

УДК 004.383.1

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.210535

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ БАГАТОЕТАПНИХ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ НА ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Солодовник Г. В., Дейнега А. О.

Об'єктом дослідження є процес прийняття управлінських рішень, що потребує аналізу послідовності рішень та зовнішніх факторів, у випадку коли одна сукупність стратегій суб'єкта управління та станів зовнішнього середовища породжує інший стан подібного типу.

Дослідження присвячено питанням автоматизації процесів управління соціально-економічними системами, а саме створенню моделі та програмної реалізації процесу прийняття багатоетапних рішень на виробничому підприємстві. Виробнича система – це складна динамічна система, тому їй притаманні невизначеність у функціонуванні, а також велика кількість неоднорідних елементів та зв'язків, та багатоваріантність розвитку. Ці характеристики системи, а також принципова невизначеність зовнішніх факторів функціонування, обумовлюють необхідність аналізу великої кількості інформації, якій притаманні невизначеність та неповнота. Тому важливим є створення автоматизованих систем підтримки прийняття управлінських рішень.

Задача дослідження полягає у створенні моделі раціонального вибору в ситуації, коли мають місце дві (або більше) послідовних множини рішень, причому наступні рішення ґрунтуються на результатах попередніх. Така ситуація передбачає наявність двох (й більше) множини станів зовнішнього середовища. Тобто з'являється цілий ланцюг рішень, що впливають одне з одного й відповідають подіям, які відбуваються з певною ймовірністю. Для розв'язання такого типу задач використовують теоретико-ігровий апарат багатоетапних ігор з природою.

З метою проведення експериментів з моделлю розроблено її програмну реалізацію. В роботі проведено огляд існуючих аналогів, проаналізовано вхідні та вихідні дані моделі. В рамках методології об'єктно-орієнтованого програмування побудовано діаграму діяльності, визначено функціональні можливості акторів та зроблено опис функціональної моделі.

Завдяки проведенню експериментів з моделлю забезпечується можливість підвищення обґрунтованості управлінських рішень. Перевагами автоматизованої системи, що розробляється, у порівнянні з відомими аналогами є підтримка багатоетапних управлінських рішень, надання можливостей збереження та корегування результатів.

Ключові слова: багатоетапне рішення, автоматизована система, управління ризиком, діаграма діяльності, функціональна модель.

1. Вступ

Прийняття управлінських рішень вимагає обробки та аналізу великої кількості інформації, що зумовлює актуальність автоматизації цих процесів. Якщо визначити управління соціально-економічними системами як переведення системи з сьогоdnішнього стану у бажаний, то досконалість аналізу інформації є запорукою оптимального шляху переведення системи у бажаний стан.

Інформація про систему може надходити як з зовнішніх, так і з внутрішніх джерел. Неповнота та неадекватність інформації, в першому випадку, обумовлена індетермінованістю поведінки зовнішнього середовища [1, 2]. У другому, не співпадінням цілей управлінських та виконавчих рівнів системи [3].

Автоматизація процесу управління виробництвом полягає в залученні засобів програмування для планування та контролю вхідних, проміжних та вихідних змінних певних матеріальних факторів з метою отримання оптимального прибутку в межах можливостей та відповідно, загальних спрямувань фірми в цілому [4].

Наведені факти дозволяють зробити висновок, що розробка та програмна реалізація моделі прийняття багатоетапних управлінських рішень на виробничому підприємстві є актуальними питаннями, вирішенню яких присвячена дана робота.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є процес прийняття управлінських рішень, що потребує аналізу послідовності рішень та зовнішніх факторів, у випадку коли одна сукупність стратегій суб'єкта управління та станів зовнішнього середовища породжує інший стан подібного типу. Предметом дослідження є об'єктно-орієнтовані методи розробки програмних продуктів.

Процес управління передбачає розподіл і перерозподіл доступних ресурсів (співробітників, часу, фінансів, обладнання, матеріалів тощо), тобто всього того, що надається керівнику у межах його повноважень. Проте існують ситуації загрози витрати підприємством своїх ресурсів або їх частини, що називаються ризиковими ситуаціями. Вони супроводжуються наявністю невизначеності, необхідністю вибору альтернативи та можливістю оцінки ймовірності здійснення альтернатив.

