

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Західноукраїнський національний університет  
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління

ЖУРАВЕЛЬ Софія Ігорівна

Метод управління проектом на основі нечіткої логіки /  
Project Management Method Based on Fuzzy Logic

спеціальність: 122 - Комп'ютерні науки  
освітньо-професійна програма – Управління проектами

Кваліфікаційна робота

Виконала студентка групи  
КНУПм-21  
С.І. Журавель

---

Науковий керівник:  
к.т.н., доцент Н.М. Васильків

---

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту:  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ М.П. Комар

ТЕРНОПІЛЬ - 2021

## ВСТУП

**Актуальність.** Під час реалізації проектів можуть виникнути різні фактори, які призводять до загроз або створюють додаткові можливості для швидкої реалізації проекту. Зазвичай в процесі реалізації проект зазнає змін, спричинених впливом зовнішнього та внутрішнього середовища. Оскільки управління проектом тісно пов'язане з процесами прийняття рішень, рішення приймаються в умовах визначеності (результат рішення відомий), ризику (можливо настання події і може бути зроблена певна оцінка), невизначеності (ймовірність). а наслідки події передбачити неможливо). Прийняття рішень з точки зору управління проектами відбувається найчастіше в умовах невизначеності, т.е.

Оскільки ризику неможливо повністю уникнути, необхідно знайти розумний баланс між ризиковими ситуаціями та потенційними можливостями, беручи до уваги інші фактори, які впливатимуть на проект.

Основою діяльності з управління проектами є рішення, які приймаються або в одному аспекті, або в поєднанні кількох напрямків, і які спрямовані на досягнення конкретної мети проекту. Відсутність, недостатність або неточність необхідної інформації визначає причини ризику завершення проекту вчасно та якісно.

Оскільки реалізація проектів пов'язана з досить високим відсотком невизначеностей та ризиків, пов'язаних із впливом різних факторів, доцільно оцінювати цей вплив за допомогою пристрою нечіткої логіки. Актуальність даного дослідження обумовлена необхідністю в процесі управління проектом оцінити вплив різних факторів на поточні значення параметрів, відслідковувати їх відхилення за допустимі межі, вносити зміни в проект з метою завершити його вчасно.

**Мета та завдання дослідження.** Метою дослідження є розробка методу управління проектом на основі нечіткої логіки, який дозволить швидко та якісно реалізувати проект в умовах невизначеності та ризиків, спричинених факторами середовища проекту.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

- аналізувати середовище проекту;
- аналізувати вплив зовнішніх і внутрішніх факторів середовища на реалізацію проекту;
- проаналізувати основні сучасні методи дослідження середовища проекту;
- проаналізувати можливість використання нечіткої логіки як основи методу управління проектами;
- розробити структуру нечіткої системи управління проектами;
- розробити алгоритм управління проектом із запропонованим методом;
- реалізувати практичну реалізацію нечіткої системи;
- вивчення впливу середовища та параметрів проекту на його завершення з використанням розробленої системи.

**Об'єкт дослідження** - управління проектами.

**Предмет вивчення** - управління проектами на основі нечіткої логіки.

**Методи дослідження:** методологія управління проектами, методи аналізу середовища проекту, нечітка логіка.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Розроблено метод управління проектом на основі нечіткої логіки, який дає можливість оцінити як проміжний стан реалізації проекту за окремими його параметрами, так і прогнозувати результат проекту за змінного середовища.

**Практичне значення отриманих результатів** є можливість використання запропонованого методу для ефективного управління проектами з різних напрямків, оцінки впливу середовища проекту на його окремі параметри та внесення змін до проекту з метою його своєчасного завершення.

**Публікації та затвердження роботи.** Результати дослідження апробовані та опубліковані в доповідях XII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасний рух науки» (1 та 2 квітня 2021 р., Дніпро). та у збірнику документів IV Міжнародної науково-практичної конференції «Теоретичні та практичні аспекти розвитку науки» (23-24 листопада 2021 р., Львів) (додаток В).

# 1 ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РЕАЛІЗАЦІЮ ПРОЕКТІВ

## 1.1 Середовище проекту

«Проект - єдиний процес, який складається з набору скоординованих і контрольованих заходів з датами початку і закінчення, здійснюється для досягнення мети, що відповідає конкретним вимогам і містить обмеження часу, витрат і ресурсів»[1].

Управління проектом – це процес, який передбачає управління та координацію ресурсів протягом усього життєвого циклу проекту, з використанням сучасних методів управління [1, 4].

Суть управління проектами полягає в управлінні цілями організації, що дозволить компанії швидко реагувати на зовнішні та внутрішні зміни, заощадити час і гроші, а отже бути успішним у конкурентній боротьбі. Під постійною увагою керівника проекту три моменти: час, бюджет і якість роботи.

Управління проектом, серед іншого, включає врахування та балансування обмежень проекту, таких як якість, графіки виконання, бюджет, ресурси та ризики, які можуть поставити під загрозу реалізацію проекту.

Якщо будь-який з цих факторів змінюється, це, ймовірно, призведе до змін або порушень принаймні одного іншого фактора або навіть кількох. Наприклад, якщо графік проекту стиснутий, часто виникає потреба збільшити бюджет і включити додаткові ресурси, щоб виконати той самий обсяг роботи за менший час. При неможливості збільшення бюджету зміст може бути зменшений, тобто не будуть виконані деякі вимоги до продукту проекту, або буде знижена якість продукту проекту, оскільки він буде створений у менший за встановлений термін. бюджет.

У процесі управління проектами необхідно виконання наступних функцій:

- планувати обсяг роботи, необхідний для реалізації проекту та досягнення його цілей;

- організація ресурсів для їх виконання в межах бюджету та встановлених термінів;
- виконання складеного плану заходів;
- моніторинг виконання плану проекту або його коригування за необхідності;
- керівництво командою людей, залучених до реалізації.

Серед десяти визначених областей знань [34] важливі в цьому контексті такі функції управління проектами:

- тайм-менеджмент (бюджет часу) - процеси, за допомогою яких здійснюється своєчасне завершення проекту;
- управління витратами (фінансово-матеріальний бюджет) - це планування і бюджетування, а також управління витратами, що забезпечує виконання проекту в межах затвердженого бюджету;
- Управління персоналом проекту (відбір, підготовка, організація роботи) містить процеси управління людськими ресурсами організації, які безпосередньо пов'язані з підходами до управління проектною командою. Хороший розподіл ролей та відповідальності проекту між членами проектної команди дозволяє якісно та успішно реалізувати проект;
- Управління ризиками (зменшення невизначеності в проекті) – це процеси, які складаються з планування управління ризиками, ідентифікації та аналізу ризиків, розробки методів реагування на ризики, контролю, моніторингу та управління ризиками під час реалізації проекту. За допомогою процесів управління ризиками проекту керівники проекту прагнуть підвищити ймовірність виникнення та впливу сприятливих ризиків (подій) на проект та зменшити ймовірність виникнення та впливу ризиків (несприятливих подій) на проект на момент здійснення цього проекту;

Оскільки весь життєвий цикл проекту сповнений невизначеностей, важливу роль для успішної реалізації проекту відіграє своєчасне виявлення факторів, що впливають на реалізацію проекту, та вжиття необхідних дій на основі методів управління проектом.

Відсутність, недостатність або неточність необхідної інформації визначає причини ризикованих ситуацій, в яких приймаються управлінські рішення [12].

Середовище проекту- це внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на його підготовку та виконання [4]. Життєздатність середовища проекту залежить від точності його визначення.

Проект реалізується в динамічному зовнішньому та внутрішньому середовищі.

Оскільки проект зазвичай реалізується в конкретному середовищі, необхідно враховувати зовнішні фактори, в яких він реалізується: політичні, економічні, соціальні, правові, науково-технічні, культурно-природні [1, 4, 30].

Фактори зовнішнього середовища мають певний зв'язок як між собою, так і з внутрішнім середовищем, це співвідношення є впливом, з яким зміна одного фактора впливає на інші компоненти. Тому важливо визначити основні тенденції взаємодії цих факторів та спрогнозувати їх розвиток.

### 1.2.1 Зовнішнє середовище проекту

Зовнішнє середовище проекту складається із зовнішніх по відношенню до проекту сил, які впливають на його ефективність [4]. Зовнішнє середовище проекту має значний вплив на проект, і чим більший проект, тим більший вплив.

У дослідженні [43] зовнішнє середовище — це сукупність суб'єктів господарювання, міждержавних інституційних структур, національних та інших зовнішніх умов і факторів, які діють у середовищі проекту та впливають на процес управління ним. Зовнішнє середовище через властиві йому чинники, які проект не може змінити, але повинен постійно враховувати у своїй роботі, впливає на діяльність організації, що реалізує проект. Усі ці фактори та оцінка їх впливу на господарську діяльність у кожному проекті різні, тому, перш за все, визначаються та враховуються фактори зовнішнього середовища, які впливають на внутрішнє середовище проекту.

Основні фактори або елементи віддаленого середовища, що впливають на розвиток проекту, поділяються на чотири великі групи [27]:

– політико-правові;

- соціально-культурні;
- економічний;
- технологічні.

Вони є частиною загального сканування навколишнього середовища і є взаємозалежними елементами. Управління відносинами проекту із зовнішнім середовищем передбачає постійний моніторинг, прогнозування його поведінки (побудова моделей змін) та розробку комплексу заходів щодо уникнення (зменшення) втрат, пов'язаних із цими змінами [31].

Поміркуйте, як ці фактори можуть вплинути на проект.

Політико-правовими чинниками зовнішнього середовища проекту є арена боротьби різних політичних сил та груп інтересів у державі, регіоні, місті. Законодавчі рішення з широкого кола питань (від податкових ставок до екологічних стандартів) можуть мати вирішальне значення для успіху чи провалу проекту [39].

З цієї причини керівники проектів повинні ретельно аналізувати державну політику та філософію, пов'язану з бізнесом.

Соціальні та культурні фактори пов'язані з різними соціальними відносинами та культурними цінностями в суспільстві. Оскільки стосунки та цінності знаходяться в його основі, вони часто призводять до демографічних, економічних, політичних та правових, технологічних змін.

Соціальні, культурні, демографічні та географічні чинники формують спосіб життя, роботу, споживання і мають значний вплив практично на всі сфери діяльності. Нові тенденції створюють тип споживача, а отже, і причину потреби в інших товарах і послугах, нові проекти.

Щоб визначити найважливіші можливості та загрози, зумовлені соціальними та культурними факторами для проектів, особливо великих і тривалих, необхідно враховувати нові тенденції, які з'явилися з початку століття майже повсюдно в розвинених країнах, наприклад, більш освічені споживачі.

Особливе положення соціально-культурних факторів у загальній системі факторів, які визначають вибір і успіх проекту, полягає в тому, що вони

змінюються поступово, монотонно і тому не дуже помітні для планувальників і керівників проекту. Тому необхідно звернути особливу увагу на завдання прогнозування змін соціального середовища, з'ясування неминучих тенденцій та якісних змін.

Економічні фактори зовнішнього середовища суттєво впливають на ефективність приватних компаній, які реалізують проекти. Тому керівники проектів ретельно вивчають економіку навколишнього середовища, щоб визначити зміни, що відбуваються [14].

Технологічний елемент зовнішнього середовища проектів включає організації та види діяльності, пов'язані з появою нових знань та їх застосуванням на практиці, що ведуть до появи нових продуктів, технологій і матеріалів.

Вплив технологічних факторів на суспільство, усі сфери його життя, включаючи програми та проекти, настільки очевидний, що вони вважаються головним двигуном виробництва — і ширше — суспільного прогресу. Революційні технологічні зміни та відкриття останніх десятиліть, такі як виробництво роботів, вторгнення комп'ютерів у повсякденне життя, нові комунікації, транспорт, зброя тощо, створюють серйозні можливості та загрози, які менеджери повинні знати та оцінювати, впливаючи. Деякі інновації можуть як створити нові галузі, так і закрити старі [31].

Оскільки технологічні зміни відбуваються дуже швидко, для компанії важливо ретельно вивчати різні елементи технологічного сегменту, розробляти та реалізовувати проекти для підтримки власного технологічного рівня на відповідній висоті. Як правило, технічний прогрес реалізується в промисловості за допомогою спеціально розроблених для цього програм і проектів.

Основними технологічними факторами зовнішнього середовища, що впливають на результат ІТ-проекту, є [4]:

- рівень розвитку фундаментальних і прикладних наук;
- стан енергетичної та транспортної систем;
- рівень розвитку інформаційно-комп'ютерних технологій, промислових і виробничих технологій;



– комунікації та комунікації.

## 1.2.2 Внутрішнє середовище проекту

Внутрішнє проектне середовище — це складна система елементів і зв'язків між ними, яка підлягає управлінському контролю та регулюванню [4].

Внутрішнє середовище ІТ-проекту характеризується такими трьома факторами:

- досить мобільний;
- тісно пов'язаний з проектом;
- проект може впливати на внутрішнє середовище і формувати його під себе.

Управління відносинами проекту з внутрішнім середовищем здійснюється шляхом постійного врахування інтересів усіх учасників та шляхом розробки комплексу заходів, які дозволять узгодити інтереси учасників та цілі проекту. проект.

Визначальними елементами внутрішнього середовища проекту є технології, люди, організаційна структура, цілі та завдання. Існують такі фактори внутрішнього середовища проекту [14]:

- стиль управління;
- Організаційна структура;
- учасники проекту;
- груповий проект;
- методи та засоби комунікації;
- економічні умови, пов'язаний з бюджетом проекту.

Стиль управління визначає атмосферу та психологічний клімат у проектній команді. Це впливає на творчу активність та ефективність проектної команди та визначає стабільну і цілісну систему методів управління, що забезпечує ефективне виконання керівником функцій керівника проекту. Стиль управління - це спосіб управління своїми підлеглими. Стиль управління проектами проявляється в організації власної роботи керівником проекту; за характером взаємовідносин з підлеглими та вищим керівництвом [12, 19].

Кожен керівник має свій стиль, але це не виключає можливості узагальнення стилів різних керівників.

Стилі керівництва прийнято поділяти на авторитарний, демократичний і ліберальний, але такий поділ дуже умовний, і представників цих стилів важко знайти в чистому вигляді. Слід зазначити, що в конкретній ситуації керівник тяжіє до певного стилю роботи в залежності від цілей і ряду інших факторів: своїх природних особливостей, здібностей, звичок, культури, знань.

Індивідуальність стилів проявляється насамперед у процесі спілкування керівника з персоналом і тісно пов'язана з категорією управлінського лідерства, тобто здатністю керівника впливати на окремих осіб або групи людей, людей, спонукаючи їх до досягнення організаційних цілей. Прагнучи забезпечити лідерство, керівник використовує різноманітні засоби впливу на своїх підлеглих і колег.

Крім того, на успіх проекту впливає організаційна структура, яка визначає взаємовідносини між основними учасниками проекту, розподіл їхніх обов'язків і прав [14].

Необхідність розробки організаційної структури пояснюється тим, що для реалізації проекту створюється проектна група - нова тимчасова робоча група, що складається з фахівців різних підрозділів компанії від імені підрядника і замовника. Як і в будь-якій новій команді, члени проектної команди повинні визначити ролі в проекті (тимчасові посади), обов'язки, відповідальність, відповідальність, повноваження та правила взаємодії, а також організаційну схему, яка відображає відносини підпорядкування. Не має значення, на який період часу буде створена команда проекту – кілька місяців чи кілька років. Структура проекту визначається складністю, масштаби розробки та впровадження проектного продукту, кількість та спеціалізація членів проектної групи. Команда проекту може включати спеціалістів, а

Грамотно сформована організаційна структура проекту забезпечить його ефективне та своєчасне управління, планування та реалізацію на певному рівні якості.

Учасники проекту (ініціатор, клієнт, інвестор, керівник проекту) реалізують різні інтереси в процесі реалізації проекту, формують свої вимоги відповідно до цілей і завдань і впливають на проект відповідно до своїх інтересів, досвіду, обізнаності та ступеня залученості до проекту. Саме правильний, однозначний і своєчасний розподіл між ними прав та обов'язків дозволить уникнути марної втрати ресурсів і часу на вирішення проблем, які можуть виникнути під час виконання проекту [30].

Груповий проект є виконавчим органом, від якого значною мірою залежить прогрес і успіх проекту. Команда проекту складається з людей, які безпосередньо реалізують ідею проекту. При управлінні проектом проектна команда має бути сформована таким чином, щоб забезпечити необхідний рівень професійних навичок та охопити найважливіші сфери діяльності [12, 13, 19].

Методи та засоби комунікації визначити повноту, надійність та ефективність інформаційного обміну між учасниками проекту. Від того, наскільки досконало комунікаційна система, залежить майбутній успіх проекту. Засоби комунікації є важливим фактором внутрішнього середовища проекту. Навіть якщо проектна команда сформована найкращим чином і застосовано ефективний стиль керівництва, реалізація проекту може бути ускладнена через відсутність належного рівня комунікації між учасниками [29].

Існує багато питань, які необхідно вирішити, щоб спілкування між учасниками проекту було ефективним. Необхідно вивчати готовність партнерів до спілкування, виявляти й усувати перешкоди, вибирати засоби спілкування, оптимально поєднувати усні, наочні та письмові форми передачі інформації тощо.

