=1}^n (\bar{p}_j - c_j) x_j - \sum_{i=1}^m \bar{q}_i y_i + \sum_{i=1}^m \bar{q}_i w_i \rightarrow \max,$$

$$\sigma^2(z) = \sum_{j=1}^n \sigma_j^2 x_j^2 + \sum_{i=1}^m \delta_i^2 (y_i - w_i)^2 \rightarrow \min(\max),$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - y_i = 0, \quad i \in \{1, \dots, m\}, \quad (2.3)$$

$$y_i - v_i + w_i = b_i, \quad i \in \{1, \dots, m\},$$

$$x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max}, \quad j \in \{1, \dots, n\}; \quad y_i^{\min} \leq y_i \leq y_i^{\max}, \quad i \in \{1, \dots, m\};$$

$$v_i^{\min} \leq v_i \leq v_i^{\max}, \quad i \in \{1, \dots, m\}; \quad w_i^{\min} \leq w_i \leq w_i^{\max}, \quad i \in \{1, \dots, m\};$$

Це є двокритеріальна задача оптимізації. Причому оптимізаційна спрямованість показника дисперсії прибутку залежить від ставлення підприємця до ризику: до мінімуму – у випадку несхильності, до максимуму – у випадку схильності. Це є двокритеріальна задача оптимізації.

Найрозповсюдженим способом зведення багатокритеріальної задачі до однокритеріальної є так зване зважування критеріїв. Якщо

$$f_1(x), \dots, f_n(x) \quad (2.4)$$

– функції, що виражають значення використовуваних критеріїв, то кожній з них, відповідно до відносної важливості критеріїв, вибирається додатний ваговий коефіцієнт. Нехай критерії нормовані і визначений вектор вагових коефіцієнтів

критеріїв $\sum_{i=1}^m a_i = 1, a_i \geq 0, i \in \{1, \dots, m\}$, який характеризує важливість належного критерію.

Тоді розглядається задача оптимізації скалярного критерію:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m a_i f_i(x) \rightarrow \max \quad (2.5)$$

З теореми Карліна випливає, що розв'язок задачі (2.5) ефективний для задачі багатокритеріальної.

Таким чином, задачу (2.3), підібравши економічно обґрунтовані ваги, можна звести до знаходження ефективного розв'язку відповідної однокритеріальної задачі.

У працях [5 – 8] описані деякі моделі визначення динаміки стану річкових вод

Визначення динаміки стану річкових вод

Дослідження річкових процесів здійснювались не лише з метою вивчення їх впливу на довкілля, а й на якість річкової води, яку споживають й використовують у господарській діяльності. Якість води є важливою і головною характеристикою річок з точки зору водокористування. Це є і водовідбір води, необхідної для господарських цілей, та питної води, а також використання води для розведення риби та для рекреаційних цілей тощо.

Більшість відомих моделей, які враховують кількість і характер процесів, можна розбити на три типи [5]:

- 1) моделі, що враховують лише процеси розбавлення вод;
- 2) моделі, що враховують процеси самоочищення річки, але без урахування процесів розбавлення;
- 3) моделі розбавлення з урахуванням процесів самоочищення

У праці [5, 6] сформульовано підходи моделювання річкових процесів, які дозволяють коректно враховувати всі стоки та витоки води в річковій системі. Пропонується будь-яку ділянку річки розглядати як багатовимірну кібернетичну систему, на вхід якої надходять різні впливи у вигляді стічних вод підприємств, комунально-побутових стічних вод, природних стоків, атмосферних опадів тощо, які впливають на якість води у річці. Вихідною характеристикою системи є якість води в місцях водоспоживання та водокористування. Припускається, що характер процесів, які протікають у во-

дах, що надходять на різні входи річкового об'єкта, залежить не лише від часу, але й від координат розміщення цих входів.

Через неоднорідність форм русел річок, характер річкових процесів залежить від її координати. Так, динаміка процесів розповсюдження та турбулентного перемішування суттєво відрізняється на прямих ділянках русел порівняно з динамікою на вигинах річок. Тому з метою врахування цих особливостей автор пропонує ділянку річки, котра моделюється, розбивати на декілька більш дрібних елементарних ділянок.