Ризик виникає в процесі прийняття рішень через невизначеність та неповноту інформації. Виникнення невизначеності зумовлюється тим, що:

– більшість процесів, що пов'язані з економікою, є принципово стохастичними;

– неповнота інформації може бути економічно обумовленою, тобто можливі втрати від прийняття рішень на підставі неповної інформації менші, ніж витрати на збір та обробку точної інформації;

– існує «організована» невизначеність, що виникає завдяки конфліктності або приховування інформації іншими суб'єктами ринку.

Управління ризиком передбачає розробку та реалізацію заходів, спрямованих на зниження ступенів ризику та визначення оптимального (економічно доцільного) ступеня ризику, за якого слід приймати рішення.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – розробка автоматизованої системи реалізації моделі прийняття багатоетапних управлінських рішень для подальшого аналізу можливих сценаріїв розвитку функціонування підприємства в умовах ризику та невизначеності.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Визначити цілі автоматизованої системи прийняття багатоетапних рішень стосовно користувача.
2. Провести огляд існуючих аналогів.
3. Побудувати діаграму діяльності та діаграму варіантів використання.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

В ході огляду джерел світової наукової періодики були виділені роботи [5, 6], в яких описані зв'язки між організаційними процесами та процесами прийняття управлінських рішень, що є одним з напрямків вирішення проблеми створення систем підтримки прийняття управлінських рішень. Проте ці роботи не містять конкретних моделей процесу прийняття рішень та не розглядають питань прийняття раціональних рішень, за певних умов функціонування.

Питанням прийняття раціональних рішень присвячено роботу [7], в якій наведено також порівняння різних підходів щодо процесу управління та надано опис шести етапів прийняття рішень. Побудова концептуальної моделі ефективності організаційної системи через дослідження процесів прийняття раціональних управлінських рішень розглянуто у [8]. Однак в цих роботах не розглянуто питань кількісних показників щодо визначення найкращих альтернатив управлінських рішень.

З позиції питань вирішення проблеми створення систем підтримки прийняття управлінських рішень цікавими є роботи [9, 10], які розглядають саме створення автоматизованих систем. Але дослідження в цих працях мають дуже вузький напрямок, що охоплює окремі організаційні системи (страхові компанії, фірми з реалізації товарів, освітні установи).

Питанням створення автоматизованих систем для підтримки прийняття рішень присвячено роботу [11], але описані в ній дослідження носять суто технологічний характер та не торкаються питань моделювання багатоетапних управлінських рішень. Саме цим проблемам присвячені роботи [12, 13], проте вони мають здебільшого наукову цінність і не можуть бути застосовані для прийняття управлінських рішень на виробничих підприємствах. Крім того, в цих роботах не розглядаються питання врахування ризику, пов'язаного з конкурентним середовищем функціонування підприємства.

Автори роботи [14] наводять методи розв'язання задачі урахування неповноти інформації в процесі прийняття оптимальних рішень. А у роботі [15] автор висвітлює питання дослідження управління підприємством в умовах

конкуренції. Проте ці роботи не торкаються питань побудови моделі прийняття багатоетапних рішень, що є рознесеними у часі, в ситуації коли результати реалізації одних рішень залежать від результатів попередніх.

Результати аналізу праць, присвячених питанням прийняття рішень, показують необхідність досліджень моделей прийняття багатоетапних управлінських рішень та їх програмної реалізації для подальшого аналізу можливих сценаріїв розвитку функціонування підприємства в умовах ризику та невизначеності.

5. Методи дослідження

Інструментальні засоби розробки моделі – методи прийняття багатоетапних рішень в рамках теоретико-ігрового підходу [14, 16], інструментальні засоби розробки автоматизованої системи – об'єктно-орієнтовані методи розробки програмних продуктів [17, 18].

Проведемо огляд наявних аналогів автоматизованої системи, що розробляється.

Однією з програм для підтримки прийняття рішень є «Сервіс прийняття рішень». Програма дозволяє приймати рішення з урахуванням шкали важливості та ймовірностей. Після введення альтернатив вибору та налаштувань параметрів, користувачу необхідно ввести позитивні та негативні сторони кожного варіанту.

У підсумку можна побачити найкраще рішення з усіх альтернатив, зберегти чи роздрукувати задачу, переглянути таблицю плюсів та мінусів. Зберегти задачу на комп'ютері можна у форматі .json (як рішення), .xls (як таблицю Excel) та .png (як картинку). Також можна зберегти рішення у профілі, але для цього необхідно авторизуватись.

