

Сергій Смолянінов

Фінансовий аналітик ТОВ «ЕКСПЕРТ-БЮРО «ДАТУМ»

**Оцінка ризику будівельного проекту офісного центру на основі
нечіткої логіки.**

Київ 2010

Вступ

Досі при розробці інвестиційних проектів занадто мало уваги приділяється аспектам корегування кінцевих результатів з урахуванням впливу різних ризиків. Не дивлячись на те що в банківській сфері тема ризиків розроблена досить детально й розвивається на серйозному рівні, у промисловості, будівництві й інших виробничих сферах ризики як і раніше більше є темою для теоретичних суперечок, ніж практичним інструментарієм. У першу чергу, така ситуація пояснюється розривом між самим розумінням природи ризику, як складного багатогранного взаємозалежного процесу (з урахуванням не тільки кількісних аспектів але й якісних) і його прив'язки до бізнес практики, у першу чергу, до конкретних планів інвесторів. Тобто інвесторові важливіше визначити *індивідуальний комплекс* ризиків, потенційно небезпечних для конкретного інвестора й конкретного проекту й оцінити їх, саме з позиції пріоритетності кількісної оцінки ризиків інвестиційного проекту (далі - ІП). У той же час спектр ризиків, пов'язаних зі здійсненням ІП надзвичайно широкий і значення будь-якого фактора ІП у майбутньому є величина невизначена, тобто є потенційним джерелом ризику.

У роботі приділена увага подвійній природі ризиків. По-перше, ризики породжуються нашим незнанням про майбутнє бізнес-систем і їх зовнішнє оточення. Відповідно, навіть самі рішення, особливо первинні, в умовах обмеженого знання можуть виявитися помилковими в перспективі. По-друге, ризики виникають із обмеженості наших поглядів на сьогодення; якщо ми й намагаємося врахувати всі необхідні для аналізу фактори, то повною мірою нам це практично ніколи не вдається; при цьому сама система в ряді випадків не дасть нам підстав для того, щоб зробити аналіз із граничною вірогідністю й повнотою. Помилка в розпізнаванні стану системи чревата помилковими рішеннями – і відповідними збитками.

В умовах недостатності й невизначеності знань і статистичних даних для тривалих часових періодів, що супроводжують бізнес-рішення, велика спокуса, досліджуючи ризики, залишитися в межах суб'єктивних оцінок. Або, більше того, довести справу до кількісних оцінок, до числа. Як тільки ризик одержує кількісний вимір, виникають передумови для наукового керування ризиком, для ризику-менеджменту. А, щоб грамотно оцінювати ризик бізнесу, необхідно навчитися науково моделювати інформаційну невизначеність, проводячи формально описану границю між тим, що ми: а) знаємо цілком точно; б) знаємо з певним рівнем вірогідності; в) не знаємо.

1) Проектні ризики

Визначимося, що базовими елементами ризику можна назвати

- невизначеність – об'єктивна умова існування ризику;
- необхідність ухвалення рішення – суб'єктивна причина існування ризику;
- майбутнє – джерело ризику;
- величина втрат – основна загроза від ризику;
- можливість втрат – ступінь загрози від ризику;
- взаємозв'язок «ризик-прибутковість» - стимулюючий фактор прийняття рішень в умовах невизначеності;
- толерантність до ризику – суб'єктивна складова ризику.

Ухвалюючи рішення про ефективність ІП в умовах невизначеності, інвестор вирішує як мінімум двокритеріальну задачу, інакше кажучи, йому необхідно знайти оптимальну комбінацію «ризик-прибутковість» ІП. Очевидно, що знайти ідеальний варіант «максимальна прибутковість - мінімальний ризик» вдається лише в дуже рідких випадках.

Говорячи про ризик ІП, прийнято відзначати, що йому властиві ризики надзвичайно широкого кола сфер людської діяльності: економічні ризики; політичні ризики; технічні ризики; юридичні ризики; природні ризики; соціальні ризики; виробничі ризики і т.д.

Також неможна забувати й важливість такого вищезгаданого критерію як індивідуальність комплексу ризиків, його галузеву залежність.

Навіть якщо розглядати тільки ризики, пов'язані з реалізацією економічного аспекту проекту, перелік тих, що впливають на галузеву складову, буде

досить великим: сегмент фінансових ризиків, ризики, пов'язані з коливаннями ринкової кон'юнктури, ризики коливання ділових циклів.

Найбільш обговорювані в літературі фінансові ризики – це ризики, обумовлені ймовірністю втрат внаслідок здійснення фінансової діяльності в умовах невизначеності. Їх можна виразити як:

- а) можливість не досягти поставленої мети;
- б) невизначеність прогнозованого результату;
- в) суб'єктивність оцінки прогнозованого результату.

До фінансових ризиків відносять:

- Ризики коливань купівельної спроможності грошей (інфляційний, дефляційний, валютний).
- Інфляційний ризик ІП обумовлений, насамперед, непередбачуваністю інфляції, оскільки помилковий темп інфляції, закладений у ставку дисконтування може суттєво спотворити значення показника ефективності ІП, не кажучи вже про те, що умови функціонування суб'єктів народного господарства суттєво різняться при темпі інфляції 1 % на місяць (12.68 % у рік) і 5 % на місяць (79.58 % у рік).

Говорячи про інфляційний ризик, слід зазначити, що трактування, що часто зустрічаються в літературі, ризику як того, що доходи будуть знецінюватися швидше, ніж індексуватися, м'яко кажучи, некоректне, а стосовно ІП неприйнятне, оскільки основна небезпека інфляції полягає не стільки в її величині, скільки в її непередбачуваності.