Засоби комунікації у більшості випадків відіграють вирішальну роль. Через несвоєчасну або некоректну передачу інформації необхідна координація не відбудеться, що може призвести до закриття проектної групи, що в свою чергу порушить дотримання вимог трикутника обмежень, що може призвести до закриття команди проекту, що може призвести до невдачі проекту. І навпаки, наявність чіткого плану та засобів комунікації запобіжить багато ризиків і небажаних криз.

Комунікаційна система забезпечує комунікаційне середовище для взаємодії між учасниками проекту, членами проектної команди. Його доступність, оптимальна організація та ефективне управління часто відіграють вирішальну роль у реалізації проектів. Тому в рамках управління проектом необхідно передбачити управління системою комунікацій [29].

Усі внутрішні змінні взаємозалежні, що сприяє досягненню цілей проекту.

Внутрішнє середовище проекту визначається внутрішніми змінними, тобто ситуаційними факторами всередині проекту. Внутрішнє середовище, в якому працюють менеджери, включає корпоративну культуру, організаційну структуру, технологію виробництва, приміщення, обладнання, апаратне та програмне забезпечення. Найважливішим чинником внутрішнього середовища є корпоративна культура. Внутрішня культура повинна відповідати вимогам зовнішнього середовища та стратегії проектної організації.

Таким чином, середовище проекту відіграє одну з найважливіших впливових ролей у розвитку проекту та його успішній реалізації. Однак питання цього впливу до кінця не досліджено, оскільки багато факторів діють в умовах невизначеності, і їх вплив неможливо визначити заздалегідь.

## 1.2 Сучасна методологія дослідження впливу середовища на реалізацію проектів

Одним із найбільш відомих поширених методів екологічних досліджень та оцінки є SWOT-аналіз [23]:

1. S (Strengths) - сильні сторони, особливості проекту, які вигідно відрізняють його від конкурентів;
2. W (Weaknesses) - слабкі сторони, які роблять проект вразливим для інших;
3. O (Opportunities) - можливості, елементи середовища, які може використовувати для розвитку компанія, що реалізує проект;

4. T (threats) - загрози, елементи середовища, які можуть вплинути на розвиток проекту.

Оскільки SWOT-аналіз є гнучким інструментом, він використовується для оцінки реалізації проектів у різних сферах.

SWOT-аналіз використовується, щоб допомогти визначити сильні та слабкі сторони проекту, можливості та загрози, пов'язані з конкуренцією або плануванням проекту. Тобто цей аналіз є основою методу стратегічного планування.

Суть SWOT-аналізу полягає в тому, що фіксуються всі фактори, що впливають на проект, і на їх основі робляться висновки про перспективи розвитку та реалізації проекту.

Ці компоненти поділяються на зовнішні та внутрішні фактори.

У першому випадку мова, як правило, йде про характеристики проекту, на які він може вплинути.

У другому - на фактори, які не можна перемогти або спробувати нейтралізувати (рисунок 1.1).

За допомогою методу SWOT-аналізу можна визначити основні ризики та найефективніші способи захисту від них.



Рисунок 1.1 - SWOT-матриця

SWOT-аналіз дозволяє скласти загальний перелік стратегій проекту з урахуванням їх характеристик: відповідно до змісту стратегії - адаптація до зовнішнього середовища або формування впливу на внутрішнє середовище проекту (рисунок 1.2) [ 23].

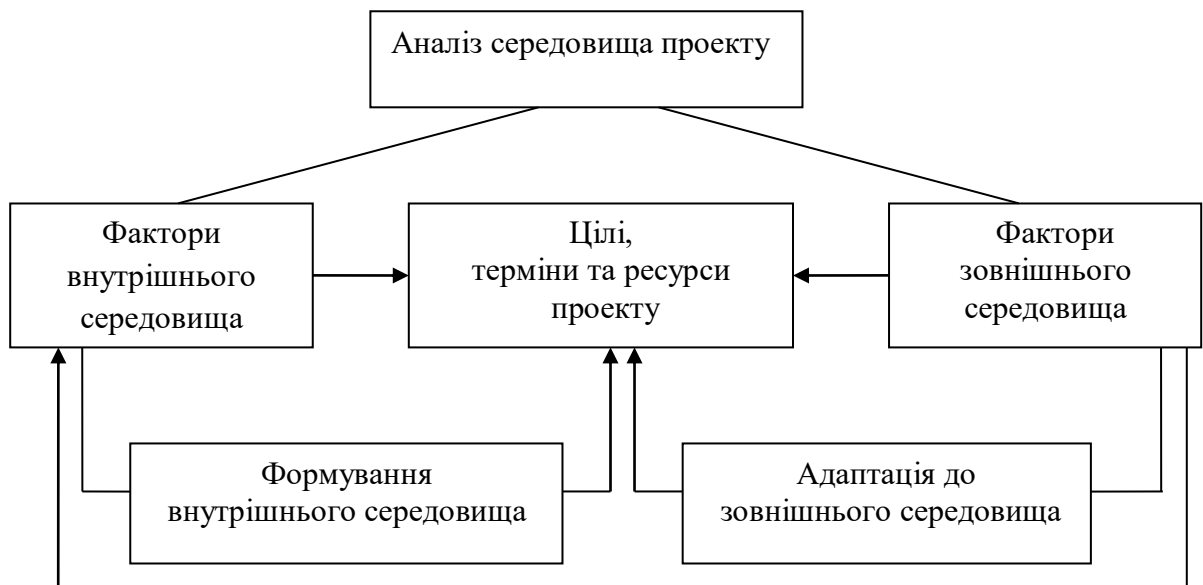


Рисунок 1.2 – Схема аналізу середовища проекту

Простежити взаємозв'язок зовнішніх і внутрішніх факторів середовища, інтерпретованих у категоріях SWOT-аналізу, можна за допомогою таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Співвідношення факторів середовища проекту

		Зовнішнє середовище	
		Можливості (М)	Загрози (З)
Внутрішнє середовище	Сильні сторони (С)	Поле С і М	Поле С і З
	Слабкі сторони (Сл)	Поле Сл і М	Поле Сл і З

На перетині окремих компонентів груп факторів утворюються поля, які характеризуються певними комбінаціями, які необхідно враховувати пізніше при розробці стратегій певного типу [23]:

- домен С і М - потребує стратегій підтримки та розвитку сильних сторін проекту в напрямку реалізації можливостей, які пропонує зовнішнє середовище;
- область С і З - передбачення стратегій використання сильних сторін проекту з метою пом'якшення (усунення) загроз;
- Сл і М домен - розробка стратегій подолання слабких сторін проекту через можливості, які пропонує зовнішній середовище;
- Поля Сл і З - іноді називають «кризовим полем», оскільки воно поєднує екологічні загрози зі слабкістю проекту.

Фактори, що формують окремі компоненти SWOT-аналізу, можуть мати різні тимчасові характеристики впливу, тому доцільно провести їх деяке ранжування для короткострокових і довгострокових дій. Для розробки стратегій недостатньо констатувати вплив тих чи інших факторів середовища. Для забезпечення довгострокової життєздатності проекту необхідно прогнозувати тенденції можливостей і загроз.

Для отримання більш повної картини для аналізу внутрішнього середовища використовується аналіз SNW, під час якого, крім сильних і слабких сторін, вивчаються також нейтральні (нейтральні) сторони (позиції) проекту. Як правило, аналіз SNW проводиться після SWOT-аналізу.

Аналіз SNW, загалом, подібний до методу SWOT-аналізу, але з додаванням нейтрального аспекту.

Як і в SWOT-аналізі, перед аналізом SNW проекту необхідно визначити, які внутрішні фактори (проблеми, проблеми, обставини) будуть досліджені під час аналізу. Внутрішні фактори проекту можуть включати питання, пов'язані з його культурою, цінностями, знаннями, методами управління, ресурсами, продуктивністю тощо.

Вибір факторів аналізу здійснюється з урахуванням особливостей проекту та цілей аналізу.

Аналіз стратегічних позицій (факторів) дає змогу мати глобальне бачення внутрішнього середовища проекту та його сильних і слабких сторін.

Аналіз SNW не є простим аналізом, але це дуже корисний інструмент для оцінки екологічної ситуації. Якісний аналіз внутрішнього середовища кожного проекту суттєво впливає на якість результату його реалізації. Відповідно, такий аналіз відіграє дуже важливу роль у формуванні загальної ефективності всього проекту.

Перевагами аналізу SNW є [41]:

- при проведенні аналізу SNW залишаються в силі всі переваги SWOT-аналізу щодо вивчення сильних і слабких сторін проекту;
- під час аналізу SNW кожного аналізованого фактора внутрішнього середовища чітко фіксується середня ринкова ситуація, що дозволяє проекту виявити та покращити найсильніші сторони;

Таким чином, аналіз SNW є ефективним способом визначення внутрішнього контексту проекту.

Іншим методом дослідження середовища проекту є PEST-аналіз - простий і зручний метод аналізу зовнішнього середовища проекту.

Назва PEST-аналіз є аббревіатурою таких показників: політичний (P), економічний (E), соціально-культурний (S) та технологічний (T) [39, 41].

Методика PEST-аналізу часто використовується для оцінки ключових ринкових тенденцій, а результати PEST-аналізу можуть бути використані для визначення переліку загроз і можливостей при складанні SWOT-аналізу організації проекту. PEST-аналіз є інструментом довгострокового стратегічного планування і розрахований на 3-5 років із щорічним оновленням даних.

PEST-аналіз – це лише один інструмент, за допомогою якого компанія може оцінити вплив зовнішніх факторів і ризиків на проект.

Перевагами PEST аналізу є аналіз тенденцій, який є важливим для стратегії проекту. Цей аналіз дозволяє поглиблено аналізувати макросередовище в таких



сферах: політика, економіка, суспільство (суспільство), технології, покращує облік найважливіших факторів, що впливають на економічну організацію проекту та його майбутнє [41].

Недоліки такого аналізу полягають у тому, що вивчаються лише фактори зовнішнього середовища, без проведення аналізу безпосереднього внутрішнього середовища проекту.

Проект, як об'єкт управління в умовах невизначеності зовнішнього та внутрішнього середовища, характеризується змінами; обмеження кінцевої мети, тривалості, бюджету та необхідних ресурсів; новизна для компанії, яка реалізує проект, і для ринку очікуваного попиту на створений у проекті продукт або послугу; складність, тобто велика кількість факторів, які прямо чи опосередковано впливають на реалізацію та результати проекту тощо. Тому в ситуації ризику успішної реалізації проекту в умовах невизначеності найбільш доцільним є використання нечіткої логіки, що дозволяє керувати зовнішніми ризиками за певними ймовірними значеннями, наближеними критеріями,

Нині проводяться численні дослідження з використанням теорії нечітких множин, спрямованих на виявлення ризикових ситуацій при реалізації проектів та прийняття рішень щодо усунення або зменшення їх впливу [24].

Можливість оцінювати непередбачуваність ризику шляхом агрегування правил, які поєднують індекс ризику компанії та індекс ризику проекту, використовуючи підхід нечіткої логіки та програмне забезпечення MATLAB, описано в [25].

Система нечіткої логіки, розроблена в [3], визначає фінансовий ризик проекту через еволюцію вартості проекту, тривалості проектів та тривалості реалізації.

У [26] запропонована нечітка модель для оцінки ризику провалу ІТ-проекту.

У статті [2] розроблена нечітка модель оцінки ризику проекту. Ця модель включає в себе триетапну процедуру, яка включає оцінку вразливості, оцінку впливу та загальну оцінку ризику. Нечіткі міркування використовуються на всіх етапах для боротьби з невизначеністю проекту.

Автори [41] описують покроковий підхід до точної оцінки часу та вартості проекту з використанням методів оцінки та перегляду проекту, а також експертних поглядів на нечіткі числа.

Використання нечіткої логіки дозволяє включати в оцінку статистичних параметрів оцінки, засновані на знаннях, що долає обмеженість доступності інформації, роблячи методи імовірнісного моделювання непридатними для цієї мети [36].

У статті [18] пропонується модель на основі нечіткої логіки, входами якої є фінансова вартість, стратегічна вартість, рівень ризику та вихід – рівень пріоритетності проекту.

Система нечітких висновків для оцінки успішності проекту представлена в [15]. Запропонована авторами нечітка експертна модель прийняття рішень включає три вхідні змінні (статус проекту, ризик проекту, якість проекту), набір правил (з 125 нечіткими правилами) та вихідну змінну (успіх проекту).

У [5] була розроблена модель нечіткої системи управління для узгодження портфеля цінно-орієнтованих проектів. Є чотири вхідні змінні (структура, процес, технологія та команда), а вихідна змінна визначає вартість портфеля. Для вирішення проблеми нечіткого моделювання використовується система нечіткого висновку Мамдані.

У [16] пропонується експертна нечітка модель для оцінки рівня успіху проекту, включаючи часткові підмоделі, і [42] описує інтегровану нечітку модель для оцінки будівельних проектів з урахуванням факторів ризику.

Вплив зовнішнього середовища проекту на його реалізацію частково враховується в нечіткій моделі [10], яка має як вхідні значення екологічні, фінансові та людські фактори.

Наведений вище аналіз наукових джерел підтвердив, що нечіткое моделювання не враховує впливу внутрішнього середовища проекту на його реалізацію. Тому автори [11, 29] провели поглиблене дослідження для моніторингу впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на час реалізації проекту, фінансові та людські ресурси, а отже, і на швидкість виконання проекту.

### 1.3 Постановка завдань дослідження

Проектні рішення приймаються в умовах невизначеності (результат рішення відомий), ризику (існує ймовірність того, що подія відбудеться і можна провести оцінку), невизначеності (імовірність і наслідки події неможливо передбачити) тобто під впливом факторів неповного знання ситуації, наявності випадковості, наявності форс-мажору. Таким чином, проект реалізується в умовах невизначеності та ризиків, спричинених середовищем проекту.

Фактори внутрішнього та зовнішнього середовища проекту по-різному впливають на проект на різних етапах його життєвого циклу.

На етапі створення та проектування на проект впливають фактори навколишнього середовища, такі як політичні, економічні та технологічні. Після виникнення ідеї проекту можливо, що її реалізація заборонена законодавством країни, в якій планується проект, що країна має недостатній економічний розвиток і не знаходить фінансової підтримки, рівень недостатнього технологічного розвитку тощо. У цьому випадку можливе припинення проекту на ранній стадії. Однак ці фактори також можуть мати позитивний вплив, що дозволить проекту розвиватися далі.

На етапі реалізації проекту значний вплив мають фактори внутрішнього середовища. Тут діють такі фактори, як: команда проекту, організаційна структура, учасники проекту, засоби комунікації, бюджет. Ці фактори мають великий вплив на час реалізації проекту.

Оцінити проект можна на стадії його завершення та реалізації. На цьому етапі помітний вплив мають екологічні фактори, зокрема соціально-культурні та економічні.

Усі ці фактори в основному прогнозуються менеджерами на початковій стадії проекту, але неможливо дати точний аналіз факторів впливу, оскільки проект працює в умовах невизначеності і не може кількісно оцінити впливи. внутрішні та зовнішні фактори зовнішнього середовища .

Усі аспекти життєвого циклу проекту пов'язані з ризиками та невизначеністю. Загалом ризик відображає недостатню обізнаність керівників проектів чи окремих виконавців про майбутні події. Ризик – це можливість або загроза відхилення результатів конкретних дій проекту від очікуваних.

Ризики проекту - сукупність ризиків, які загрожують реалізації проекту або можуть знизити його ефективність.

Управління ризиками – це процес виявлення, аналізу ризиків та прийняття рішень, які передбачають максимізацію позитивних і мінімізацію негативних наслідків ризикованих подій [30].

Управління ризиками має на меті виявити якомога більше несприятливих подій і факторів, мінімізувати їх вплив на проект і своєчасно реагувати на ризикові ситуації, які можуть виникнути.

Невизначеність – це неповнота або неточність інформації про умови проекту, включаючи пов'язані витрати та результати. Залежно від ступеня ймовірності настання події розрізняють повну невизначеність, часткову невизначеність і повну впевненість.

Відсутність, недостатність або неточність необхідної інформації визначає причини ризику завершення проекту вчасно та якісно.

Тому необхідно розуміти, які ризики чи невизначеності може представляти навколишнє середовище під час реалізації проектів, щоб успішно їх уникнути або зменшити їх вплив. Для цього необхідно розробити метод управління проектом на основі нечіткої логіки, який дає змогу діяти в нечітких термінах та враховувати декілька основних факторів, що впливають на реалізацію проекту.

Крім того, необхідно розділити нечітку систему, яка буде реалізовувати запропонований метод, на окремі підсистеми, кожна з яких може мати своє значення для проектних рішень у разі ризикованих подій або невизначеностей.

Така структура системи управління проектом не тільки реактивно, але й проактивно вплине на реалізацію проекту.

Метою даної роботи є розробка методу управління проектом на основі нечіткої логіки, який дозволить швидко та якісно реалізувати проект в умовах

невизначеності та ризику, спричиненого факторами зовнішнього середовища проекту.

Для досягнення мети роботи необхідно виконати наступні завдання:

- аналізувати середовище проекту;
- аналізувати вплив зовнішніх і внутрішніх факторів середовища на реалізацію проекту;
- проаналізувати основні сучасні методи дослідження середовища проекту;
- проаналізувати можливість використання нечіткої логіки як основи методу управління проектами;
- розробити структуру нечіткої системи управління проектами;
- розробити алгоритм управління проектом із запропонованим методом;
- реалізувати практичну реалізацію нечіткої системи.
- вивчення впливу середовища та параметрів проекту на його завершення з використанням розробленої системи.

## Висновки розділу 1

1. Враховано основні характеристики управління проектами та вплив середовища на їх реалізацію.