Даний сервіс може використовуватися для простих задач із заздалегідь визначеними позитивними та негативними рисами стратегій суб'єкта управління. Крім того даний сервіс не надає докладного розв'язання задачі або опису вибору рішення.

Іншим сервісом прийняття рішень в умовах невизначеності є «Ігри с природой онлайн». За допомогою сервісу можна вибрати оптимальну стратегію, використовуючи критерії прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності: мінімаксу, максимаксу, Байеса, Вальда, Севіджа, Лапласа, Ходжа-Лемана, Гурвіца, узагальнений критерій Гурвіца з розрахунком ефективності. Сервіс дозволяє провести планування ідеального експерименту. Результати онлайн обчислень оформляються в звіті формату Word. Мінусами сервісу є підтримка прийняття лише одноетапних рішень, а також значна вартість завантаження та перегляду результатів.

У табл. 1 наведена порівняльна характеристика автоматизованої системи, що розробляється, та її аналогів.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика

Назва сервісу	Призначення	Адміністрування	Наявність бази даних	Безкоштовність	Розв'язання складних задач
«Сервіс прийняття рішень»	Сервіс для прийняття рішень з урахуванням шкали важливості та ймовірностей	–	–	+	–
«Игры с природой онлайн»	Сервіс для прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності	–	–	+/-	+
Автоматизована система, що розробляється	Сервіс для прийняття багатоетапних управлінських рішень	+	+	+	+/-

В рамках теоретико-ігрової моделі процес прийняття рішень в умовах ризику можна описати грою з природою, яка передбачає формування множини станів середовища (природи) та першого гравця (суб'єкта управління). В даному дослідженні множина альтернатив першого гравця складається з двох елементів: «Розширювати виробництво» та «Продавати фірму». Вибір альтернативи залежить від рівня продажів продукції, іншими словами, від стану зовнішнього середовища в майбутньому. Для спрощення моделі були відокремлені три варіанти стану середовища: «Низькі продажі», «Середні продажі» та «Високі продажі». Для кожного зі станів були розраховані апріорні ймовірності [19].

За наявності однієї множини альтернатив суб'єкта управління, вибір найкращого рішення можна здійснити за допомогою значення очікуваної грошової оцінки, яка потрібна для прийняття рішення щодо проведення додаткових маркетингових досліджень (*EMV*):

$$EMV_i = \sum_{j=1}^n O_{ij} p_j, i = \overline{1...m}, j = \overline{1...n}, \quad (1)$$

де O_{ij} – виграш для i -ої альтернативи підприємства при настанні j -ого стану зовнішнього середовища; p_j – ймовірність настання j -ого стану зовнішнього середовища; n – кількість можливих станів зовнішнього середовища; m – кількість можливих стратегій суб'єкта управління.

З метою уточнення апріорних ймовірностей станів середовища можна провести додаткові дослідження ринку. Таким чином виникає друга множина альтернативних рішень першого гравця, яка складається з двох елементів: «Проводити дослідження ринку», «Не проводити дослідження ринку». Вибір з цієї множини альтернатив передуює вибору щодо розширення або продажу виробництва, та його результати впливають на цей вибір. Утворився ланцюг рішень, який прийнято аналізувати в рамках моделей прийняття багатоетапних рішень.

Вибір між альтернативами «Проводити дослідження ринку», «Не проводити дослідження ринку» ґрунтується на вартості досконалої інформації ($EVPI$), яка дорівнює мінімальному значенню втрачених можливостей за прийняття рішення на підставі неповної інформації. В реальних умовах наявність стовідсоткової інформації неможлива, тому будь-яке дослідження щодо уточнення ймовірностей станів середовища не може коштувати більше за це значення. Формула має наступний вид:

$$EVPI = EV | PI - EMV, \quad (2)$$

$$EV | PI = \sum_{j=1}^n p_j \left(\max_i O_{ij} \right), i = \overline{1 \dots m}, j = \overline{1 \dots n}, \quad (3)$$

де $EV | PI$ – очікувана корисність за умови врахування «досконалої» інформації про те, яка стратегія суб'єкта управління є гарантовано кращою.