Для побудови просторово-розподіленої математичної моделі, яка описує зміну концентрації деякої хімічної речовини як в просторі, так і в часі, використано методи математичної фізики з балансом зміни концентрації деякої хімічної речовини для елементарного об'єму річкового водотоку, розташованого між двох достатньо близьких перетинів по осі координат z [6]. Гідродинамічне рівняння матеріального балансу для річкового водотоку набуває вигляду [5]:

$$\frac{dx(t, z)}{dt} - G_l(t) \cdot x(t, z) = v^* \frac{\partial x(t, z)}{\partial z} - \delta^* \frac{\partial^2 x(t, z)}{\partial z^2},$$

$$l \in \{1, 2, 3\}, \quad (3.1)$$

$$G_1(t) = -k_1,$$

$$G_2(t) = -k_2(1 - e^{-k_1 t}),$$

$$G_3(t) = -k_3 \left(1 - e^{-k_2(1 - e^{-k_1 t}) t} \right),$$

де x – це значення показника якості води, що моделюється;

x_0 – значення концентрації $x(t)$ у початковий момент часу $t = 0$;

$[0, T]$ – інтервал часу, для якого виконується моделювання;

k_1 – коефіцієнт пропорційності між швидкістю протікання процесів першої групи та значенням показника, на який вони діють;

k_2 – коефіцієнт пропорційності між швидкістю протікання процесів другої групи, за умови їхнього ізольованого протікання, та значенням показника, на який вони діють; множенням k_2 на коефіцієнт $(1 - e^{-k_1 t})$ враховується вплив процесів першої групи на процеси другої;

k_3 – коефіцієнт пропорційності між швидкістю протікання процесів третьої групи, за умови їхнього ізольованого протікання, та значенням показника, на який вони діють; множенням k_3 на відповідний коефіцієнт враховуються впливи процесів першої та другої груп на процеси третьої;

$G_l(t)$ – функція, що враховує вплив l -ї кількості груп послідовно-одночасних процесів на зміну значення показника x ;

v^* – аналог швидкісного коефіцієнта (м/с);

δ^* – аналог турбулентнодифузного коефіцієнта (м²/с).

Якщо позбутись змінної простору z і перейти лише до змінної часу t , то математична модель буде записана в класичному просторі змінних стану.

$$\frac{\delta^*}{v^2} \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + \left(1 - \frac{v^*}{v}\right) \frac{dx(t)}{dt} - G_l(t) \cdot x(t) = 0, \quad (3.2)$$
$$x(0) = x_0, \quad \dot{x}(0) = x_{00},$$

де x_{00} – значення концентрації $x(m,n)$ у попередній від початкового момент часу.

Якщо ввести позначення:

$$D = \frac{\delta^*}{v^2},$$

$$V = 1 - \frac{v^*}{v}.$$

то з врахуванням їх задачу (3.2) можна переписати в компактному вигляді:

$$\begin{aligned} \ddot{x}(t) + V^* \dot{x}(t) - G_l^*(t) \cdot x(t) &= 0, \\ x(0) = x_0, \quad \dot{x}(0) &= x_{00}, \end{aligned} \quad (3.3)$$

де

$$\begin{aligned} \ddot{x}(t) &= \frac{d^2 x(t)}{dt^2}, \quad \dot{x}(t) = \frac{dx(t)}{dt}, \\ V^* &= \frac{V}{D}, \\ G_l^*(t) &= \frac{G_l(t)}{D}, \quad l \in \{1, 2, 3\}, \\ G_1^*(t) &= -K_1^*, \\ G_2^*(t) &= -K_2^*(1 - e^{-k_1 t}), \\ G_3^*(t) &= -K_3^* \left(1 - e^{-k_2(1 - e^{-k_1 t})t} \right), \\ K_l^* &= \frac{k_l}{D}, \quad l \in \{1, 2, 3\}. \end{aligned}$$

Рівняння (3.3) є класичним лінійним однорідним диференціальним рівнянням другого порядку зі змінними коефіцієнтами.

Відомо, що в загальному випадку розв'язати диференціальне рівняння другого порядку зі змінними коефіцієнтами в аналітичному вигляді неможливо. А тому необхідно застосовувати чисельні методи. Проте рівняння у задачі (3.3) має одну особливість – жорсткість, котра унеможливує його розв'язання за допомогою звичайних числових методів, наприклад, методів Рунге – Кутти.