2. Проаналізовано внутрішнє та зовнішнє середовище проекту, визначено основні фактори впливу середовища на результат реалізації проекту.

3. Проаналізовано сучасні методи дослідження впливу середовища проекту на його реалізацію, зокрема SWOT, SNW, PEST аналіз проектного середовища. Визначено їх основні характеристики, переваги та недоліки. Вивчаються фактори, які дають змогу аналізувати кожен метод, а також те, як він підходить для оцінки внутрішнього чи зовнішнього середовища.

4. Проаналізовано особливості сучасних досліджень у сфері управління проектами, які базуються на нечіткій логіці. Виявлено, що недостатньо уваги приділено дослідженню впливу внутрішнього середовища проекту, а також

повній оцінці стану реалізації проекту як за окремими показниками, так і в цілому.

## 2 СТРУКТУРА НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТОМ

### 2.1 Структура дослідження факторів впливу на проект

Проекти реалізуються в умовах, що постійно змінюються під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. Зміни стосуються не лише технологій, які використовуються в процесі реалізації проекту, а й підходів до управління проектами. Проекти мають досить високий відсоток невизначеності, яка може вплинути на налаштування та хід проекту. Для успішної реалізації проектів керівники або відповідальні особи повинні своєчасно та адекватно реагувати на можливі несприятливі ситуації. Тому необхідно мати проактивне управління проектом, яке не тільки зменшує вплив ризиків чи невизначеностей, але й швидке завершення проекту. Досвідчені менеджери проектів на етапі ініціації формують набір можливих станів проекту, що дозволяє синтезувати альтернативні варіанти проекту. Таке різноманіття траєкторій розвитку проекту та аналіз ефективності можливих сценаріїв його реалізації зменшує невизначеність умов реалізації та сприяє його своєчасному та якісному виконанню з найменшими зусиллями додаткові витрати фінансових, матеріальних чи людських ресурсів. Пропонується проаналізувати показники проекту під час реалізації проекту та вибрати ті рішення, які найбільш ефективно вплинуть на реалізацію проекту. Таке різноманіття траєкторій розвитку проекту та аналіз ефективності можливих сценаріїв його реалізації зменшує невизначеність умов реалізації та сприяє його своєчасному та якісному виконанню з найменшими зусиллями додаткові витрати фінансових, матеріальних чи людських ресурсів. Пропонується проаналізувати показники проекту під час реалізації проекту та вибрати ті рішення, які найбільш ефективно вплинуть на

реалізацію проекту. матеріальні чи людські. Пропонується проаналізувати показники проекту під час реалізації проекту та вибрати ті рішення, які найбільш ефективно вплинуть на реалізацію проекту. матеріальні чи людські. Пропонується проаналізувати показники проекту під час реалізації проекту та вибрати ті рішення, які найбільш ефективно вплинуть на реалізацію проекту.

Середовище проекту впливає на його реалізацію та успішне та своєчасне досягнення цілей проекту. Зовнішнє середовище може бути сприятливим для ІТ-проекту, тобто пропонувати можливості для швидкого та успішного досягнення мети. З іншого боку, певні екологічні фактори можуть бути причиною ризикових ситуацій при реалізації проекту, тобто становити загрозу невиконання або несвоєчасного впровадження.

Такі позитивні чи негативні прояви факторів зовнішнього середовища ІТ-проекту так чи інакше впливають на фінансові та людські ресурси, а також на терміни виконання окремих етапів чи робіт проекту. приклад, економічні умови зовнішнього середовища проекту пов'язані з бюджетом проекту, тому мають безпосередній вплив на його фінансові ресурси та збереження під час роботи проекту професійних виконавців (людських ресурсів), що, у свою чергу, впливає на дотримання часових параметрів проекту. Інші непередбачені фактори зовнішнього середовища, наприклад природні фактори, які можуть супроводжуватися, наприклад, енергетичними проблемами, можуть збільшити час виконання окремих робіт ІТ-проекту і, отже, призвести до його несвоєчасного виконання. Під впливом зовнішнього середовища потреба в проектному продукті або форма його реалізації може змінитися, що, в свою чергу, зажадає істотних змін у часі, матеріальних, людських і фінансових ресурсах або навіть відмови від подальша реалізація проекту [38].

Ризиковані ситуації, пов'язані з негативними впливами, наприклад екологічні економічні чи політичні фактори, можуть значно зменшити інвестиції, які були зроблені у достатній кількості на початку проекту, і тому є гарантією його фінансової стабільності.



На успішну реалізацію проекту сильно впливає внутрішнє середовище, зокрема психологічний клімат і атмосфера проектної команди, організаційна структура, інтереси, професіоналізм та залучення її персоналу. учасники проекту, методи та засоби спілкування між ними. Інакше кажучи Внутрішні джерела змін проекту формуються серед учасників проекту в процесі їх взаємовідносин під час виконання проекту і є результатом сильних або слабких проявів внутрішнього середовища проекту.

Ці фактори мають великий вплив на збереження кількості підприємців (людських ресурсів) та часу виконання окремих проектів. Якщо проявляються сильні сторони внутрішнього проектного середовища, це означає, що проектна команда складається з висококваліфікованого персоналу, наявні комунікаційні засоби і лідер підтримує нормальний психологічний стан у команді завдяки хорошему стилю керівництва. І навпаки, якщо команда проекту не кваліфікована, стиль керівництва підібраний погано, засоби комунікації працюють погано або взагалі не працюють, тобто переважають слабкі сторони внутрішнього середовища, проект обганяє час.

Для вивчення впливу факторів навколишнього середовища на реалізацію проекту доцільно використовувати час завершення проекту як показник результату, оскільки він є одним із найважливіших параметрів для проектів.

У таблиці 2.1 узагальнено вплив окремих факторів зовнішнього та внутрішнього середовища проекту на такі його параметри, як фінансові, людські ресурси, час виконання проекту та його остаточне завершення.

Таблиця 2.1 – Вплив навколишнього середовища на параметри проекту

Середовище	Фактори навколишнього середовища	Прояв фактора	Фінансові ресурси проекту	Людські ресурси	Час виконання робіт проекту	Завершення проекту
Зовнішній	політика	Можливість і	не змінювати	цілком	не змінювати	вчасно
		загрози	збільшити	Недостатньо	збільшується	передчасно
	Економічний	Можливість і	не змінюються і не	цілком	зменшується або не	рано або вчасно

			зменшуються		змінюється		
		загрози	збільшити	достатньо або в надлишку	не змінюється і не збільшується	вчасно підвладні часу	
	Природний	Можливість і	не змінювати	цілком		не змінювати	вчасно
		загрози	збільшити	відсутня		збільшується	передчасно
	Соціальний	Можливість і	не змінювати	цілком		зменшується або не змінюється	рано або вчасно
		загрози	збільшити	відсутня		збільшується	передчасно
	Науково-технічний	Можливість і	зменшуються	достатньо або в надлишку		зменшується або не змінюється	рано або вчасно
		загрози	збільшити	відсутня		збільшується	передчасно
	Внутрішній	Напрямок	сила	не змінювати	цілком	зменшується або не змінюється	рано або вчасно
			слабкість	збільшити	відсутня	збільшується	передчасно
Команда		сила	не змінювати	цілком		зменшується або не змінюється	рано або вчасно
		слабкість	збільшити	недолік або надлишок		збільшується	передчасно

Таким чином, зовнішнє середовище проекту проявляється з точки зору можливостей чи загроз, внутрішнє середовище може мати сильні та слабкі сторони. При здійсненні інвестицій у проект ці прояви зовнішнього і внутрішнього середовища впливають на такі параметри, як фінансові ресурси, трудові ресурси, час виконання різних етапів або робіт проекту, а отже, і на завершення проекту (рисунок 2.1) [11].

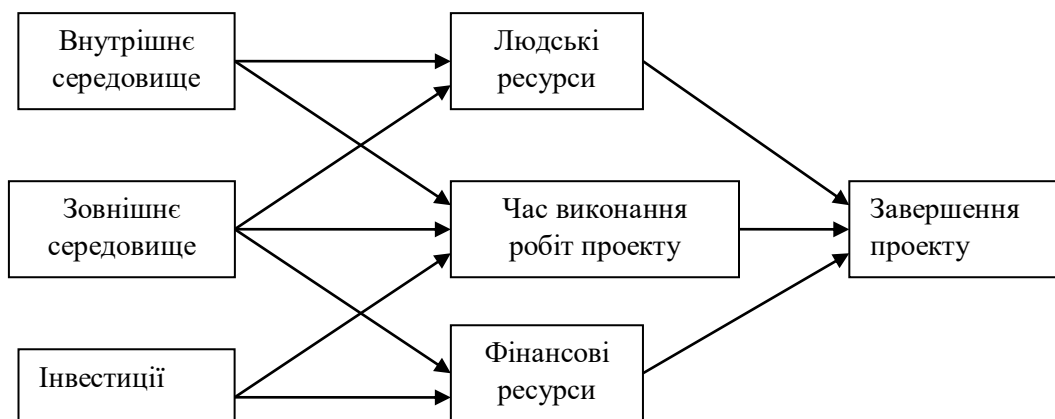


Рисунок 2.1 - Структура дослідження чинників впливу на завершення проекту

Як показано на рисунку 2.1, вплив екологічних факторів проекту та обсягу інвестицій можна простежити не лише на завершеність проекту, а й на його окремі параметри. Тому пропонується розглядати три підсистеми як частину загальної системи оцінки впливу на навколишнє середовище наприкінці проекту: NS1 – «Час реалізації проекту», NS2 – «Людські ресурси», NS3 – «Фінансові ресурси», кожна з яких може в будь-який момент вийти з проекту, щоб допомогти менеджеру правильно оцінити або спрогнозувати значення того чи іншого параметра, а всі результати разом - передбачити ситуацію щодо дострокового завершення проекту [8, 11].

Оскільки поява будь-якого фактора, що впливає на реалізацію проекту, є невизначеною, доцільно створити таку систему та підсистеми в її складі методами нечіткої логіки.

## 2.2 Нечітка логіка як основа методу управління проектами

Проекти, незалежно від сфери діяльності, характеризуються певною специфікою реалізації. Але на всі вони впливають різні чинники в середовищі проекту. Ці фактори можуть сприяти швидкому та якісному виконанню проектних робіт, що призведе до успіху мети проекту, але можуть, навпаки,

негативно вплинути на процес реалізації проекту. Через ці впливи проект зазнає змін, які впливають або на терміни, або на підрядників, або на інші ресурси.

Під впливом зовнішнього середовища, зокрема такого фактора, як науково-технічний прогрес, форма і засоби реалізації продукту проекту можуть змінитися або навіть переосмислити потребу в ньому, що зажадає змін, важливих з точки зору часу, матеріалів, людських і фінансових ресурсів або навіть відмову продовжити реалізацію проекту.

Управління проектом в умовах ризиків і невизначеностей, спричинених зовнішнім і внутрішнім середовищем проекту, потребує своєчасного виявлення цих факторів, всебічної оцінки їх впливу на реалізацію проекту та прийняття відповідних рішень. посилити їх позитивний вплив або, навпаки, усунути чи зменшити негативний вплив на проект.

Оскільки реалізація проекту завжди має певний рівень невизначеності, пов'язаний з проектним середовищем, доцільно керувати проектом за допомогою методів, заснованих на нечіткій логіці [38], які дають змогу оцінити стан реалізації проекту не лише в режимі реального часу, а й проактивно керувати його успішною реалізацією.

Сьогодні більшість завдань вирішується на основі проектів, тобто встановлення цілей, а потім спроба їх досягти, враховуючи обмеження витрат, ресурсів і часу. Концепція управління проектами ґрунтується на розгляді проекту як потенційної зміни початкового стану будь-якої системи, пов'язаної з часом і грошима. Процес цих змін, що здійснюється за попередньо розробленими правилами в рамках бюджетних, часових та інших обмежень, і є управлінням проектом.

До переліку можливих ризиків проекту, викликаних зовнішнім і внутрішнім середовищем, рекомендується включати ризики, які суттєво впливають на основні цілі та результати проекту, а саме вартість і час його реалізації, якість продукту чи послуги. .

Тому під час реалізації проекту для всіх фаз і етапів його життєвого циклу можуть бути виявлені ризики перевищення тривалості, вартості та якості реалізації проекту, що значною мірою впливає на кінцевий результат проекту.

Для проекту, як об'єкта управління в умовах невизначеності зовнішнього середовища, характерні зміни; обмеження кінцевої мети, тривалості, бюджету та необхідних ресурсів; новизна для компанії, яка реалізує проект, і для ринку очікуваного попиту на створений у проекті продукт або послугу; складність, тобто велика кількість факторів, які прямо чи опосередковано впливають на реалізацію та результати проекту тощо. [1]. Існує багато методів аналізу зовнішнього середовища проекту та його впливу на реалізацію проекту. Але оскільки поява будь-якого зовнішнього фактора характеризується невизначеністю,

Перевагами нечітких систем перед іншими є:

- можливість роботи з нечітко визначеними вхідними даними: наприклад, значеннями, які постійно змінюються в часі (динамічні завдання), значеннями, які неможливо визначити без двозначності (результати статистичних опитувань, рекламних кампаній тощо);

- можливість нечіткої формалізації критеріїв оцінки та порівняння: функціонування з критеріями «більшість», «можливе», «переважаюче» тощо; ;

- здатність проводити якісні оцінки як вхідних даних, так і вихідних результатів: керівник проекту використовує не тільки фактичні значення даних, а й ступінь їх вірогідності та їх розподіл;

- можливість швидкого моделювання складних динамічних систем та їх порівняльного аналізу із заданим ступенем точності: робота за принципами поведінки системи, описаної нечіткими методами, з одного боку, не витрачає багато часу на пошук точних значень. змінні та складання рівнянь для їх опису. По-друге, ви можете оцінити різні варіанти вихідних значень.

Стан будь-якої складової проекту або фактора, що впливає на його виконання, можна представити у вигляді системи нечітких логічних виразів. Кожне твердження можна оцінити за ступенем нечіткої істинності. Кожне з цих

тверджень можна описати відношеннями множин лінгвістичних нечітких змінних.

Лінгвістична змінна - це набір значень типу  $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$ , або  $\beta$ - Ім'я змінної;  $T$  — базова множина значень його термів — значень, кожне задане нечіткою множиною;  $X$  - множина - носій можливих конкретних значень змінної для всіх термінів;  $G$ - синтетична процедура генерування нових предметів із множини  $T$ ;  $M$  - семантична процедура надання суб'єкту певної змінної нечіткої форми  $\langle X, \mu_i(X) \rangle$ ,  $\mu_i(X)$  - функція належності  $i$ -го доданка множини  $T$  [32, 40].

Побудова системи нечіткого висновку (FRA), яка спирається на використання алгоритму Мамдані, включає наступні кроки [32, 40, 44]:

1. Створіть базу правил START. Кожне правило представлено так: Якщо  $\langle \text{умова} \rangle$ , то  $\langle \text{висновок} \rangle$  [ступінь дійсності правила]. Для алгоритму Мамдані  $\langle \text{умова} \rangle$  і  $\langle \text{висновок} \rangle$  виглядають як логічні зв'язки таких записів:  $\langle \text{нечітка змінна} \rangle = \langle \text{значення} \rangle$

2. Введення цих правил у START

3. Використання START для обробки вхідної інформації як конкретних (нечітких) значень вхідних змінних. Цей крок, у свою чергу, включає в себе наступне:

3.1 Введення значень вхідних змінних. Тобто певні факти, які вважаються 100% правдою.

3.2 Фасифікація вхідних змінних - встановити відповідність між конкретним значенням вхідних змінних і значенням її терму, а також функцією належності.

3.3 Агрегація складних умов, які знаходяться в правилах після ключового слова IF, тобто визначення ступеня істинності всіх умов у всіх правилах, якщо умови задані за допомогою д' складних логічних виразів. Правило активується, якщо істинність його умови більша за нуль.

У базі знань процедура агрегування умов у правила виконується за допомогою нечітких логічних операцій – нечіткої кон'юнкції, нечіткої диз'юнкції, нечіткого заперечення тощо.

3.4 Активація підвисновків - процес визначення ступеня істинності (приналежності до відповідних суб'єктів) змінних, які є у висновках активних правил, за формулою:  $c_k = b_k F_k$ , або  $c_k$  - ступінь істинності висновку правила  $k$ ,  $b_k$  - міра істинності його стану,  $F_k$  - міра істинності самого правила (ваговий коефіцієнт  $k$ - правила). Після визначення вектора  $C = (c_1, \dots, c_q)$  функції приналежності визначаються для кожного з підвисновків для кожної вихідної лінгвістичної змінної. Припустимо, що відповідна швидкість вихідної лінгвістичної змінної визначається функцією належності  $\mu(y)$ . Потім після процедури активації отримуємо відповідну функцію членства оновлення температури (підвисновок)  $\mu'(y)$  одним із методів нечіткої композиції:

- хв - активація:  $\mu'(y) = \min\{c_i, \mu(y)\}$ ;
- активація продукту:  $\mu'(y) = c_i \mu(y)$ ;
- середня активація:  $\mu'(y) = 0.5(c_i + \mu(y))$ .

Зауважте, що різні правила підвисновок можуть містити однакові терміни змінної мови. При цьому для кожної теми визначається набір різних функцій належності, які розраховуються за одним із правил нечіткої композиції для кожного правила продукту. Остаточна функція членства для цієї теми визначена в наступному розділі.