Оскільки реалізація рішення щодо розширення виробництва є довгостроковим процесом його доцільно розбити на два етапи:

– 1-й етап – це перший рік реалізації проекту, для якого є характерним менший грошовий потік та більший рівень ризикованості;

– 2-й етап – це наступні роки реалізації проекту, для яких є характерним більший грошовий потік та менший рівень ризикованості. Цей етап відповідає сталому режиму функціонування, але гроші в цьому випадку слід дисконтувати.

Вибір найкращої альтернативи визначається максимальним значенням чистої поточної вартості (NPV) – це сума дисконтованих значень потоків платежів приведених до сьогоднішнього дня, що розраховується за формулою:

$$NPV = \frac{EMV1}{k}, \quad (4)$$

де NPV – сума дисконтованих значень потоків платежів; $EMV1$ – очікувана грошова оцінка (оцінка рішення на першому етапі); k – коефіцієнт дисконту.

Очікувана грошова оцінка розраховується за формулою:

$$EMV1 = \sum_{j=1}^N DCF \cdot p_j, j = \overline{1 \dots n}, \quad (5)$$

де DCF – дисконтований грошовий потік; p_j – ймовірність настання j -ого стану зовнішнього середовища.

Величина DCF розраховується за формулою:

$$DCF = \frac{EMV2}{k} + CF1, \quad (6)$$

де $EMV2$ – очікувана грошова оцінка (оцінка рішення на 2 етапі); k – коефіцієнт дисконту; $CF1$ – грошовий потік на першому етапі (середнє

значення грошового потоку, що є різницею між валовим доходом, змінними, постійними витратами та податками).

Виходячи з теорії часової вартості грошей, для отримання суми потоку платежів, приведеної до теперішнього моменту часу, використовується метод дисконтування. Таким чином, всі суми грошового потоку приводяться до теперішньої вартості [1, 15].

6. Результати досліджень

Автоматизована система, що розробляється, націлена на надання користувачам можливості автоматизовано приймати багатоетапні управлінські рішення.

Процес реєстрації, авторизації та введення даних зображено графічно за допомогою діаграми діяльності [20] на рис. 1.