У [5] наведено алгоритм та умови, виконання яких дозволило б отримати коректний з математичної та фізичної

точок зору розв'язок задачі (3.3) для різних виразів на будь-якому інтервалі часу $[0, T]$ після надходження до річки скидів та стоків ступінчастого характеру.

$$\begin{aligned} x[n] &= K_{1l}[n]x[n-1] - K_{2l}[n]x[n-2], \\ x[0] &= x_0, x[-1] = x_0 - h_1x_{00}, \end{aligned} \quad (3.4)$$

де

$$\begin{aligned} K_{1l}[n] &= \frac{2h_{n-1} + h_{n-1}(h_{n-1} + h_n)V^* + 2h_n}{K_{VGl}[n]}, \\ K_{2l}[n] &= \frac{2h_n}{K_{VGl}[n]}, \end{aligned}$$

де

$$K_{VGl}[n] = 2h_{n-1} + h_{n-1}(h_{n-1} + h_n)V^* - h_{n-1}h_n(h_{n-1} + h_n)G_l^*[n]$$

$$h_n = \sqrt{n \cdot \Delta h} > 0, n \in \{1, 2, \dots, N\},$$

де

$$\begin{aligned} G_1^*[n] &= -k_1, \\ G_2^*[n] &= -k_2(1 - e^{-k_1 t}), \\ G_3^*[n] &= -k_3(1 - e^{-k_2(1 - e^{-k_1 t})t}), \end{aligned}$$

h_n – значення n -го кроку інтегрування;

Δh – елементарний крок інтегрування;

$x[n]$ – це значення показника якості води в n -й момент часу, що моделюється (n – порядковий номер: $n \in \{1, 2, \dots, N\}$; N – кількість значень часового інтервалу).

У працях [9 – 10] описані деякі моделі ведення рекламних компаній. Так у праці [9] описано модель рекламної компанії у випадку визначення кількості проінформованих клієнтів, яку можна розвинути й використовувати, наприклад, у випадку соціальної реклами.

Організація рекламної кампанії у випадку визначення кількості проінформованих клієнтів

Нехай деяка фірма (підприємство, установа) починає рекламувати новий товар чи послугу. Ясно, що прибуток від майбутнього продажу повинен перекривати витрати на цю кампанію. Зрозуміло також, що спочатку витрати можуть перевищувати прибуток, бо лише невелика частка потенційних покупців буде інформована щодо новинки. Згодом, зі збільшенням обсягів продажу, можна вже розраховувати на помітний прибуток, і, врешті, настане момент, коли ринок насититься, і надалі рекламувати товар не буде сенсу.

Модель рекламної кампанії ґрунтується на таких основних гіпотезах [8].

Розглянемо модель організації рекламної кампанії у випадку визначення кількості проінформованих клієнтів, оскільки часто реклама розрахована на те, що потенційний покупець принаймні один раз купить товар.

Необхідні позначення:

- проміжок часу проведення рекламної кампанії: $[0; T]$;
- кількість покупців на момент часу t : $N(t)$;
- у початковий момент організації реклами: $N(0)=0$;
- максимальна кількість покупців: N_0 ;

- швидкість зміни в часі кількості споживачів, котрі дізналися про товар і мають намір і кошти купити його (t – час, що минув з початку рекламної кампанії): dN/dt ;
- інтенсивність реклами (кількість рівнозначних рекламних дій в одиницю часу (наприклад, розміщення однакових афіш, відеороликів)): $\alpha_1(t)$;
- ступінь спілкування клієнтів з іншими людьми позначимо: $\alpha_2(t)$;
- величина прибутку від продажу одиниці товару, якою б вона була без витрат на рекламу: P ;
- ціна елементарного акту реклами: S ;
- сумарний дохід: D , $D = pN(T)$;
- сумарні витрати: S , $S = s \int_0^T \alpha_1(t) dt$;
- прибуток фірми: $P = D - S$

Вважається, що dN/dt пропорційна кількості покупців, які ще не знають про цей товар (послуги), тобто величині

$$\alpha_1(t)(N_0 - N(t))$$

Припускається також, що ті, хто дізнався про товар, так чи інакше поширюють отриману інформацію серед необізнаних, виступаючи в ролі додаткових рекламних «агентів» фірми. Їхній внесок дорівнює величині

$$\alpha_2(t)(N(t)(N_0 - N(t)))$$

Він буде тим більшим, чим більша кількість агентів. Ве-

$$\alpha_2(t) > 0$$

личина може бути встановлена опитуванням.