3.5 Накопичення висновків, тобто визначення значення функцій належності для показників усіх вихідних змінних. Якщо для суб'єкта визначено набір функцій належності  $\mu'_1(y), \dots, \mu'_p$ , накопичення здійснюється за одним із правил комбінації чіткого набору:

- асоціація:  $\mu'(y) = \max\{\mu'_1(y), \mu'_2(y)\}$ ;
- алгебраїчний союз:  $\mu'(y) = \mu'_1(y) + \mu'_2(y) - \mu'_1(y)\mu'_2(y)$ ;
- прикордонна асоціація:  $\mu'(y) = \max\{\mu'_1(y) + \mu'_2(y) - 1, 0\}$ ;
- хірургія  $\lambda$  - Суми:  $\mu'(y) = \lambda\mu'_1(y) + (1 - \lambda)\mu'_2(y)$ ,  $\lambda \in [0, 1]$ .
- радикальна асоціація:  $\mu'(y) = \{\mu'_1(y), \text{if } \mu'_2(y) = 0, | \mu'_2(y), \text{if } \mu'_1(y) = 0, |$

3.6 Дефасифікацію вихідних змінних (визначення конкретних значень функціями належності термінів) розглядають методом центру ваги для невизначених і дискретних нечітких множин за формулами:

$$z = \frac{\int_{y_{\min}}^{y_{\max}} y \mu'(y) dy}{\int_{y_{\min}}^{y_{\max}} \mu'(y) dy}, \quad z = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \mu'(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu'(y_i)}.$$

За допомогою теорії нечітких множин вирішуються проблеми узгодження суперечливих критеріїв для проектних рішень.

Загальна структура нечіткої системи включає такі елементи: блок фасифікації; база даних; блок прийняття рішень; блок зсуву фази [32, 40, 44].

Блок фасифікації перетворює чіткі значення, виміряні на виході об'єкта керування, у нечіткі значення, описані лінгвістичними змінними в базі знань.

Блок прийняття рішень використовує правила нечіткі, якщо (тоді), визначені в базі знань, щоб перетворити нечіткі вхідні дані в необхідні керуючі ефекти, які також є нечіткими.

Блок фазового зсуву перетворює нечіткі дані з виходу блоку прийняття рішень у чітке значення, яке передається приводу для управління об'єктом [32, 40].

Побудова нечіткої моделі системи управління проектами базується на формальному представленні характеристик об'єкта в термінах лінгвістичних змінних. У системі керування вхідні та вихідні змінні системи розглядаються як лінгвістичні змінні. Метою управління є визначення значень керуючих змінних (входів), реалізація яких забезпечує бажану поведінку або бажаний стан проекту як об'єкта управління. Вихідні змінні можна повертати в систему, утворюючи зворотний зв'язок (рисунок 2.2).



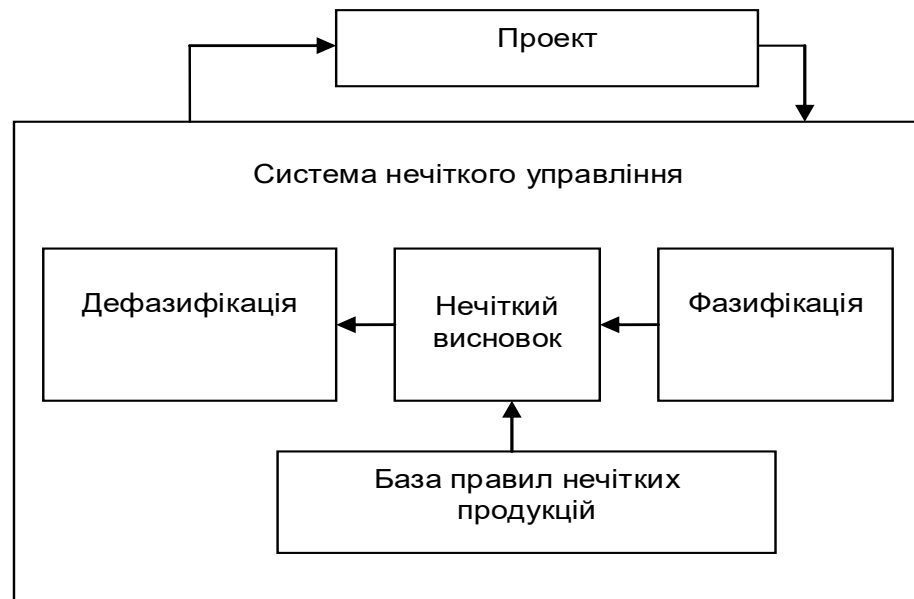


Рисунок 2.2 - Структура компонентів нечіткого управління проектом

Таким чином, нечітка система управління проектами може бути описана за допомогою апарату нечіткого висновку Мамдані.

Важливим завданням є виявлення нелінійних залежностей, тобто побудова їх моделей на основі результатів спостережень. На першому етапі проводиться структурна ідентифікація. Це формування нечіткої бази знань, яка приблизно перекладає нелінійне співвідношення «вхід – вихід» за допомогою лінгвістичних правил <If>.

Ці правила генеруються експертом або отримують шляхом вилучення нечітких знань з експериментальних даних.

На другому кроці виконується параметрична ідентифікація досліджуваної залежності шляхом знаходження таких параметрів нечіткої бази знань, які мінімізують відхилення результатів нечіткого моделювання від експериментальних даних. Параметрами, які можна налаштувати, є ваги правил і параметри функції членства нечітких термінів.

### 2.3 Структура нечіткої системи управління проектами

В якості основи методу управління проектами в умовах невизначеності факторів впливу доцільно використовувати пристрій нечіткої логіки та алгоритм нечіткого висновку Мамдані.

Залежність вихідних величин від входу  $y = f(X)$  задається нечіткою базою знань Мамдані [17, 32, 40, 44]. Припускаємо, що існує також навчальна вибірка з  $M$  пар експериментальних даних, що з'єднують входи  $X_r = (x_r, 1, x_r, 2, \dots, x_r, n)$  з виходом у досліджуваної залежності:

$$(X_r, y_r), r = \overline{1, M}, \quad (2.1)$$

де  $X_r = (x_r, 1, x_r, 2, \dots, x_r, n)$  – вхідний вектор у  $r$ -й парі навчальної вибірки;  
 $y_r$  - відповідний вихід.

Введемо такі позначення:

- $P$  - вектор параметрів функцій належності вхідних і вихідних змінних;
- $W$  - ваговий вектор правил бази знань;
- $F(P, W, X_r)$  - результат виведення нечіткої бази знань Мамдані з параметрами  $(P, W)$  до значення вхідних даних  $X_r$ .

Відповідно до методу найменших квадратів побудова нечіткої бази знань Мамдані зводиться до наступної задачі математичного програмування: знайти такий вектор  $(P, W)$ , який

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{r=1, \overline{M}} (y_r - F(P, W, X_r))^2} \rightarrow \min. \quad (2.2)$$

У цій задачі оптимізації на керовані змінні  $P$ , як правило, діють обмеження, які забезпечують лінійний порядок елементів множин доданків. Такі обмеження не дозволяють алгоритмам оптимізації зробити, наприклад, нечіткий набір «низький», ніж «високий». Крім того, ядра нечітких множин не повинні перевищувати діапазони відповідних змінних. Такі обмеження забезпечують

прозорість нечіткої бази знань після налаштування, тобто можливість змістовної інтерпретації правил.

Що стосується вектора  $W$ , то його координати необхідно включити в інтервал  $[0, 1]$ . Якщо до рівня інтерпретації бази знань висуваються високі вимоги, ваги правила не коригуються, залишаючи їх рівними 1. Можливий і проміжний варіант, коли коефіцієнти можуть бути 0 або 1. У цьому випадку нульова вага дорівнює еквівалентно виключенню правила з нечіткої бази знань.

Спосіб зробити нечіткий висновок за механізмом Мамдані можна описати так [17, 32, 44]:

- 1) порівняння вхідних даних зі значеннями вхідних функцій належності;
- 2) знайти найменше значення функцій належності записів для кожного з записів, які відповідають базі правил;
- 3) усічення по осі  $Y$  функцій належності вихідних значень, які перевищують значення, знайдені на другому кроці;
- 4) пошук серед функцій відсікання приналежності до виходу тих, що мають максимальні амплітуди;
- 5) знайти сім значень, знайдених на четвертому кроці усіченої функції належності на виході, яка утворює останню цифру;
- 6) знайти центр ваги отриманої фігури, яка інтерпретує вихід системи.

Загальна схема цієї нечіткої системи на основі нечіткого висновку Мамдані наведена на рисунку 2.3.

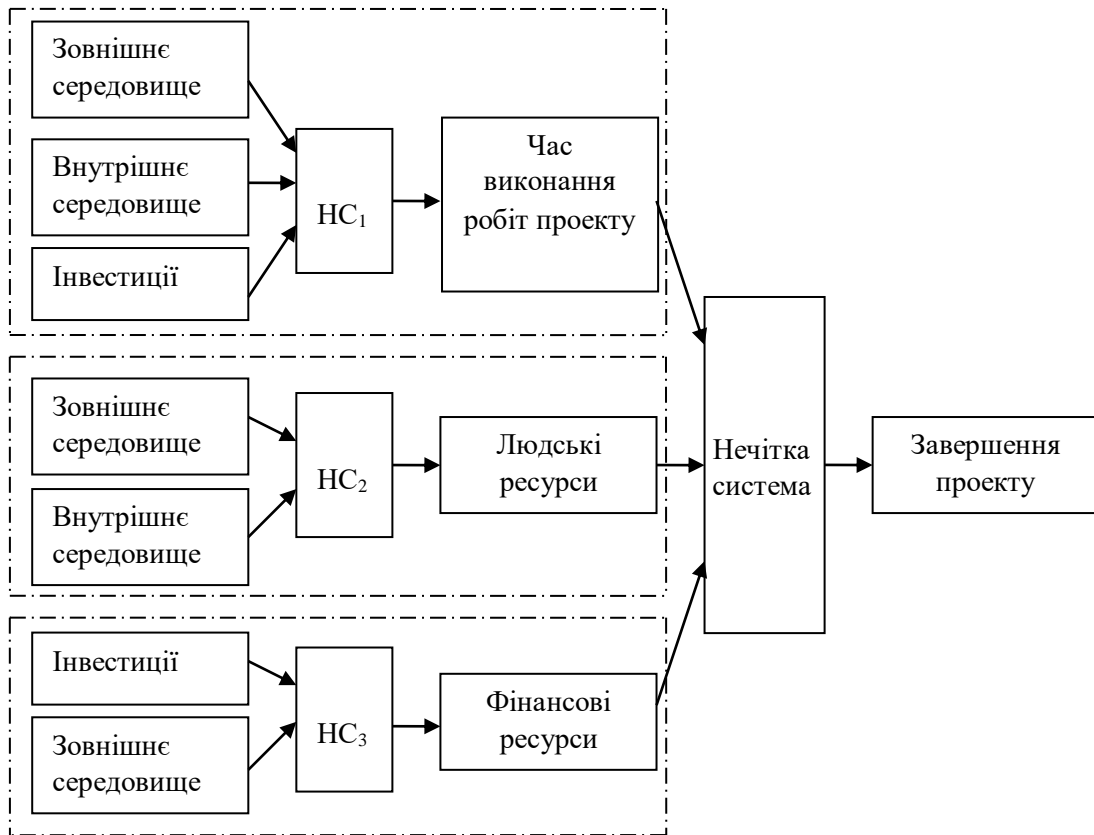


Рисунок 2.3 – Структура нечіткої системи управління проектами

На рисунку 2.3 пунктирною лінією виділено різні функціональні частини системи, які є підсистемами, реалізованими на основі нечіткого висновку Мамдані, входними для якого є вплив зовнішніх і внутрішніх факторів, а також статус інвестицій у проект. .

Узагальнена схема нечіткої системи з цими підсистемами наведена на рисунку 2.4.

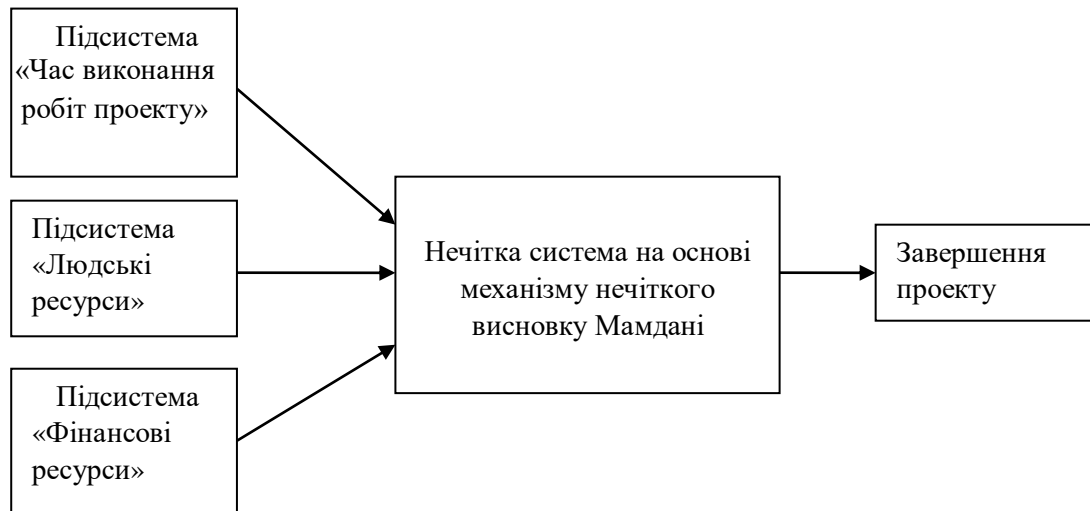


Рисунок 2.4 – Узагальнена структура нечіткої системи

Підсистема часового аналізу проектних робіт із входними змінними має зовнішнє та внутрішнє середовище та інвестиції (рисунок 2.5).

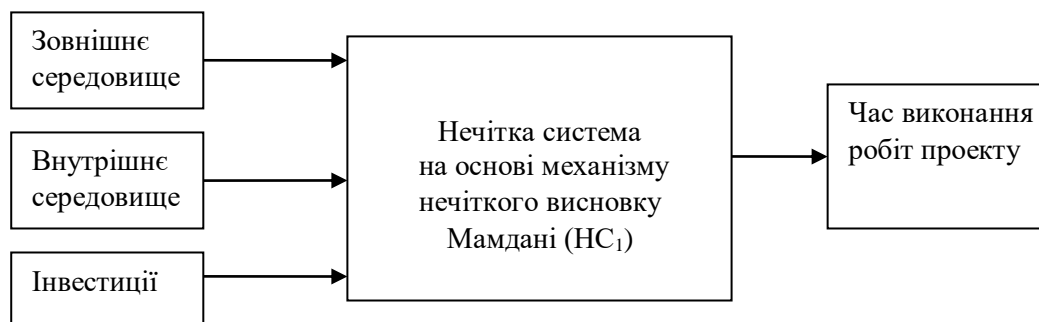


Рисунок 2.5 - Підсистема «Час виконання робіт проекту»

Підсистема «Людські ресурси», враховуючи поточний вплив зовнішнього середовища та внутрішнього середовища проекту, оцінює обсяг людських ресурсів, доступних для проекту (рисунок 2.6).

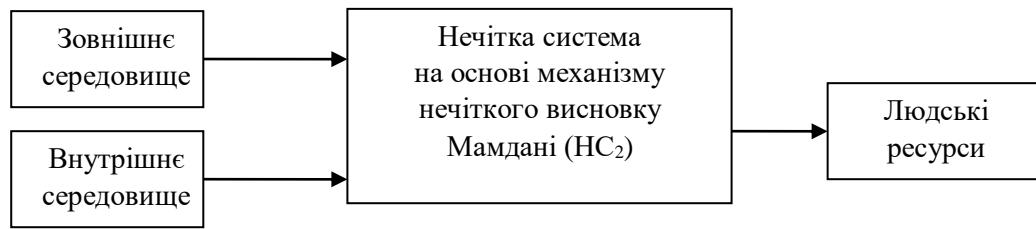


Рисунок 2.6 - Підсистема «Людські ресурси»

Підсистема «Фінансові ресурси» з урахуванням впливу зовнішнього середовища та вхідних інвестицій проекту на основі нечіткої логіки оцінює фінансовий стан проекту (рисунок 2.7).

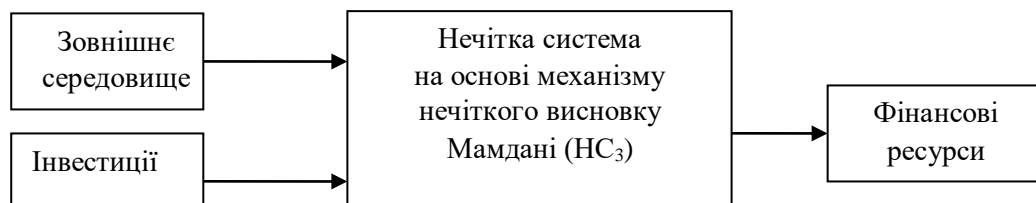


Рисунок 2.7 - Підсистема «Фінансові ресурси»

На основі запропонованих структур можливе впровадження та дослідження нечіткої системи управління проектами в цілому та кожної її підсистеми.

#### 2.4 Алгоритм управління проектом з використанням нечіткої системи

Як зазначено в підрозділі 2.1, зовнішні та внутрішні фактори зовнішнього середовища, а також інвестиції, зроблені в проект, впливають на такі параметри, як фінансові ресурси, трудові ресурси, час виконання різних етапів або робіт проекту і, отже, завершення проекту.