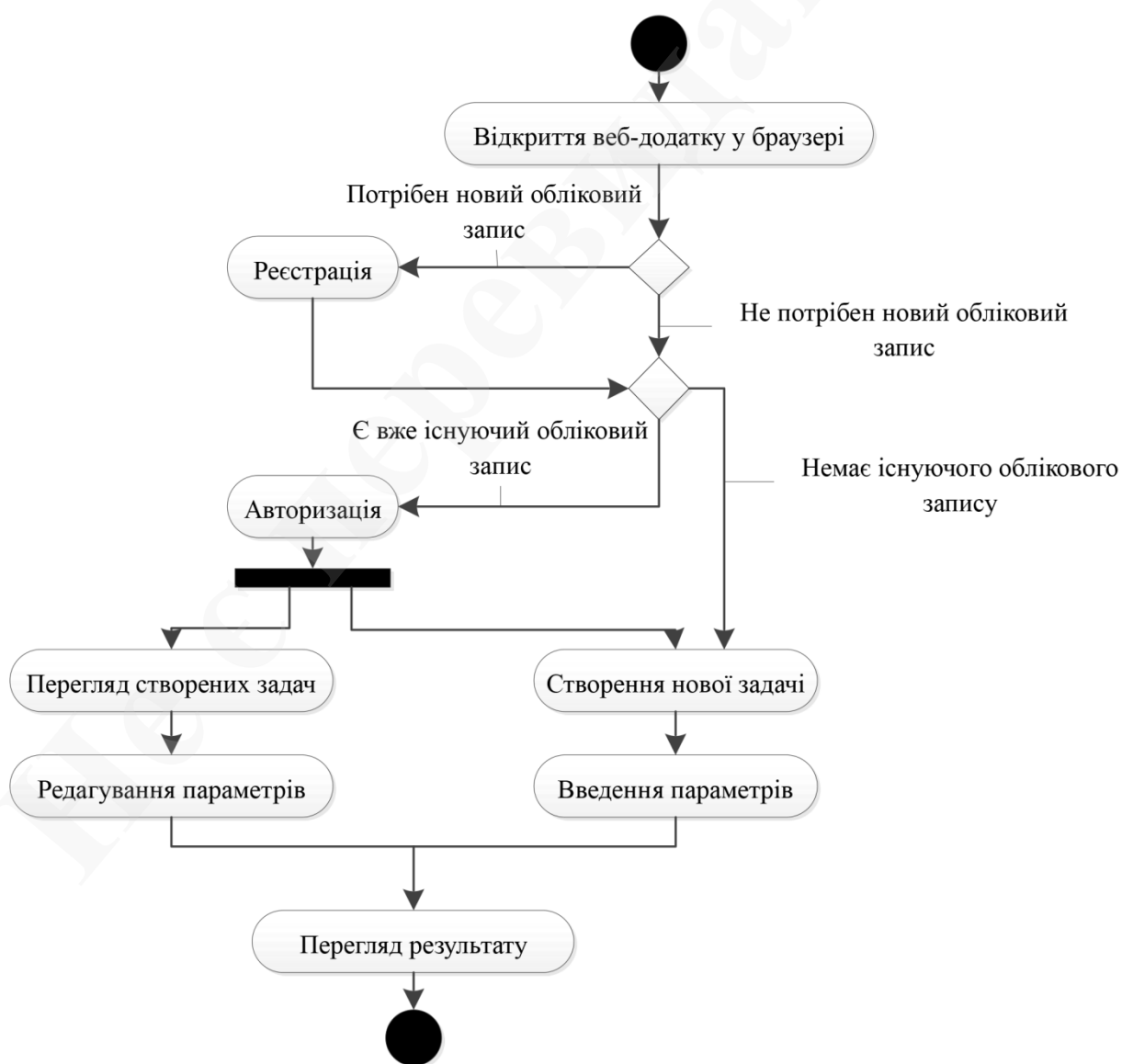


Рис. 1. Діаграма діяльності

Цілі розробки автоматизованої системи відносно користувачів:

- можливість створювати та вирішувати задачі прийняття багатоетапних управлінських рішень;
- можливість використання декількох видів параметрів, наприклад, стани зовнішнього середовища, обсяги продажів тощо;
- можливість збереження задачі для подальшого редагування;
- можливість адміністрування користувачів;
- можливість перегляду детального дерева рішень створених задач.

Наведемо опис функціональної моделі. Функціональну модель можна показати у вигляді діаграми варіантів використання. Для її побудови визначимо дійових осіб (акторів) та дії, які кожен з них може виконувати у системі. Актори представляють класи людей, організацій або інших систем програмних пристроїв, які взаємодіють з системою, яка розробляється.

Діаграму варіантів використання подано на рис. 2.



Рис. 2. Діаграма варіантів використання

У автоматизованій системі прийняття багатоетапних рішень можуть бути наступні актори:

- гість, можливості якого складають: вирішення задачі прийняття багатоетапних управлінських рішень за допомогою застосунку без можливості зберігання; реєстрація; авторизація;
- авторизований користувач, можливості якого складають: вирішення задачі прийняття багатоетапних управлінських рішень за допомогою

застосунку; збереження створених задач для подальшого використання або редагування; управління збереженими задачами (видаляти або редагувати);

– адміністратор, можливості якого складають: управління обліковими записами користувачів та їх збереженими задачами.

Вхідними даними до системи прийняття управлінських рішень є параметри задачі, аналіз яких приведено у табл. 2 [21].

Таблиця 2

Вхідні дані

Назва вхідних даних	Тип даних	Діапазон зміни значень
Обсяги продажів (ОП)	Char unsigned	0...255
Валовий дохід (ВД)	Integer	-2 147 483 648...2 147 483 647
Сума змінних витрат (ЗВ)	Integer unsigned	0...4 294 967 295
Податки (П)	Integer unsigned	0...4 294 967 295
Сума постійних витрат (ПВ)	Integer unsigned	0...4 294 967 295
Ціна від продажу фірми	Integer unsigned	0...4 294 967 295
Розмір капіталовкладень	Integer unsigned	0...4 294 967 295
Відсоток ЗВ від ВД	Decimal (precision, scale)	1...15
Відсоток П від ВД	Decimal	1...15
Знижка на вартість додаткових досліджень	Decimal	1...15
Ставка та коефіцієнт дисконту	Decimal	1...15
Відсоток зміни грошового потоку (CF) залежно від продажів	Decimal	1...15
Відсоток збільшення CF на другому етапі реалізації проекту	Decimal	1...15
Відсоток збільшення CF за рахунок розширення	Decimal	1...15