У результаті отримуємо рівняння

$$\frac{dN}{dt} = [\alpha_1(t) + \alpha_2(t)N(t)](N_0 - N(t))$$

Врахувавши початкову умову та ввівши коефіцієнт пропорційності k ($0 \leq k \leq 1$), отримуємо математичну модель організації рекламної кампанії

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = k[\alpha_1(t) + \alpha_2(t)N(t)](N_0 - N(t)), \\ N(0) = 0. \end{cases} \quad (4.1)$$

У випадку сталих додатних значень α_1 і α_2 , модель набуває вигляду

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = k[\alpha_1 + \alpha_2 N(t)](N_0 - N(t)), \\ N(0) = 0. \end{cases} \quad (4.2)$$

Розв'язок для (4.2) матиме вигляд

$$N(t) = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2 N_0}{\alpha_1 + \alpha_2 N_0 e^{-k(\alpha_1 + \alpha_2 N_0)t}} - 1 \right), \quad t \geq 0 \quad (4.3)$$

Момент часу, при якому досягається $\left(\frac{dN(t)}{dt}\right)_{max}$ – максимальна швидкість приросту потенційних покупців, визначається як

$$T_1 = \frac{\ln \frac{\alpha_2}{\alpha_1} N_0}{k \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_2} + N_0 \right) \alpha_2} \quad (4.4)$$

Реклама доцільна, якщо дохід від реклами перевищує витрати на рекламу. Зрозуміло, що в момент найбільшого приросту клієнтів поточний дохід має перевищувати поточні витрати, тобто:

$$p \left(\frac{dN(t)}{dt} \right)_{max} - P(0) > s \alpha_1$$

або

$$p \alpha_2 \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_2} + 2N_0(1 - 2k) \frac{\alpha_1}{\alpha_2} + N_0^2 \right) > s \frac{\alpha_1}{\alpha_2}, \quad (4.5)$$

Умова (4.5) і є необхідною умовою ведення рекламної кампанії, що виражена через вхідні дані.

Після моменту T_1 швидкість приросту потенційних покупців зменшується, тому доцільно переглянути показник α_1 .

Випадок корегування α_1 . Оскільки постійне вкладення великої кількості грошей у рекламу недоцільне, то будемо розв'язувати цю задачу при додатковому обмеженні

$$0 \leq \alpha(t) \leq \alpha_{max}. \text{ Розглянемо випадок, коли } T \text{ велике і}$$

$$\alpha_1(t) = \begin{cases} \alpha_{max}, & 0 \leq t < T_1, \\ \alpha_{opt}, & t \geq T_1, \end{cases}$$

тобто спочатку виділяється максимальна кількість грошей α_{max} для „розкрутки” товару, а потім йде стаціонарне виділення коштів $\alpha_{opt} < \alpha_{max}$. Зрозуміло, що й α_2 може змінюватись. Вважатимемо

$$\alpha_2 = \begin{cases} \alpha_{21}, & 0 \leq t < T_1, \\ \alpha_{22}, & t \geq T_1. \end{cases}$$

За T_1 візьмемо час, обчислений за формулою (4.4), тобто

$$T_1 = \frac{\ln \frac{\alpha_{21} N_0}{\alpha_{max}}}{k \left(\frac{\alpha_{max}}{\alpha_{21}} + N_0 \right)^{\alpha_{21}}}, \quad (4.6)$$

Тоді в області $0 \leq t < T_1$ розв’язок задачі (4.2) подається формулою (1.6) у вигляді

$$N(t) = \frac{\alpha_{max}}{\alpha_{21}} \left(\frac{\alpha_{max} + \alpha_{21} N_0}{\alpha_{max} + \alpha_{21} N_0 e^{-k \left(\frac{\alpha_{max}}{\alpha_{21}} + N_0 \right)^{\alpha_{21}} t}} - 1 \right) \quad (4.7)$$

Відповідно розв’язок задачі (4.2) на $T_1 \leq t < T$ подається формулою

$$N(t) = -\frac{\alpha_{opt}}{\alpha_{22}} + \frac{N_0 + \frac{\alpha_{opt}}{\alpha_{22}}}{1 + \left(\frac{N_0 - N_1}{N_1 + \frac{\alpha_{opt}}{\alpha_{22}}}\right) e^{-k(N_0 + \frac{\alpha_{opt}}{\alpha_{22}})\alpha_{22}(t-T_1)}} \quad (4.8)$$