Згідно з рисунком 2.1, оцінка змін окремих параметрів проекту під впливом факторів зовнішнього середовища проекту впливає на проектні рішення щодо його своєчасного завершення.

На рисунку 2.8 показаний алгоритм роботи окремих підсистем і запропонована нечітка система як частина загального процесу управління проектом.

Для управління проектом під час його реалізації необхідна інформація про його початкові параметри, включаючи окремі роботи проекту та терміни їх виконання, людські ресурси, наявні фінансові ресурси, дату завершення проекту.проект.

Оскільки кожен проект знаходиться в певному середовищі, на процес реалізації впливають певні зовнішні та внутрішні фактори.

Тому необхідно спочатку визначити фактори зовнішнього середовища та оцінити, які можливості чи загрози можуть чекати на проект.

Після того, як будуть визначені ризики або можливості зовнішнього середовища, необхідно проаналізувати, як може розвиватися внутрішнє середовище проекту.

Крім того, одним із параметрів проекту є фінансові ресурси, необхідно оцінити стан інвестицій, наявні кошти та можливості додаткового фінансового доходу.

Після аналізу екологічних та інвестиційних факторів необхідно визначити тип аналізу: для окремих підсистем, які оцінюють вплив факторів на певні параметри, або для всієї системи, яка оцінює «вплив на завершення проекту».

Якщо аналіз проводиться на окремих підсистемах, то кожна з них, функціонуючи на основі нечіткої логіки, визначає вплив тих чи інших факторів на певний параметр. На основі отриманих результатів для різних параметрів приймаються відповідні проектні рішення, які, в свою чергу, повинні знизити ризики проекту або правильно сприймати надані можливості.

Якщо необхідно оцінити своєчасність виконання проекту, потрібні результати всіх підсистем НС1, НС2, НС3 разом, які визначають входи нечіткої системи (НС), виходом якої буде інформація про завершення проекту.

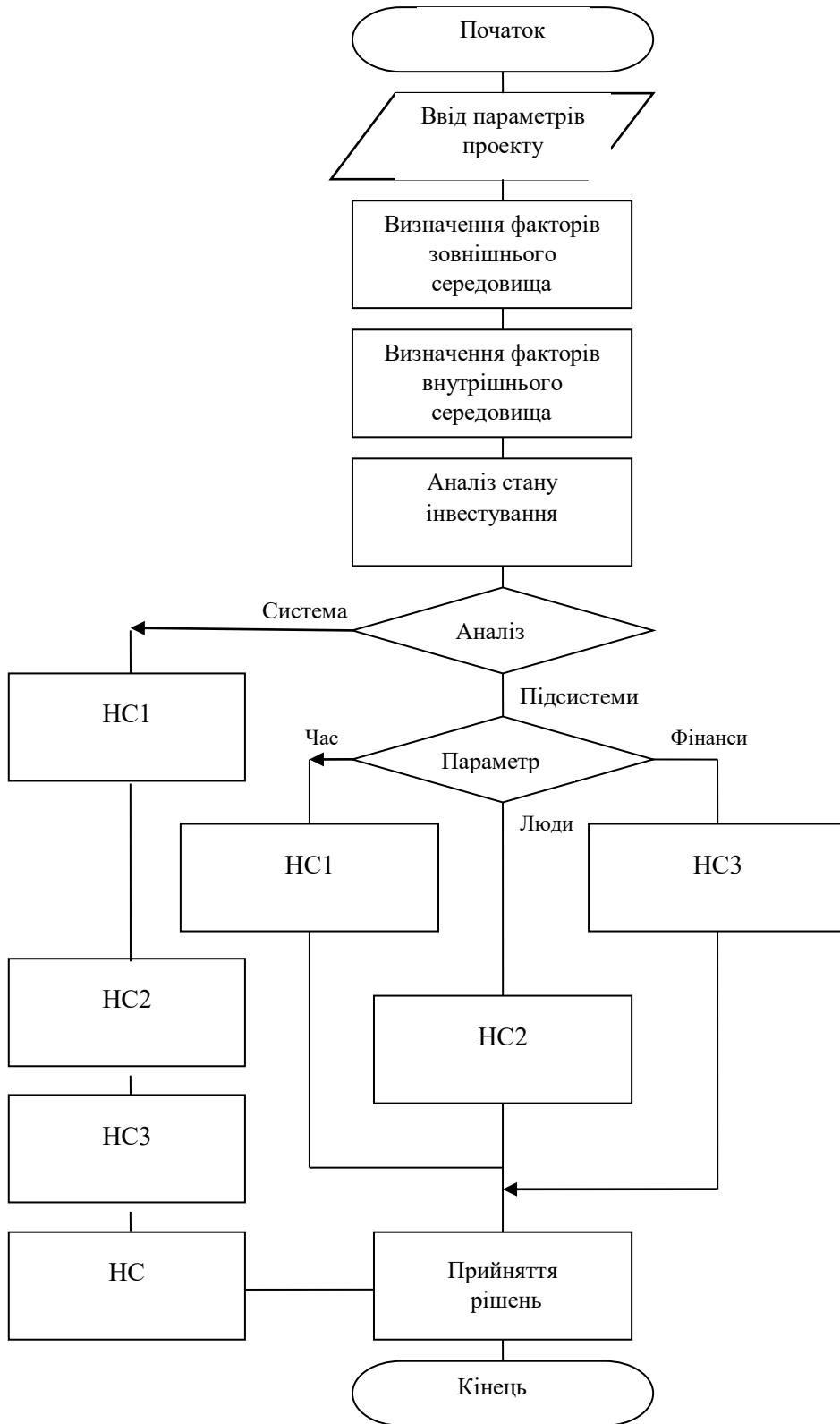


Рисунок 2.8 – Алгоритм управління проектом на основі нечіткої логіки



На основі отриманого результату керівник проекту оцінює ситуацію щодо можливості завершення проекту в строк і приймає відповідні рішення щодо проекту.

Таким чином, даний алгоритм ілюструє метод управління проектом, який базується на нечіткій системі оцінки завершеності проекту, що включає три нечіткі підсистеми, що визначають вплив зовнішніх і внутрішніх факторів, а також наявні під час роботи над проектом інвестиції, людські та фінансові ресурси. .

## Висновки до розділу 2

1. На основі дослідження впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на реалізацію проекту пропонується оцінити робочий час проекту, фінансові та людські ресурси та швидкість виконання проекту.

2. Процеси прийняття рішень в управлінні проектами, як правило, відбуваються в умовах ризику та невизначеності. В якості основи методу управління проектами в умовах невизначеності факторів впливу доцільно використовувати пристрій нечіткої логіки та алгоритм нечіткого висновку Мамдані.

3. Розроблено структуру нечіткої системи управління проектами, що складається з підсистем, які можна розглядати як окремі, автономні частини.

4. Для оцінки впливу навколишнього середовища та наявних інвестицій на відповідні параметри проекту розроблено окремі структури підсистеми «Час виконання проекту», «Людські ресурси» та «Фінансові ресурси». На основі запропонованих структур можливе впровадження та дослідження нечіткої системи управління проектами в цілому та кожної її підсистеми.

5. Розроблено алгоритм для ілюстрації методу управління проектом на основі нечіткої системи оцінки завершення проекту, яка включає три нечіткі підсистеми, що визначають вплив зовнішніх і внутрішніх факторів, а також доступні інвестиції на час виконання проекту, людські та фінансові ресурси. .

## 3 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТОМ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

### 3.1 База правил нечіткої системи

Для реалізації нечіткої системи необхідно визначити розподіли підсистем вхідних і вихідних змінних, а також встановити їх відповідність.

Розподіли нечітких наборів підсистеми вхідних і вихідних змінних «Час виконання проекту» такі:

- зовнішнє середовище: можливості (Opportunities) або загрози (Threats);
- внутрішнє середовище: сильні сторони (Strengths), слабкі сторони (Weaknesses);
- інвестиції: великі (багато), малі (малі), середні (середні);
- Час виконання проекту: пізно (Довго), коротко (Коротко), за розкладом (За розкладом).

База правил цієї підсистеми складається з  $R = 3 \cdot 3 \cdot 4 - 1 = 35$  правил згідно з таблицею 3.1.

Таблиця 3.1 – Відповідність вхідних та вихідної змінних нечіткої підсистеми «Час виконання робіт проекту»

Чинник зовнішнього середовища ( <i>external_environment</i> )	Чинник внутрішнього середовища ( <i>internal_environment</i> )	Інвестиції ( <i>investments</i> )	Час виконання робіт проекту ( <i>time</i> )
1	2	3	4
Threats	Weaknesses	Little	Long
Threats	Weaknesses	Middle	Long
Threats	Weaknesses	None	Long
Threats	Weaknesses	Much	Scheduled
Threats	Strengths	Little	Scheduled
Threats	Strengths	Middle	Scheduled
Threats	Strengths	None	Scheduled
Threats	Strengths	Much	Short
Threats	None	Little	Long
Threats	None	Middle	Long
Threats	None	None	Long

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Threats	Threats	Threats	Threats
None	None	None	None
None	None	None	None
None	None	None	None
None	None	None	None
None	None	None	None
None	None	None	None
None	None	None	None
None	None	None	None
None	None	None	None
None	None	None	None
None	None	None	None
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities
Opportunities	Opportunities	Opportunities	Opportunities

Розподіли нечітких множин підсистеми вхідних і вихідних змінних «Людські ресурси» виглядають так:

- зовнішнє середовище: можливості (Opportunities) або загрози (Threats);
- внутрішнє середовище: сильні сторони (Strengths), слабкі сторони (Weaknesses);
- людські ресурси: великі (багато), малі (малі), середні (середні).

Загальна кількість правил цієї нечіткої підсистеми відповідає таблиці 3.2 і дорівнює  $R = 3 \cdot 3 - 1 = 8$ .

Таблиця 3.2 - Відповідність вхідних і вихідних змінних нечіткої підсистеми «Людські ресурси».

Вплив зовнішнього середовища ( <i>external_environment</i> )	Вплив внутрішнього середовища ( <i>internal_environment</i> )	Людські ресурси ( <i>people</i> )
Threats	Weaknesses	Small
Threats	Strengths	Middle
Threats	None	Middle
None	Weaknesses	Small
None	Strengths	Large
Opportunities	Weaknesses	middle
Opportunities	Strengths	Large
Opportunities	None	Middle

Вхідною змінною підсистеми фінансових ресурсів є зовнішнє середовище, нечіткими станами якого є можливості (Opportunities) або загрози (Threats).

Станами вхідної змінної «Інвестиції» є: великий (багато), малий (малий), середній (середній). Вихідна змінна цієї підсистеми має три стани: великий (багато), малий (малий), середній (середній).

Оскільки вхідні змінні мають три і чотири стани відповідно, база правил для цієї підсистеми складається з  $R = 3 \cdot 4 - 1 = 11$  правил (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 - Відповідність вхідних та вихідної змінних нечіткої підсистеми «Фінансові ресурси»

Чинники зовнішнього середовища ( <i>external_environment</i> )	Інвестиції ( <i>investments</i> )	Фінансові ресурси ( <i>money</i> )
Threats	Little	Little
Threats	Middle	Little
Threats	None	Little
Threats	Much	Middle
None	Little	Little
None	Middle	Middle
None	Much	Much
Opportunities	Little	Little
Opportunities	Middle	Middle
Opportunities	None	Middle
Opportunities	Much	Much

Виходи нечітких підсистем «Час виконання проекту», «Кадри», «Фінансові ресурси» є входами нечіткої системи. з:

- час виконання проекту може приймати значення: пізній (довгий), короткий (короткий), запланований (запланований);

- людські ресурси: великі (багато), малі (малі), середні (середні);

- фінансові ресурси: великі (багато), малі (малі), середні (середні).

Виходом з нечіткої системи є кінець проекту (кінець): своєчасно (вчасно), ранній (завчасно), несвоєчасний (пізно).

Оскільки вхідні змінні мають чотири стани відповідно, база правил цієї системи складається з  $R = 4 \cdot 4 \cdot 4 - 1 = 63$  правила.

Базу правил готують згідно з таблицею 3.4.

Таблиця 3.4 – Відповідність вхідних та вихідної змінних розробленої нечіткої системи

Час виконання робіт проекту ( <i>time</i> )	Людські ресурси ( <i>people</i> )	Фінансові ресурси ( <i>money</i> )	Завершення проекту ( <i>ending</i> )
1	2	3	4
Short	Small	Little	Late
Short	Small	Much	In_time
Short	Small	Middle	Late
Short	Small	None	Late
Short	Middle	Little	Late
Short	Middle	Middle	Late
Short	Middle	Much	In_time
Short	Middle	None	Late
Short	Large	Little	Late
Short	Large	Middle	Late
Short	Large	Much	In_time
Short	Large	None	Late
Short	None	Little	Late
Short	None	Middle	Late
Short	None	Much	In_time
Short	None	None	Late
None	Small	Little	Late
None	Small	Middle	Late
None	Small	Much	Late
None	Small	None	Late
None	Middle	Little	Late
None	Middle	Middle	Late
None	Middle	Much	In_time

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4
None	Middle	None	Late
None	Large	Little	Late
None	Large	Middle	Late
None	Large	Much	In_time
None	Large	None	Late
None	None	Little	Late
None	None	Middle	Late
None	None	Much	Late
Scheduled	Small	Little	Late
Scheduled	Small	Middle	Late
Scheduled	Small	Much	In_time
Scheduled	Small	None	Late
Scheduled	Middle	Little	Late
Scheduled	Middle	Middle	In_time
Scheduled	Middle	Much	In_time
Scheduled	Middle	None	Late
Scheduled	Large	Little	Late
Scheduled	Large	Middle	In_time
Scheduled	Large	Much	In_time
Scheduled	Large	None	Late
Scheduled	None	Little	Late
Scheduled	None	Middle	In_time
Scheduled	None	Much	In_advance
Scheduled	None	None	Late
Long	Small	None	Late
Long	Small	Little	In_time
Long	Small	Middle	In_time
Long	Small	Much	In_advance
Long	Middle	Little	In_time
Long	Middle	Middle	In_time
Long	Middle	Much	In_advance
Long	Middle	None	Late
Long	Large	Little	Late
Long	Large	Middle	In_advance
Long	Large	Much	In_advance
Long	Large	None	Late
Long	None	Little	Late
Long	None	Middle	In_time
Long	None	None	Late
Long	None	Much	In_time

Структура нечіткої системи і структура підсистем в її складі, а також відповідність значень вхідних і вихідних змінних (див. таблиці 3.1-3.4),

представлені в розділі 2, дозволяють реалізувати метод управління проектами в програмному середовищі.

### 3.2 Реалізація підсистем нечіткої системи

На основі запропонованої в розділі 2 структури нечіткої системи, яка містить три підсистеми, та таблиці відповідності вхідних і вихідних змінних, можна розробити та проаналізувати функціонування системи при використанні інструменту середовища MATLAB Fuzzy Logic Toolbox.

При розробці математичних моделей на основі нечіткої логіки одним з основних і важливих етапів моделювання є вибір методу побудови функцій належності, які використовуються для формалізації нечітких тем.

Fuzzy Logic Toolbox містить 11 типів функцій членства, які можна розділити на чотири групи [32, 45]:

- лінійний по частинах;
- гаусівський;
- сигмовидна;
- квадратний і кубічний.

Найпростішими є трикутні та трапецієподібні функції, які формуються за допомогою кусково-лінійного наближення. Трапеція є розширенням трикутної функції належності, що дозволяє визначити ядро нечіткої множини як інтервал.

Трапецієподібна функція задається чотирма числами (a, b, c, d), які позначають абсцис вершин вершин:

$$MF(x) = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & \text{в інших випадках} \end{cases}, \quad (3.1)$$

а трикутна функція належності залежить від трьох змінних (a, b, c) (абсцис вершин трикутника)[32, 40, 45]

$$MF(x) = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{x-c}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{в інших випадках} \end{cases}, \quad (3.2)$$

чому в цьому випадку має місце випадок симетричної трикутної функції належності, тобто  $(ba) = (cb)$ .

Функція належності у формі дзвоника  $y = gbellmf(x, params)$  задається формулою

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}}, \quad (3.3)$$

параметри якого геометрично інтерпретуються так:

- $a$  - коефіцієнт концентрації функції належності;
- $b$  - коефіцієнт нахилу функції належності;
- $c$  - координата максимуму функції належності.

Функція `gbellmf` використовується для визначення гладких симетричних функцій належності. Функція `gbellmf` має два вхідних аргументи:

- 1)  $x$  - вектор, для координат якого необхідно обчислити ступінь приналежності;
- 2) `params` - вектор параметрів функції належності. Порядок встановлення параметрів - `[abc]`.

Функція `gbellmf` повертає вихідний аргумент  $y$ , який містить ступінь належності координат вектора  $x$ .

Графічні засоби `Fuzzy Logic Toolbox` використовуються для дослідження результатів розробки та функціонування системи нечіткого висновку.

Розглянемо для прикладу підсистему «Час виконання проекту», оскільки підхід до реалізації інших підсистем аналогічний.



На рисунку 3.1 показана структура цієї підсистеми в середовищі Matlab.