Вихідними даними системи прийняття рішень є параметри, наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Вихідні дані

Назва вихідних даних	Тип даних	Діапазон зміни значень
1	2	3
Апріорні ймовірності настання j -ого стану середовища, P_j	Single	$10^{-45} \dots 10^{+38}$
Очікувана грошова оцінка i -ої альтернативи, EMV_i	Integer	-2 147 483 648...2 147 483 647

Продовження таблиці 3

1	2	3
Очікувані втрачені можливості i -ої альтернативи, EOL_i	Integer	-2 147 483 648...2 147 483 647
Вартість досконалої інформації, $EVPI$	Integer	-2 147 483 648...2 147 483 647
Чиста поточна вартість, NPV	Integer	-2 147 483 648...2 147 483 647
Дисконтований грошовий потік, DCF	Integer	-2 147 483 648...2 147 483 647
Грошовий потік, CF	Integer	-2 147 483 648...2 147 483 647

Подальше вдосконалення автоматизованої системи планується за рахунок створення веб-інтерфейсу, за допомогою якого вхідні дані надходять у вигляді HTTP-запитів через браузер, вихідні дані надходять у вигляді HTTP відповіді із HTML сторінкою, яка відображається користувачеві за допомогою браузера.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Перевагами автоматизованої системи, що розробляється, у порівнянні з аналогами є:

– розв’язання задач, що полягають у визначенні кращої альтернативи управлінських рішень, які утворюють ланцюг взаємопов’язаних рішень, розподілених у часі;

– надання користувачеві можливості зберігати отримані рішення та редагувати їх в подальшому.

Weaknesses. Слабкою стороною автоматизованої системи, що розробляється, є недосконалість користувацького інтерфейсу та відсутність графічного відображення послідовності рішень і станів середовища із зазначенням відповідних імовірностей та виграшів для будь-яких комбінацій альтернатив і станів середовища.

Opportunities. Впровадження автоматизованої системи підтримки прийняття багатоетапних рішень дозволить скоротити час на обробку та аналіз інформації, а також можливість перегляду різних сценаріїв розвитку підприємства за можливих змін зовнішніх параметрів його функціонування.

Threats. Відмова у роботі автоматизованої системи може відбуватися за реалізації програмних або апаратних загроз. Неадекватність даних, що вводяться до системи користувачем, або нечітке розуміння сутності параметрів, що є вхідними та вихідними даними системи, може призвести до невірних обчислень та висновків. Остання загроза частково може бути усунена за рахунок обмежень на вхідні дані, що мають бути описані у керівництві користувача та екранних формах інтерфейсу.

8. Висновки

1. В ході досліджень були визначені цілі автоматизованої системи прийняття багатоетапних рішень стосовно користувача: надання можливості створювати та

вирішувати задачі прийняття багатоетапних управлінських рішень за урахуванням декількох видів параметрів, а також збереження задачі для подальшого редагування. Оскільки розробка автоматизованої системи прийняття багатоетапних управлінських рішень на виробничих підприємствах забезпечує ефективне прийняття рішень та розрахунок середньої окупності бізнесу, і на цій основі – стійке положення на ринку в конкурентному середовищі.

2. Було проведено огляд існуючих аналогів, який виявив, що жодний з них не надає можливості, які визначено цілями системи. На відміну від аналогів система, що розробляється, передбачає введення значень кількох параметрів задачі. Результатами роботи системи є ланцюг рішень, що є найкращими для введених значень параметрів. Система враховує дисконтування грошей за період реалізації вказаного ланцюга рішень. Наведені технічні відмінності системи є її перевагами стосовно відомих аналогів.

3. На підставі методів об'єктно-орієнтованого програмування було побудовано діаграму діяльності та розроблено опис функціональної моделі, для чого визначено класи можливих користувачів системи та їх можливості. Одним з класів користувачів системи є гість, можливості якого обмежені вирішенням задачі, реєстрацією та авторизацією. Іншим класом є авторизований користувач, можливості якого розширені завдяки функціям збереження створених задач та управління ними. Виокремлено клас адміністратор, який має змогу управляти обліковими записами користувачів та їх збереженими задачами. Побудовані діаграма діяльності та діаграма варіантів використання забезпечують коректну розробку функціоналу автоматизованої системи та ефективне написання програмного коду.