де

$$N_1 = \frac{\alpha_{max}}{\alpha_{21}} \left(\frac{\alpha_{max} + \alpha_{21} N_0}{\alpha_{max} + \alpha_{21} N_0 e^{-k\left(\frac{\alpha_{max}}{\alpha_{21}} + N_0\right)\alpha_{21} T_1}} - 1 \right)$$

Завдання та вказівки до лабораторних робіт

Лабораторна робота № 1.

Постановка задачі проєкту

Завдання.

1. Об'єднавшись у команди, опрацювати модель вибраної теми проєкту. Ви можете обрати запропоновану модель або пропонувати вами підібрану.
2. Описати предметну галузь проєкту, зокрема такі аспекти:
 - 1) постановка задачі та визначення основних понять і позначень, математична модель;
 - 2) доповнення моделі за потреби новими поняттями
 - 3) дослідження моделі на вплив різних факторів на ефективність результату
3. За допомогою прикладних пакетів розв'язати задачі з тестовими даними.
4. Визначити й обговорити завдання інформаційної системи та технології, що будуть використовуватись у проєкті.
5. Описати бізнес аналітику проєкту
6. Поділити весь проєкт на чітко визначені етапи із зазначенням строків виконання:
 - 1) підготовчий етап;
 - 2) опрацювання математичної моделі;
 - 3) розробка та тестування програмного забезпечення;
 - 4) збір та аналіз результатів;
 - 5) підготовка звіту та презентація;

- б) завершальні дії.
7. Розподілити обов'язки в середині команди.
8. Оформити звіт у вигляді текстового документу.
9. Завантажити звіт і файли з розв'язками модельних прикладів на Moodle.

Термін захисту проєктів: 14 тиждень навчання.

Рекомендації щодо прикладних пакетів:

- 1) Для реалізації модельних задач оптимізації можна використовувати, наприклад, пакет «Пошук розв'язку» з MS Excel, пакет Wolfram Mathematica, математичні бібліотеки Python.
- 2) Для знаходження вибіркових оцінок розподілів можна використовувати статистичні функції з MS Excel, пакети Wolfram Mathematica, математичні бібліотеки Python.
- 3) Для обчислення похідних, інтегралів, розв'язування рівнянь використовувати, наприклад, пакети MathCad, Wolfram Mathematica, математичні бібліотеки Python.

Рекомендації щодо зазначення етапів розробки проєкту:

1. *Підготовчий етап* (1 тиждень, дата):
 - визначення цілей та об'єктів дослідження;
 - вивчення та аналіз існуючих даних та ресурсів;
 - формулювання завдань для математичної моделі та визначення параметрів;
 - вибір технологій.

2. *Опрацювання математичної моделі* (1 тиждень, дата):
 - опрацювання математичної моделі;
 - валідація моделі на основі існуючих даних;
 - внесення можливих корекцій та уточнень до моделі;
3. *Розробка та тестування програмного забезпечення* (3 тижні, дата):
 - написання бізнес-логіки кожної компоненти застосунку (дата);
 - створення макетів для UI (дата);
 - розробка застосунку (дата);
 - тестування та налагодження програмного забезпечення (дата);
 - внесення корекцій після консультацій (дата);
4. *Збір та аналіз результатів* (0.5 тижня, дата):
 - збір результатів дослідження та аналіз отриманих даних;
 - підготовка звіту з результатами дослідження;
5. *Підготовка звіту та презентація* (0.5 тижня, дата):
 - підготовка текстового звіту про проєкт;
 - підготовка презентації для представлення результатів проєкту;
6. *Завершальні дії* (1 тиждень, дата):
 - підготовка та надсилання звіту та презентації;
 - захист проєкту;
 - оцінювання результатів проєкту і визначення подальших кроків.

Термін захисту лабораторної роботи: 4 тиждень навчання.

Лабораторна робота № 2

Опис завдань проєкту. Перші етапи

Завдання.