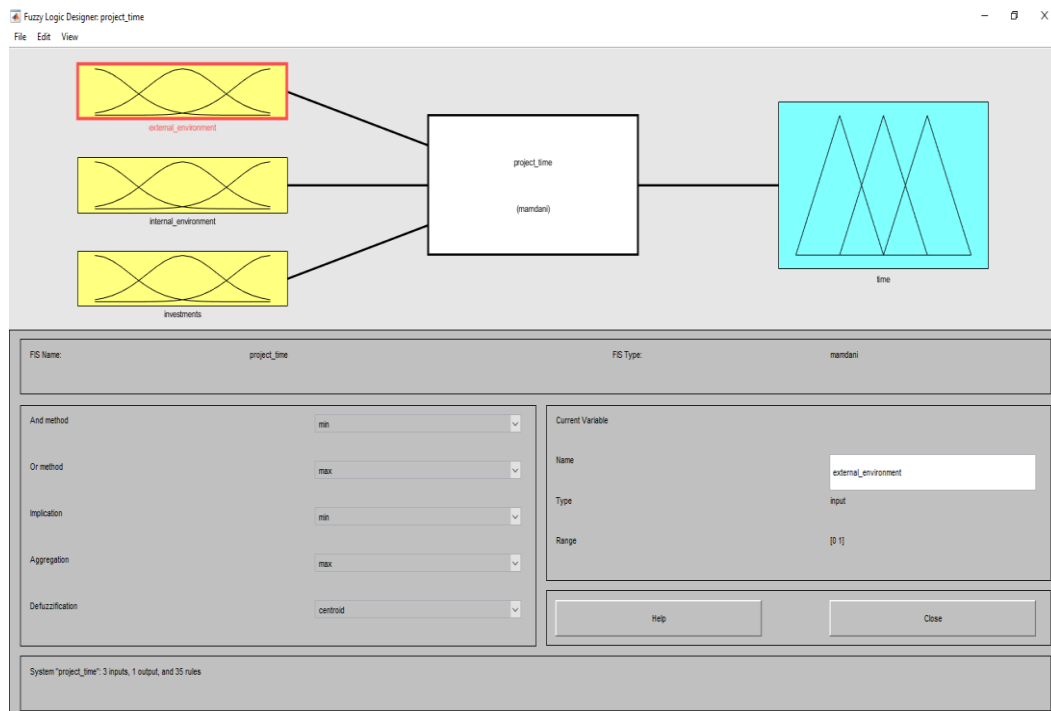


Рисунок 3.1 – Нечітка підсистема «Час виконання проекту».

Вхідними значеннями для цієї підсистеми є внутрішні фактори, зовнішні фактори та інвестиції, функції належності яких наведені на рисунках 3.2-3.4.

Для дослідження запропонованої нечіткої системи зовнішній вигляд фактора внутрішнього середовища проекту можна визначити, наприклад, у діапазоні  $[0, 1]$ , розділивши його на підмножини:

- сили -  $[0,3; 1]$ ;
- слабкості  $[0; 0,4]$ .

Аналогічно розділіть екологічний фактор і встановіть ймовірність його появи в діапазоні  $[0, 1]$ :

- можливості  $[0,4; 1]$ ;
- загрози -  $[0; 0,6]$ .

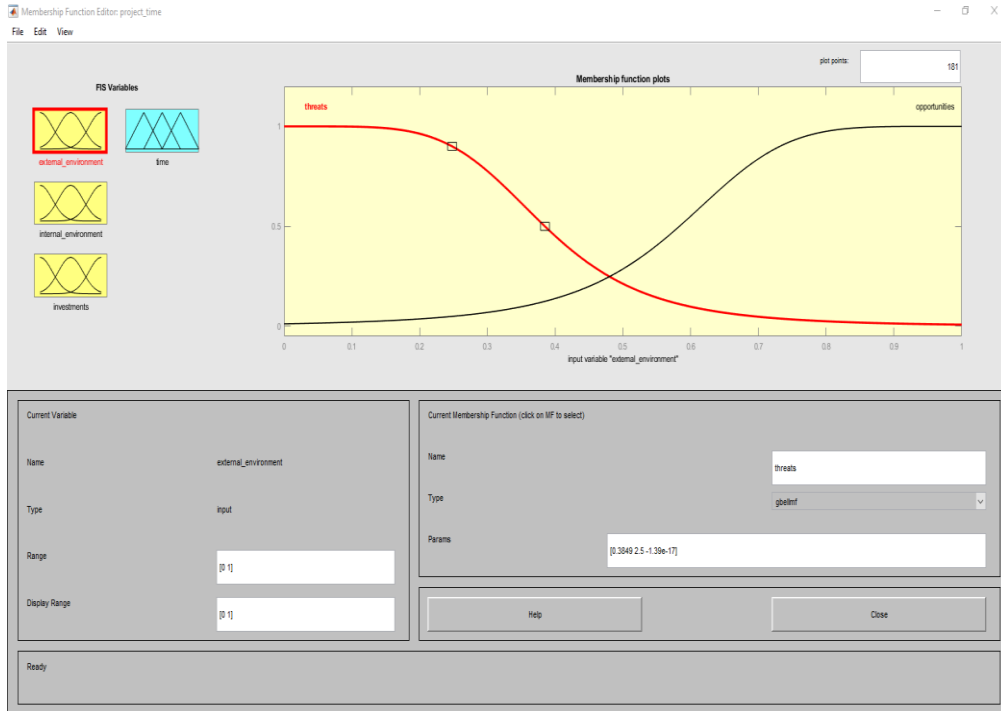


Рисунок 3.2 – Функція належності змінної `external_environment` (зовнішнє середовище)

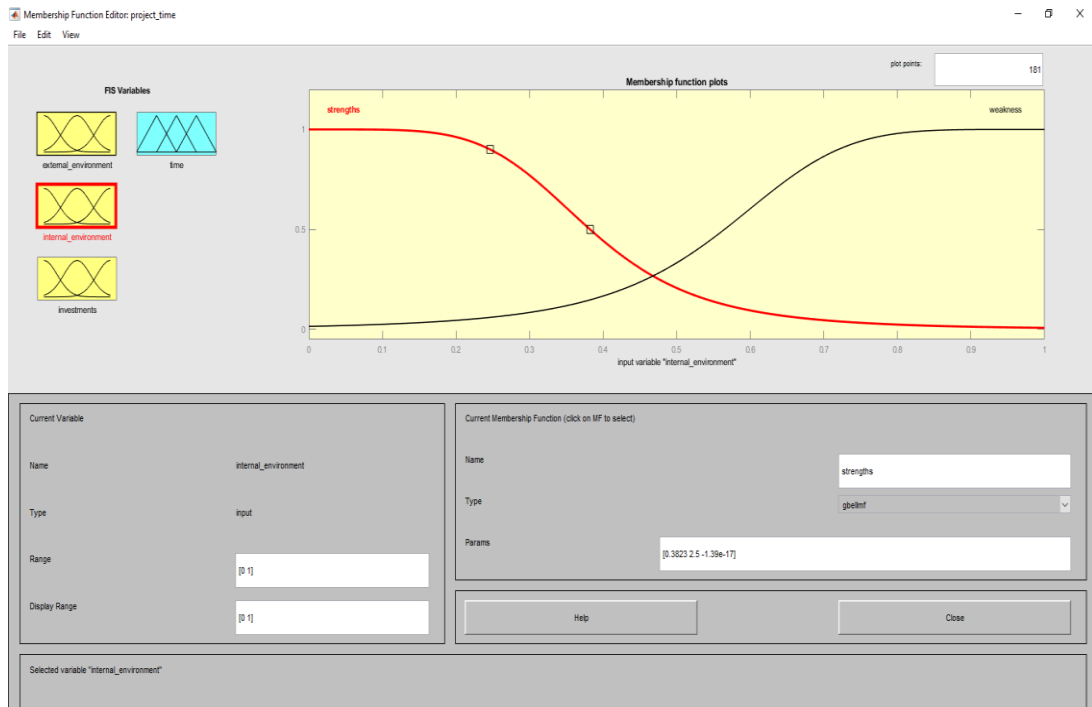


Рисунок 3.3 – Функція належності змінної `internal_environment` (внутрішнє середовище)

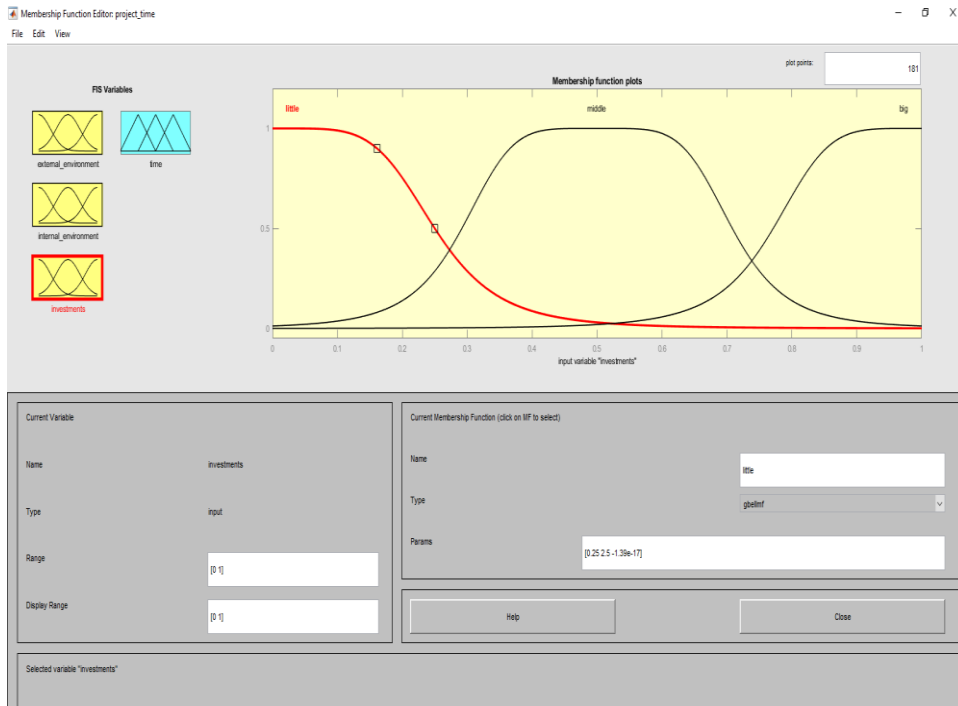


Рисунок 3.4 – Функція приналежності змінних інвестицій

Вихідні змінні кожної з підсистем визначаються у трапецієподібній формі, що дозволяє використовувати їх як вхідні змінні нечіткої системи «Завершення проекту».

Вихідним результатом цієї нечіткої підсистеми є час виконання проекту, функція належності цієї змінної має трапецієподібну форму, як показано на рисунку 3.5.

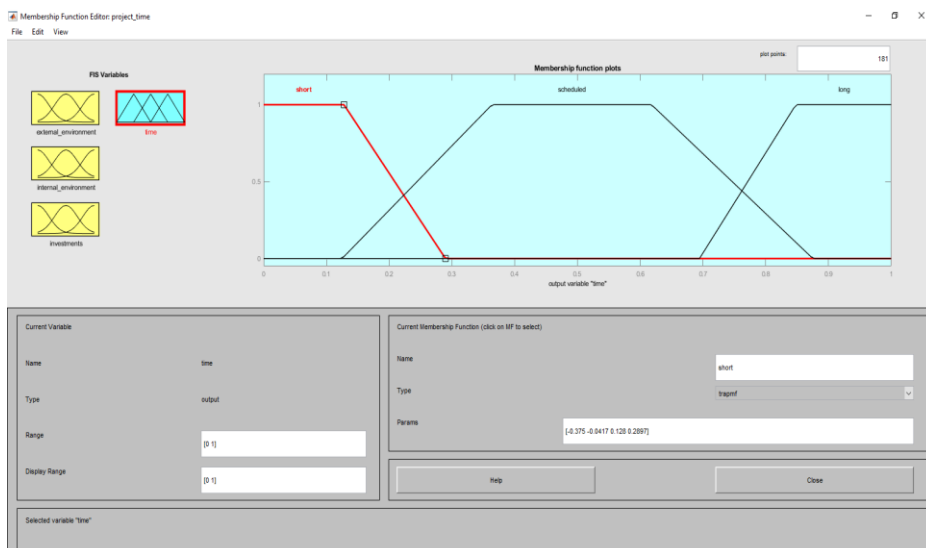


Рисунок 3.5 – Функція належності змінної часу  
(час виконання проекту)

На основі таблиці 3.1 розроблено базу даних з 35 правил цієї підсистеми (рисунок 3.6).

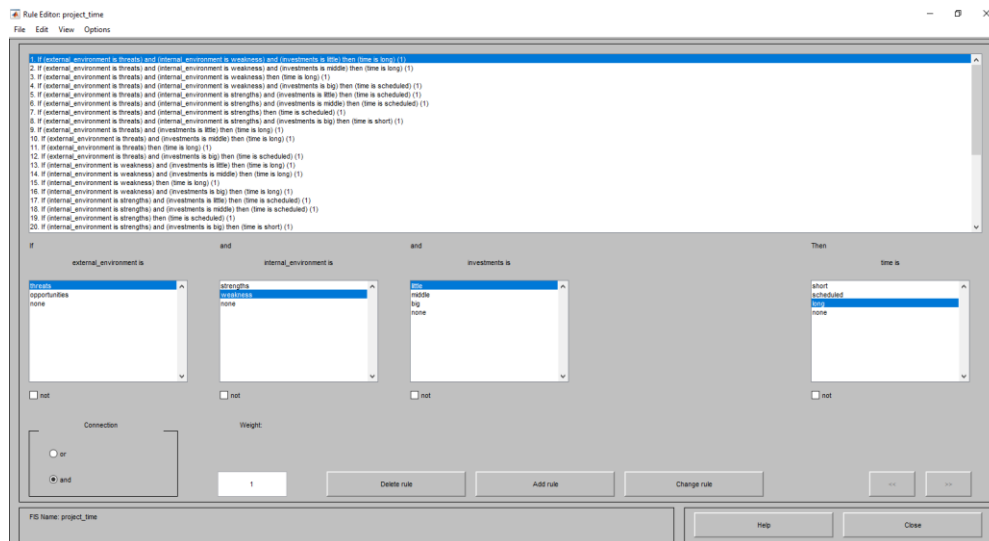


Рисунок 3.6 – Вид бази правил

Для перевірки належного функціонування розглянутої нечіткої підсистеми у порівнянні з розподілом часу на виконання проекту використовується програма перегляду правил нечіткого висновку Rule Viewer.

Роботу цієї підсистеми можна контролювати за допомогою засобу перегляду правил (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 – Вікно відображення правил

В результаті обробки бази даних правил можна створити масив значень вхідних змінних і відповідних значень вихідної змінної (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Результати дослідження нечіткої підсистеми «Час виконання робіт проекту»

Фактор зовнішнього середовища	Фактор внутрішнього середовища	Інвестиції (1000000 грн.)	Час виконання робіт проекту (12 місяців за планом)
0.485	0.548	500000	7.3
0.195	0.405	795000	13.5
0.795	0.665	285000	7.51
0.705	0.135	725000	13.5
0.435	0.455	895000	8.78
0.905	0.935	895000	6.28
0.105	1	635000	13.4
0.755	0.655	475000	6.9

Для перегляду залежності вихідної змінної від вхідних використовується засіб перегляду нечітких вихідних даних Surface Viewer (рисунок 3.8).

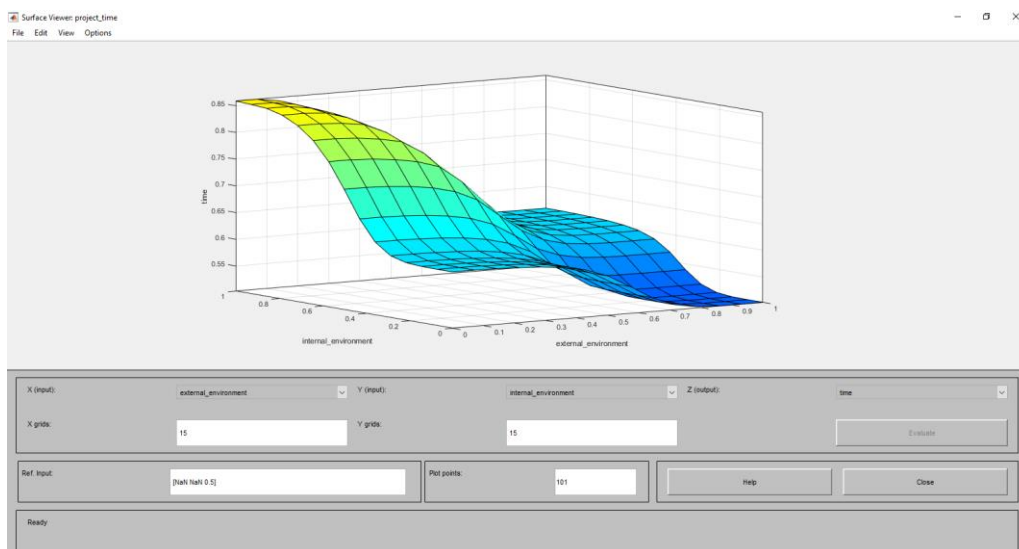


Рисунок 3.8 - Поверхня залежності часу виконання робіт проекту від впливу зовнішнього і внутрішнього середовища

Використовуючи код цієї підсистеми та інші, можна змінювати значення функцій приналежності, а також входи та виходи пропонованої нечіткої системи, що дозволяє враховувати різні фактори, що впливають на завершення проекту. .