Література

1. Brumnik, R., Klebanova, T., Guryanova, L., Kavun, S., Trydid, O. (2014). Simulation of Territorial Development Based on Fiscal Policy Tools. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, 1–14. doi: <http://doi.org/10.1155/2014/843976>
2. Daradkeh, Y., Guryanova, L., Kavun, S., Klebanova, T. (2012). Forecasting the cyclical dynamics of the development territories: Conceptual approaches, models, experiments. *European Journal of Scientific Research*, 74 (1), 5–20
3. Vitlinskyi, V. V., Velykoivanenko, H. I. (2004). *Ryzykolohiia v ekonomitsi ta pidpriemnytstvi*. Kyiv: KNEU, 120.
4. Solodovnyk, H. V. (2016). *Instrumentalni zasoby modeliuвання sotsialno-ekonomichnykh system*. Kharkiv: Rozhko S. H., 122.
5. Akdere, M. (2011). An analysis of decision-making process in organizations: Implications for quality management and systematic practice. *Total Quality Management & Business Excellence*, 22 (12), 1317–1330. doi: <http://doi.org/10.1080/14783363.2011.625180>
6. Lee, M., Stinson, D. (2014). Organizational decision making models: comparing and contrasting to the stinson wellness model. *European Journal of Management*, 14 (3), 13–28. doi: <http://doi.org/10.18374/ejm-14-3.2>

7. Tohidi, H., Jabbari, M. M. (2012). Decision role in management to increase effectiveness of an organization. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 31, 825–828. doi: <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.149>
8. Negulescu, O., Doval, E. (2014). The Quality of Decision Making Process Related to Organizations' Effectiveness. *Procedia Economics and Finance*, 15, 858–863. doi: [http://doi.org/10.1016/s2212-5671\(14\)00548-6](http://doi.org/10.1016/s2212-5671(14)00548-6)
9. Harris, J. G., Davenport, T. H. (2005). Automated decision making comes of age. *MIT Sloan Management Review*, 46 (4).
10. Abishov, N., Asan, D., Kanat, A., Erkisheva, Z. (2014). Development of an Automated Information System University Management. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 143, 550–554. doi: <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.434>
11. Sheshasaayee, A., Bhargavi, K. (2017). A study of automated decision making systems. *Research Inventy: International Journal of Engineering And Science*, 7, 28–31
12. Mousavi, S. M., Vahdani, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., Ebrahimnejad, S., Amiri, M. (2012). A multi-stage decision-making process for multiple attributes analysis under an interval-valued fuzzy environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 64 (9-12), 1263–1273. doi: <http://doi.org/10.1007/s00170-012-4084-5>
13. Tamošaitienė, J., Zavadskas, E. K. (2013). The Multi-stage Decision Making System for Complicated Problems. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 82, 215–219. doi: <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.06.248>
14. Labsker, L. G., Ianovskaia, E. V. (2002). Obschaia metodika konstruirovaniia kriteriev optimalnosti reshenii v usloviakh riska i neopredelennosti. *Finansovii menedzhment*, 5, 58–74.
15. Voronotsova, G. V. (2010). *Osnovne napravleniia adaptatsii sistemy upravleniia predpriiatem v konkurentnoi srede*.
16. Zaitsev, M. G., Variukhin, S. E. (2008). *Metody optimizatsii upravleniia i priniatiia reshenii: primery, zadachi, keisy*. Moscow: Izdatelstvo «Delo» ANKH, 664.
17. Booch, G., Maksimchuk, R. A., Engle, M. W., Young, B. J., Conallen, J., Houston, K. A. (2007). *Object-Oriented Analysis and Design with Applications*. Addison-Wesley Professional, 720.
18. Rosenberg, D., Scott, K. (1999). *Use Case Driven Object Modeling with UML: A Practical Approach*. Addison-Wesley Professional, 188.
19. Solodovnyk, H. V. (2018). Modeliuvannia bahatokrokovykh upravlinskykh rishen. *Yevropeyskyi vektor modernizatsii ekonomiky: kreatyvnyist, prozorist ta stalnyi rozvytok. Chastyna 1*. Kharkiv, 191–194.
20. Fowler, M., Scott, K. (1999). *UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language*. Addison Wesley Object Technology Series, 192.
21. Shakhovska, N. B., Holoshchuk, R. O. (2011). *Alhorytmy i struktury danykh*. Lviv: Mahnoliia, 238.