1. Створити технічну документацію проєкту, в якій обов'язково зазначити:
 - 1) найменування та призначення проєкту;
 - 2) постановка завдання проєкту;
 - 3) вимоги до функціональних характеристик складових проєкту;
 - 4) вимоги до надійності функціонування проєкту;
 - 5) структуру проєкту;
 - 6) стадії та етапи розробки із зазначенням строків виконання;
 - 7) зміст робіт по етапах;
 - 8) способи тестування.
2. Зазначити хто яке завдання виконує на кожному етапі розробки проєкту.
3. Оформити технічну документацію у вигляді текстового документу і представити на обговорення на 5 тижні навчання. Завантажити технічну документацію на Moodle.
4. Виконати завдання перших етапів розробки, термін яких до 8 тижня навчання.
5. Продемонструвати виконання розроблених модулів проєкту. Завантажити і у текстовому документі вказати посилання на хаб.
6. Текстовий файл завантажити на Moodle

Термін захисту лабораторної роботи: 8 тиждень навчання

Рекомендації щодо опису статуту проєкту

Багато детально описати такі аспекти:

- 1) мета проєкту та її обґрунтування;
- 2) Цільова аудиторія проєкту;
- 3) Вимірювані цілі проєкту та відповідні критерії успіху;
- 4) Фундаментальні вимоги для:
 - незареєстрований користувача;
 - зареєстрований користувача;
 - модератора;
 - адміністратора;
 - суперадміністратора.
- 5) Фундаментальний опис проєкту та його межі;
- 6) Фундаментальні ризики;
- 7) Узагальнений графік ключових подій;
- 8) Проєктний менеджер;
- 9) Зацікавлені особи.

Приклад опису вимірювальних цілей проєкту

1. Створити сервіс обробки даних для аналізу рекламних кампаній
2. Створити та налаштувати реляційну базу даних PostgreSQL, та підключити її до нашого сервісу
3. Створити endpoint-и для взаємодії користувача із сервером
4. Розробити дизайн додатку
5. Розробити фронт-енд частину

6. Реалізувати реєстрацію та авторизацію у сервісі з впровадженням ролей для відповідних типів користувачів
7. Створити адмін-панель для конфігурації додатку та роботи із замовленнями
8. Підготувати проєкт згідно pipeline-у до розгортання на вебсервері

Лаборторна робота № 3

Виконання та завершення проєкту. Тестування

Завдання.

1. Доповнити технічну документацію проєкту розділом опису ПО, у якому зазначити:
 - 1) уточнення структури вхідних та вихідних даних,
 - 2) визначення форми подання вхідних та вихідних даних,
 - 3) остаточне визначення конфігурації проєкту
 - 4) розробка алгоритму розв'язання завдань частин проєкту,
 - 5) розробка структури компонент проєкту,
 - 6) розробка пояснювальної записки користування проєктом розробникам,
 - 7) розробка пояснювальної записки користування проєктом кінцевим користувачем.
2. Зазначити хто яку частину завдання на етапах виконує із зазначенням назв функцій, процедур, дій тощо.
3. Оформити доповнену технічну документацію у вигляді текстового документу і представити на обговорення на 12 тижні навчання. Завантажити технічну документацію на Moodle.
4. Завершити виконання розробки проєкту. Протестувати.
5. Продемонструвати виконання розроблених модулів проєкту на 12 тижні.
6. Усунути можливі недоліки, які виявились на тестуванні.

7. Захистити проєкт на 14 тижні.
8. Завантажити і у текстовому документі вказати посилання на хаб.
9. Текстовий файл завантажити на Moodle

Термін подання лабораторної роботи: 13 тиждень навчання.

Рекомендації щодо кінцевого опису ПП на прикладі моделі організації рекламної кампанії:

Опис ПО

1) Уточнення структури вхідних та вихідних даних

1. Вхідні дані:

- реєстраційні дані користувачів: ім'я, електронна адреса, пароль, роль;

- дані рекламних кампаній: тип кампанії, кількість реклами, ціна реклами, ціна товару, ціна товару без затрат на рекламу, тривалість реклами;

- платіжні дані для онлайн-оплати: банківська картка, сума оплати, cvv номер , ПІБ власника картки.

2. Вихідні дані:

- статистика аналізу рекламних кампаній у вигляді графіків та числових даних;

- підтвердження реєстрації, входу в систему, успішної оплати послуг;

2) Визначення форми подання вхідних та вихідних даних

1. Формат вхідних даних:

- дані формату JSON для передачі реєстраційної інформації та даних рекламних кампаній;

- форма для введення платіжних даних для онлайн-оплати.