### 3.3 Реалізація та дослідження нечіткої системи управління проектами

Нечітка система оцінки швидкості завершення проекту заснована на механізмі нечітких висновків Мамдані. Виходи описаних вище підсистем («Час виконання проекту», «Людські ресурси», «Фінансові ресурси») є вхідними змінними основної системи. Вихідна змінна «Завершення проекту» може перебувати в одному з наступних станів: своєчасно (вчасно), вперед (попереду), пізно (пізно).

Графічні інструменти Fuzzy Logic Toolbox використовуються для реалізації та аналізу результатів системи нечіткого висновку.

Нечітка система розподілу завершення проекту на вході отримує значення:

- час виконання проекту (time);
- людські ресурси (human\_resources);
- фінансові ресурси (money).

Результатом роботи нечіткої системи є кінець проекту (рисунок 3.9).

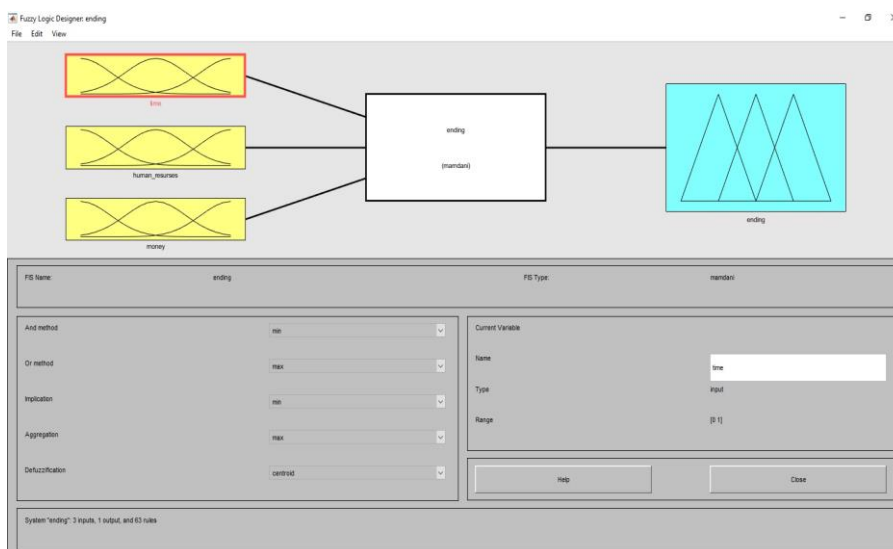


Рисунок 3.9 – Реалізація нечіткої системи

Функції приналежності вхідних змінних доцільно визначити у формі дзвона, а функції належності виходу розробленої нечіткої системи — у трикутній формі, що дозволить більш точно встановити фазовий зсув.

На рисунку 3.10 показані функції належності вхідної змінної time.

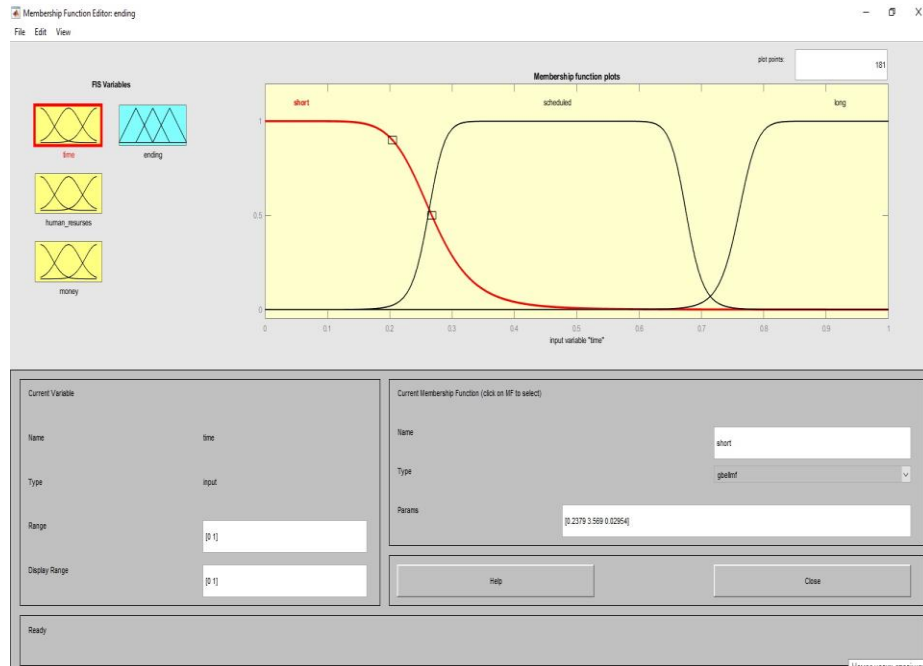


Рисунок 3.10 – Функція належності вхідної змінної часу

На малюнку 3.11 показані функції належності вхідної змінної human\_resources.

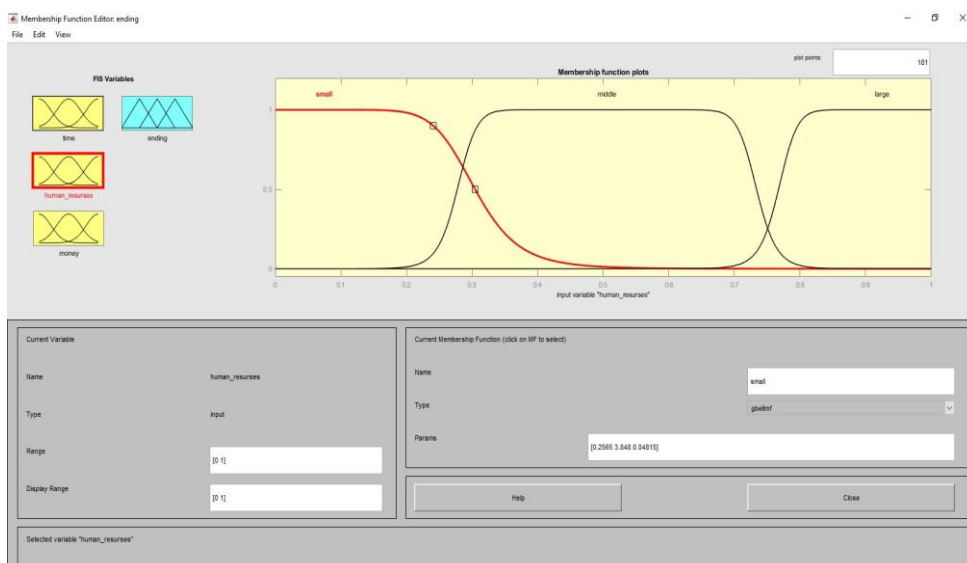


Рисунок 3.11 – Функція належності вхідної змінної human\_resources

Рисунок 3.12 ілюструє функції приналежності вхідних змінних money.

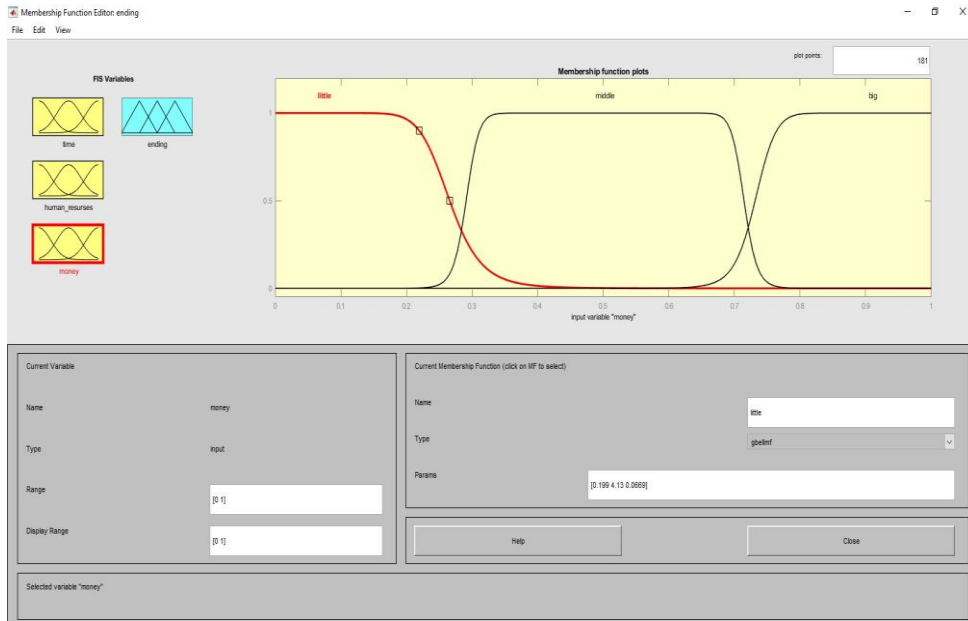


Рисунок 3.12 – Функція приналежності вхідної змінної money

Функція належності вихідної змінної нечіткої системи показана на рисунку 3.13.

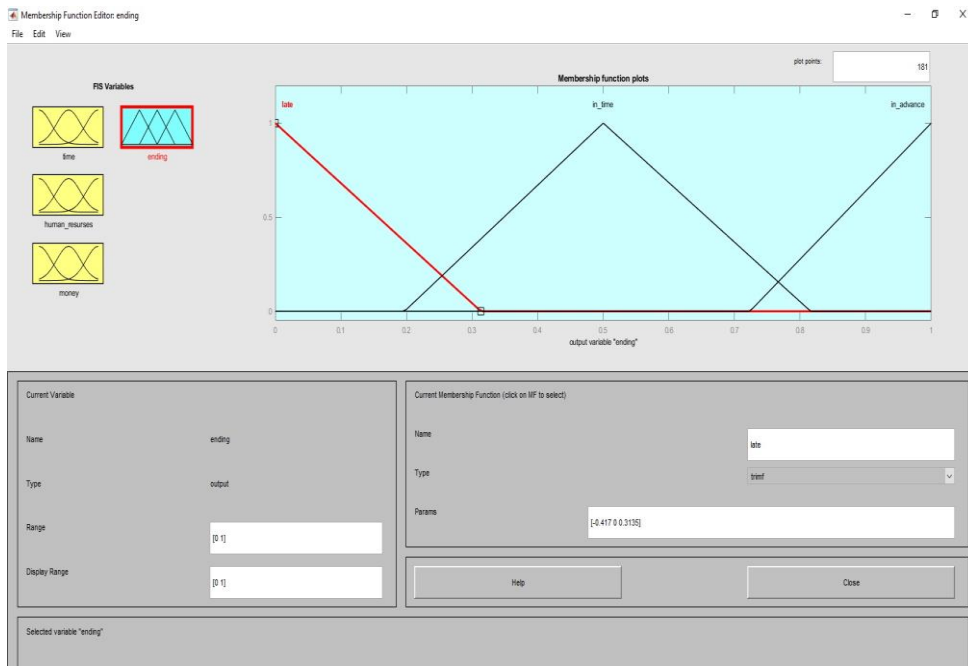


Рисунок 3.13 – Функція належності кінцевої вихідної змінної



Ruleviewer був використаний для вивчення належного функціонування нечіткої системи, запропонованої в середовищі Matlab. Перевага полягає в тому, що можна оцінити продуктивність кожної підсистеми запропонованої системи, а також системи в цілому.

На рисунку 3.14 наведено приклад нечіткої системи із заданими вхідними змінними «Час виконання проекту» 0,143, що відповідає «короткому» нечіткому набору, «Людські ресурси» 0,113 («середній» нечіткий набір) і «гроші» = 0,87 (належить до множини «великих»). Відповідно до запропонованої авторами бази даних правил для таких значень вхідних змінних вихід нечіткої системи має фіксуватися значенням, що належить нечіткому набору «майже вчасно». Рисунок 3.14 підтверджує правильність роботи запропонованої системи.

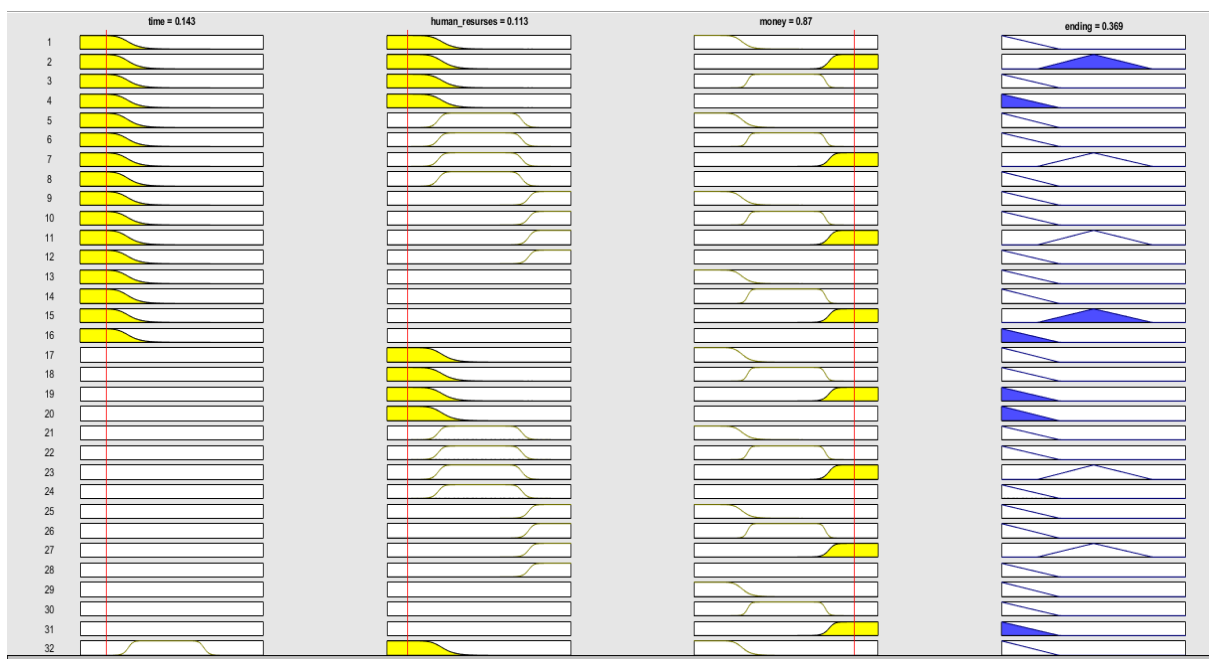


Рисунок 3.14 – Симуляція роботи нечіткої системи при заданих вхідних змінних (фрагмент)

Для перегляду залежності вихідної змінної від вхідних використовується засіб перегляду нечітких вихідних даних Surface Viewer (рисунки 3.15-3.17).

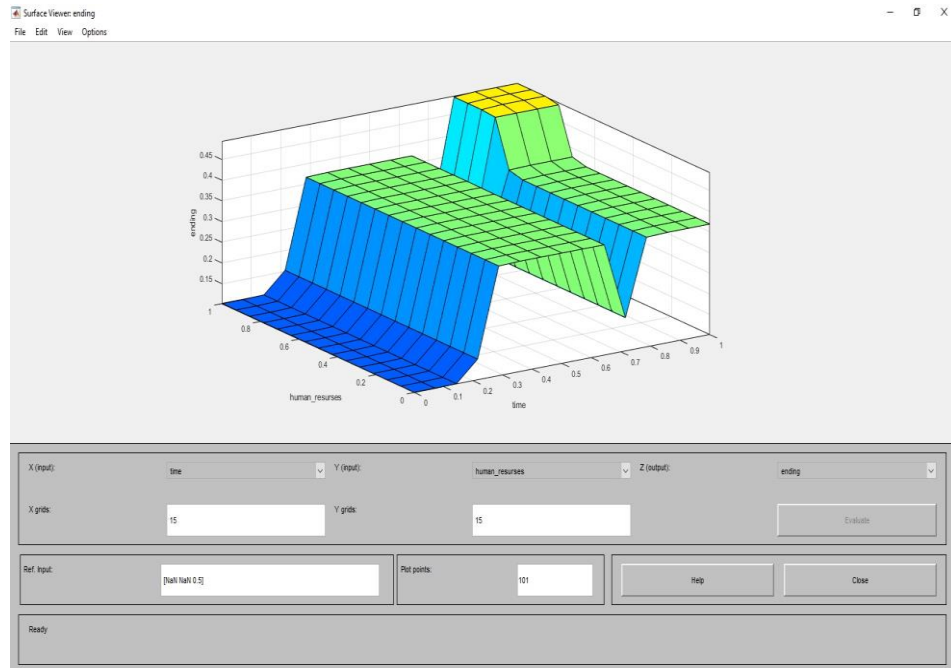


Рисунок 3.15 - Поверхня значень залежності кінця проекту (закінчення) від виходів підсистем «Людські ресурси» та «Час роботи проекту»

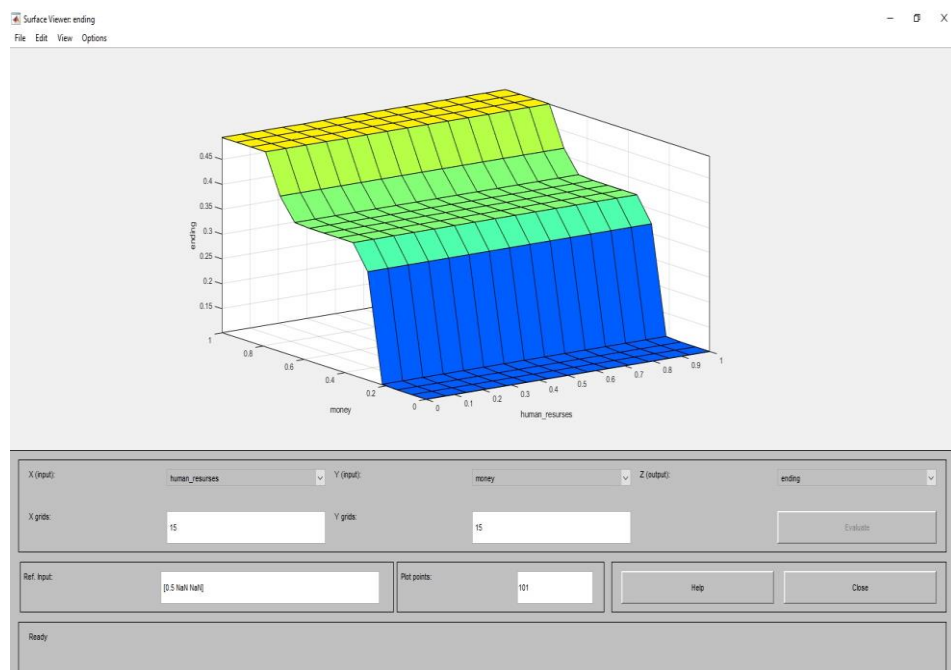


Рисунок 3.16 - Поверхня значень залежності завершення проекту (*ending*) від виходів підсистем «Людські ресурси» (*human resources*) та «Фінансові ресурси» (*money*)

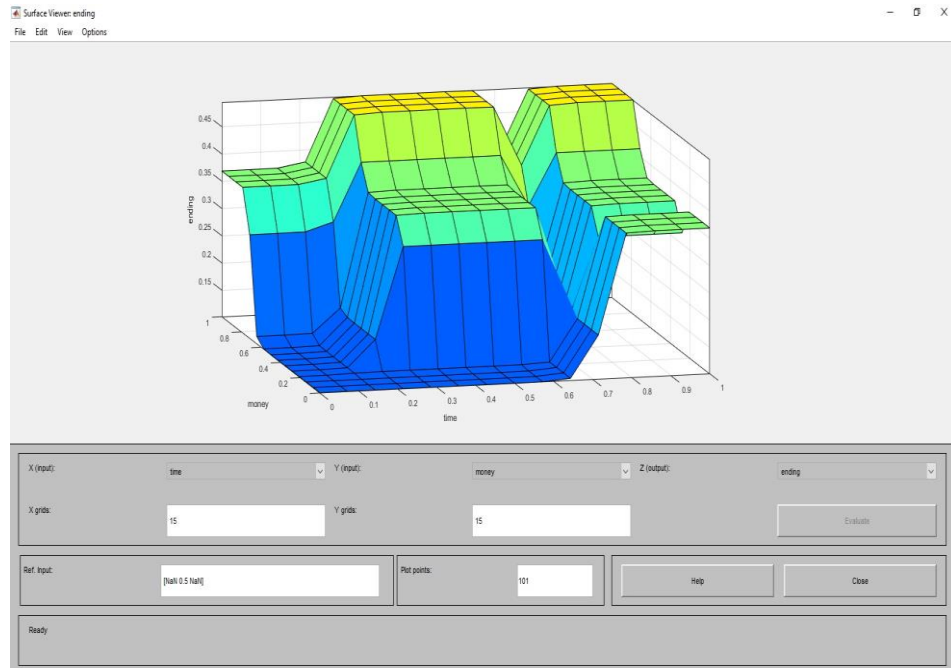


Рисунок 3.17 - Повехня значень залежності завершення проекту (*ending*) від виходів підсистем «Час виконання робіт проекту» (*time*) та «Фінансові ресурси» (*money*)

Таким чином, запропонована нечітка система управління проектами реалізована і може бути використана в реальних умовах.

Ви можете змоделювати ситуацію на будь-якому етапі життєвого циклу проекту, при необхідності оцінити ресурси проекту, у разі раптової зміни будь-якого фактора зовнішнього чи внутрішнього середовища, при аналізі часових параметрів проекту.

Таким чином, запропонований метод управління проектом ґрунтується на нечіткій системі, що складається з підсистем, кожна з яких може використовуватися як окрема система для оцінки впливу певного фактора, а виходами кожної є значення вхідних даних для швидкості розмиття проекту. рейтингова система.

Запропонована методика дозволить керівникам проекту оцінити вплив екологічних факторів проекту на людські та фінансові ресурси, тривалість окремих робіт та проекту в цілому та стане основою для проактивних змін у проектній діяльності.

### Висновки розділу 3

1. Створено підсистеми системи управління проектами на основі нечіткої логіки в середовищі Fuzzy Logic Toolbox.
2. Розроблено базу правил для кожної з підсистем.
3. Реалізація підсистем представлена на прикладі підсистеми «Час виконання робіт проекту».
4. Досліджено підсистему «Час виконання робіт проекту» на належне функціонування.
5. У середовищі MatLab побудовано нечітку систему управління проектами, входами якої є виходи підсистем «Людські ресурси», «Фінансові ресурси», «Час виконання робіт проекту», а вихід - завершення проекту.
6. Розроблена база правил і досліджено роботу системи на основі тестових даних.
7. Запропонований метод дозволить керівникам проекту, не маючи достатньо точної та чіткої інформації, оцінити вплив зовнішніх і внутрішніх факторів проекту на тривалість окремих робіт і проекту в цілому і стане основою проактивного управління проекту.

## ВИСНОВОК

1. Враховано основні характеристики управління проектами та вплив середовища на їх реалізацію.

2. Проаналізовано внутрішнє та зовнішнє середовище проекту, визначено основні фактори впливу середовища на результат реалізації проекту.

3. Проаналізовано сучасні методи дослідження впливу середовища проекту на його реалізацію, зокрема SWOT, SNW, PEST аналіз проектного середовища. Визначено їх основні характеристики, переваги та недоліки. Досліджено фактори, які дають змогу аналізувати кожен метод, а також те, як він підходить для оцінки внутрішнього чи зовнішнього середовища.

4. Проаналізовано особливості сучасних досліджень у сфері управління проектами, які базуються на нечіткій логіці. Виявлено, що недостатньо уваги приділено дослідженню впливу внутрішнього середовища проекту, а також повній оцінці стану реалізації проекту як за окремими показниками, так і в цілому.

5. На основі дослідження впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на реалізацію проекту пропонується оцінити робочий час проекту, фінансові та людські ресурси та вчасність виконання проекту.

6. Процеси прийняття рішень в управлінні проектами, як правило, відбуваються в умовах ризику та невизначеності. В якості основи методу управління проектами в умовах невизначеності факторів впливу доцільно використовувати апарат нечіткої логіки та алгоритм нечіткого висновку Мамдані.

7. Розроблено структуру нечіткої системи управління проектами, що складається з підсистем, які можна розглядати як окремі автономні частини.

8. Для оцінки впливу навколишнього середовища та наявних інвестицій на відповідні параметри проекту розроблено окремі структури підсистеми «Час виконання робіт проекту», «Людські ресурси» та «Фінансові ресурси». На основі

запропонованих структур можливе впровадження та дослідження нечіткої системи управління проектами в цілому та кожної її підсистеми.

9. Розроблено алгоритм для ілюстрації методу управління проектом на основі нечіткої системи оцінки завершення проекту, яка включає три нечіткі підсистеми, що визначають вплив зовнішніх і внутрішніх факторів, а також доступні інвестиції на час виконання робіт проекту, людські та фінансові ресурси.

10. Створено підсистеми нечіткої системи управління проектами в середовищі Fuzzy Logic Toolbox. Розроблена база правил для кожної з підсистем.

11. Реалізація підсистем представлена на прикладі підсистеми «Час виконання робіт проекту». Досліджено цю підсистему на функціонування.

12. У середовищі MatLab побудовано нечітку систему управління проектами, входами якої є виходи підсистем «Людські ресурси», «Фінансові ресурси», «Час виконання робіт проекту», а вихід - завершення проекту.

13. Розроблено базу правил і досліджено роботу системи на основі тестових даних.

14. Запропонований метод дозволить керівникам проекту, не маючи достатньо точної та чіткої інформації, оцінити вплив зовнішніх і внутрішніх факторів проекту на тривалість окремих робіт і проекту в цілому і стане основою проактивного управління проекту.

15. Результати дослідження опубліковані в матеріалах двох міжнародних науково-практичних конференцій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Афонин А.М., Царегородцев Ю.Н., Петрова С.А.. Управление проектами: учебное пособие. М.: Форум, 2010. 184 с.
2. Asadi P., Zeidi J. R., Mojibi T., Yazdani-Chamzini A., Tamošaitienė J. Project risk evaluation by using a new fuzzy model based on eLENA guideline. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2018. Vol.24. P. 284–300.
3. Boloş M. I., Sabău-Popa D. C., Filip P., Manolescu A. Development of a fuzzy logic system to identify the risk of projects financed from structural funds. *International Journal of Computers Communications & Control*. 2015. Vol.10. P. 480-491.
4. Бушуев С.Д. Бушуева Н.С. Основы методологии управления проектами: учебное пособие. Київ, 2006. 177с.
5. Bushuyev S. D., Molokanova V. M. Formalization of the accounting valuable memes method for the portfolio of organization development and information computer tools for its implementation. *Information Technologies and Learning Tools*. 2017. Vol. 62. P. 1–15.
6. Бушуева Н. С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития: монография. Київ.: Наук. світ, 2007. 200 с.
7. Васильків Н.М., Дубчак Л.О., Кушнірчук М.В. Управління ризиком проекту на основі нечіткої логіки. *Сучасні комп'ютерні інформаційні технології (АСІТ'2014)*: матеріали IV Всеукраїнська школа-семінар молодих вчених і студентів (м. Тернопіль, 16-17 травня 2014 р.). Тернопіль, 2014. С. 15.
8. Васильків Н.М., Журавель С.І., Рожко К.А., Павлат В.Є., Білавич Б.Д. Виконання ІТ-проекту в умовах невизначеності впливу факторів середовища. *Теоретичні та практичні аспекти розвитку науки*: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (частина I) (м. Львів, 23-24 листопада 2021 р.). Львів: Львівський науковий форум, 2021. С.44-45.
9. Васильків Н. М., Рожко К. А., Журавель С. І., Павлат В. Є. Управління ІТ-проектом в умовах ризиків. *Сучасний рух науки*: тези доп. XII міжнародної

науково-практичної інтернет-конференції (м. Дніпро, 1-2 квітня 2021 р.). Дніпро, Україна, 2021. Т.1. С. 323-324.

10. Vasylykiv N., Dubchak L., Turchenko I. Fuzzy Model of the IT project Environment Impact on its Completion. *Advanced Computer Information Technologies (ACIT`2020)*: Proceedings of the 10th International Conference (Deggendorf, Germany, 16-18 September, 2020). Deggendorf, 2020. P. 302-305.

11. Vasylykiv N., Dubchak L., Sachenko A., Lendyuk T., Sachenko O. Fuzzy Logic System for IT Project Management. *Information-communication Technologies & Embedded Systems (ICT&ES-2020)*: CEUR Workshop Proceedings 2nd International Workshop (Mykolaiv, Ukraine, November 12, 2020). 2020. P. 138-148.

12. Грекул В. И., Коровкина Н. Л., Куприянов Ю. В.. Методические основы управления ИТ-проектами. Москва: Интернет-университет информационных технологий, 2011. 392 с.

13. Джалота П. Управление проектами в области информационных технологий. Москва: Лори, 2013. 240 с.

14. Довгань Л.Є., Мохонько Г.А., Малик І.П. Управління проектами: Навч. посібн. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 420 с.

15. Doskočil, P. Dostal, Project success evaluation model based on FIS. *Perspectives of Business and Entrepreneurship Development in Digital Age*: Proceedings of the International Conference (Brno, Czech Republic, September 20-22, 2017). Brno. 2017. P. 147-153.

16. R. Doskočil, S. Škapa, P. Olšova, Success evaluation model for project management. *Economics and Management*, 2016. Vol.19. P. 167–185.

17. L. Dubchak, N. Vasylykiv, V. Kochan, A. Lyapandra, Fuzzy data processing method. *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2013)*: Proceedings of the 7th IEEE International Conference. (Berlin, Germany, 12-14 September 2013). Berlin. 2013. P. 373-375.

18. Jamal Hosseini Ezzabadi, Mohammad Dehghani Saryazdi, Ali Mostafaeipour. Implementing Fuzzy Logic and AHP into the EFQM model for performance



improvement: A case study. *Applied Soft Computing*. November 2015. Vol. 36. P. 165-176.

19. Ємельянова Г. І. Проактивне управління та методи підвищення ефективності роботи команди. *Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління*. 2015. Т. 14. Вип. 3(31). С.229-241.

20. Єфремова Г.В. Моделі та методи моніторингу і управління ризиками при виконанні проекту: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / Нац. аерокосмічний ун-т ім. М.Є. Жуковського “Харківський авіаційний інститут”. Харків, 2007. 20 с.

21.Zadeh L. A. Knowledge representation in fuzzy logic. *IEEE Transactions Knowledge an Data Eng.* Vol. 1. P. 89–100.

22. Заїнчковський А. О., Заїнчковська І.А. Управління проектами з впровадження інформаційних систем. *Наукові праці НУХТ*. Київ: НУХТ, 2012. № 42. С. 151-156.

23. Захарова А.А. Автоматизация SWOT-анализа организации с использованием нечетких моделей. *Автоматизация и современные технологии*. 2008. № 3. С.29-34.

24.Zeng Jiahao, An Min, Smith Nigel John. Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management*. August 2007. Vol. 25. Issue 6. P. 589-600.

25.Khalek A. El, Aziz R. F., Kamel H. M. Risk and uncertainty assessment model in construction projects using fuzzy logic. *American Journal of Civil Engineering*. 2016. Vol. 4. P. 24–39.

26.Khanfar Ahmad A., Mavi Reza Kiani, Ferry Jie. Prioritizing critical failure factors of IT projects with fuzzy analytic hierarchy process. *AIP: Conference Proceedings*. 2018.

27. Ларсон Э.У., Грей К.Ф. Управление проектами: Учебник; пер. с англ. В.В. Дедюхин. Москва: ДиС, 2013. 784 с.

28.MacDonell S.G., Gray A.R. Applying fuzzy logic modeling to software project management. *Software Engineering with Computational Intelligence: The Springer*

International Series in Engineering and Computer Science. Springer, Boston, MA, 2003. Vol 731. P. 17-43.

29. Моружко А.В. Внутрішнє середовище ІТ-проекту. *Розвиток науки в ХХІ столітті*: збірник статей XLVIII міжнар. наук.-практ. конф. Харків: Науково-інформаційний центр «Знання», 2019. С. 46-49.

30. Ноздріна Л.В., Ящук В.І., Полотай О.І. Управління проектами: підручник / ред. Л.В. Ноздріна. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 432 с.

31. Ньютон Р. Управление проектами от А до Я: пер. с англ. А. Кириченко. Москва: Альпина Пабли., 2013. 180 с.

32. Птускин А.С. Нечеткие модели и методы в менеджменте. Москва.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2008. 216 с.

33. Ройс У. Управление проектами по созданию программного обеспечения. Москва: Лори, 2014. 424 с.

34. Руководство к своду знаний по управлению проектом (Project Management Body of Knowledge (PMBOK)): шестое издание. SA: PMI, USA, 2017. 726 с.

35. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Москва: Телеком, 2006. 382 с.

36. Corona-Suárez G. A., AbouRizk S. M., Karapetrovic S. Simulation-based fuzzy logic approach to assessing the effect of project quality management on construction performance. *Journal of Quality and Reliability Engineering*. 2014. ID 203427. 18 p.

37. Сооляттэ А.Ю. Управление проектами в компании: методология, технологии, практика: Учебник. Москва: МФПУ Синергия, 2012. 816 с.

38. Турченко І. В., Васильків Н.М. Нечітка система оцінювання впливу зовнішнього середовища проекту. *Управління проектами у розвитку суспільства* : тези доповідей XIV міжнар. конф. (м. Київ, 19-20 травня 2017). Київ. 2017. С.193-194.

39. Управление инновационными проектами: Учеб.пособие / под ред. В.Л. Попова. Москва: ИНФРА-М, 2009. 336 с.

40. Fuzzy Logic Toolbox. URL: <https://docs.exponenta.ru/fuzzy/index.html>
41. Habibi F., Birgani O., Koppelaar H., Radenović S. Using fuzzy logic to improve the project time and cost estimation based on Project Evaluation and Review Technique (PERT). *Journal of Project Management*. 2018. Vol. 3. P. 183-196.
42. Hatefi S. M., Tamošaitienė J.. An integrated fuzzy DEMATEL-fuzzy ANP model for evaluating construction projects by considering interrelationships among risk factors. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2019. Vol. 25(2). P. 114-131.
43. Хімченко А.М Зовнішнє та внутрішнє середовище існування корпорацій. *Науковий вісник НЛТУ*. 2013. С. 258-264.
44. Штовба С.Д. Обеспечение точности и прозрачности нечеткой модели Мамдани при обучении по экспериментальным данным. *Проблемы управления и информатики*. 2007. №4. С. 102–114.
45. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. Москва: Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.
46. Yager R. R., Zadeh L. A. An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligent Systems. Springer Science & Business Media, 2012. 356 p.
47. Васильків Н. М., Гладій Г. М., Саченко А. О., Яцків Н. Г. Методичні рекомендації до виконання дипломної роботи з освітньо-професійної програми «Управління проектами» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. Тернопіль: ТНЕУ, 2018. 32 с.