2. Формат вихідних даних:

- графіки та результати аналізу рекламних кампаній;
- сповіщення про успішну авторизацію або реєстрацію.

3) Остаточне визначення конфігурації проєкту

1. Фронтенд:

- використання React.js та Chart.js (або інших бібліотек) для створення динамічних графіків та інтерфейсу;
- інтеграція з ClickUp для управління проєктом та відстеження завдань.

2. Бекенд:

- використання Nest.js (або інший фреймворк) для створення REST API та обробки запитів;
- Інтеграція з PostgreSQL (або інша СКБД) для збереження даних та виконання операцій з базою даних.

3. Дизайн:

- використання Figma для розробки дизайну та прототипування інтерфейсу в реальному часі.

4) Розробка алгоритму розв'язання завдань частин проєкту

1. Реєстрація та авторизація користувачів:

- перевірка правильності введених даних;
- шифрування та збереження паролів у безпечному форматі;
- встановлення сесій для збереження стану авторизації;
- створення та присвоєння JWT токена користувачу.

2. Взаємодія з рекламними кампаніями:

- можливість додавання, редагування та видалення кампаній;
- обчислення рекламних моделей на основі обраної рекламної кампанії.

3. Оплата послуг:

- інтеграція з платіжними системами для прийому платежів;
- підтвердження успішної оплати та оновлення стану послуг користувача.

5) Розробка структури компонент проекту

1. Фронтенд:

- компонент для реєстрації та входу;
- віджет для перегляду рекламних кампаній та їх аналізу;
- форма для введення платіжних даних;
- форма для розрахунку математичної моделі рекламної кампанії;
- сторінка “Про нас”;
- особистий кабінет;
- перегляд замовлень в особистому кабінеті.

2. Бекенд:

- модуль для обробки реєстраційних та авторизаційних запитів;
- система управління рекламними кампаніями та їх аналізу;
- сервіс для обробки платежів та взаємодії з платіжними шлюзами;
- система розрахунку рекламних моделей;
- система для обробки допоміжних запитів.

Література

1. Освітня програма «Інформаційні технології та управління проектами другого (магістерського) рівня вищої освіти» [Електронний ресурс] – Режим доступу : https://mathmod.chnu.edu.ua/media/ygfcyg4a/op_csmag_2023.pdf
2. Освітня програма «Системний аналіз другого (магістерського) рівня вищої освіти» [Електронний ресурс] – Режим доступу : https://mathmod.chnu.edu.ua/media/1zujoybv2/op_samag_2023.pdf
3. Кігель В.Р. Математичні методи ринкової економіки: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2003. – 158 с.
4. Кігель В.Р. Методи і моделі прийняття рішень в ринковій економіці: Монографія. – К.: ЦУЛ, 2003. – 202 с.
5. Мокін В.Б., Мокін Б.І. Математичні моделі та програми для оцінювання якості річкових вод. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2000. – 152 с.
6. Мокін В.Б. Математичні моделі для контролю та управління якістю річкових вод. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМВінниця, 2005. – 172 с.
7. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління : підруч. для студентів ВНЗ / А. В. Яцик, Л. А. Волкова, В. А. Яцик, І. А. Пашенюк; ред.: А. В. Яцик. - 2-ге вид., доповн. та переробл. – Київ : Талком, 2014. - 405 с. - Бібліогр.: с. 397 – 400.
8. Гопченко Є. Д., Шакірзанова Ж. Р., Овчарук В. А. Сучасні математичні моделі в гідрологічних розрахунках та прогнозах: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2015. 195 с.

9. Вітлінський В.В. Моделювання економіки. – К.: КНЕУ, 2003. – 408 с.
10. Є. В. Івохін і В. О. Навродський. Математичні моделі процесу розповсюдження реклами в соціальній групі // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2017. № 6. – С. 122 – 127.

Навчальне видання

Укладач:

Готинчан Тетяна Іванівна

**Моделювання соціально-
економічних та екологічних
процесів**

**Методичні вказівки та завдання
до лабораторних робіт**

Відповідальний за випуск **Черевко І.М.**
Комп'ютерний набір **Готинчан Т.І.**