За умови передбачуваності й визначеності навіть найбільшу інфляцію можна легко врахувати в ІП або в ставці дисконтування, або

індексуючи величину грошових потоків, звівши тим самим елемент невизначеності, а значить і ризик, до нуля.

- Валютний ризик – ризик втрат фінансових ресурсів внаслідок непередбачених коливань валютних курсів. Валютний ризик може зіграти злий жарт із розроблювачами тих проектів, які, прагнучи піти від ризику непередбачуваності інфляції розраховують грошові потоки в «твердій» валюті, як правило, в американських доларах, тому що навіть самій твердій валюті властива внутрішня інфляція, а динаміка її купівельної спроможності в окремо взятій країні може бути досить нестабільною.

Не можна так само не відзначити взаємозв'язки різних ризиків. Так, наприклад, валютний ризик може трансформуватися в інфляційний або дефляційний ризик. У свою чергу всі ці три типи ризику взаємозалежні із ціновим ризиком, який відноситься до ризиків коливань ринкової кон'юнктури.

Будь-який ризик взагалі, і ризик ІІ зокрема, досить багатогранний у своїх проявах і найчастіше являє собою складну конструкцію з елементів інших ризиків. Наприклад, ризик коливання ринкової кон'юнктури являє собою цілий набір ризиків: цінові ризики (як на витрати, так і на продукцію); ризики зміни структури й обсягу попиту.

Колівання ринкової кон'юнктури так само можуть бути викликані коливаннями ділових циклів і т.д.

Крім того, прояв ризику індивідуальний для кожного учасника ситуації, пов'язаної з невизначеністю.

Можлива й інша інтерпретація ризику - як ступені варіабельності доходу, який може бути отриманий завдяки володінню даним видом активів.

Існує безліч підходів до кількісної оцінки ризику, які звичайно являють собою різні модифікації аналізу чутливості кон'юнктури (sensitivity analysis) або аналізу імовірнісного розподілу прибутковості (probability distributions).

Наприклад, у рамках рекомендацій Всесвітнього Банку по аналізу інвестицій вказуються три основні методики:

- аналіз чутливості, при яким досліджується вплив певних (5%, 10% і ін.) варіацій найбільш важливих для проекту вхідних параметрів (розміру інвестицій, динаміки доходів і витрат, норми дисконтування та ін.) на стійкість оцінок ефективності проекту;
- метод статистичних випробувань, при якому значення недетермінованих ключових вхідних параметрів вибираються випадково відповідно до відомої процедури типу Монте-Карло (за допомогою генератора випадкових чисел);
- метод сценаріїв, коли досвідчені експерти проробляють кілька типових варіантів розвитку подій по проекту відповідних значень динаміки випуску продукції, доходів і витрат і ін. Існують і чіткі нормативні обмеження ризику із чітким формулюванням методу його розрахунків.

Про багатогранність ризику і його складних взаємозв'язках говорить той факт, що навіть рішення мінімізації ризику містить ризик.

Аналіз ризиків починається з якісного аналізу, метою якого є ідентифікація ризиків. Дана мета розпадається на наступні завдання:

- виявлення всього спектра ризиків, властивих інвестиційному проекту;
- опис ризиків;
- класифікація й групування ризиків;

- аналіз вихідних припущень.

Другий і найбільш складною фазою ризик-аналізу є кількісний аналіз ризиків, метою якого є вимір ризику, що обумовлює розв'язок наступних завдань:

- формалізація невизначеності;
- розрахунки ризиків;
- оцінка ризиків;
- облік ризиків;
- використання практичних даних (метод аналогів)

На третьому етапі ризик-аналіз трансформується з теоретичних суджень у практичну діяльність по керуванню ризиком і виражається у формуванні блоку ризик - моделей для корегування показників ІП на кожному з його етапів: проектування, реалізація, експлуатація. На цьому ж етапі визначається загальний механізм контролю над відхиленням запланованих (розрахункових) даних.

Четвертий етап – реалізація системи постійного контролю кількісних і якісних показників ІП, що по суті, є початком реінжинірингу ІП, завершує процес ризик-менеджменту й забезпечує йому циклічність.

Дана робота виходить із судження, що не існує універсального методу, що дозволяє провести повний аналіз і дати оцінку ризику інвестиційного проекту. Кожний з використовуваних у цей час методів має свої переваги й недоліки.

Якісні методи дозволяють розглянути всі можливі ризикові ситуації й описати все різноманіття ризиків розглянутого інвестиційного проекту, але

одержувані при цьому результати оцінки часто мають не дуже високу об'єктивність і точність.

Використання кількісних методів дає можливість одержати кількісну оцінку ризикованості проекту, визначити ступінь впливу факторів ризику на його ефективність. До недоліків цих методів можна віднести необхідність наявності великого обсягу вихідної інформації за тривалий період часу (статистичний метод); складності при визначенні законів розподілу досліджуваних параметрів (факторів) і результуючих показників (статистичний метод, метод Монте-Карло); ізольований розгляд зміни одного фактора без врахування впливу інших (аналіз чутливості, метод перевірки стійкості) і т.д.

Широко рекламовані західні системи ризик-менеджменту також не вписуються в контекст розвитку країн пострадянського простору. У першу чергу, це пов'язане з відсутністю достовірної статистичної бази й іншого рівня економічного розвитку.

Методи Імовірнісного й мінімаксного підходів при проведенні сценарного аналізу, також мають свої недоліки. При імовірнісному підході у випадку відсутності інформації про об'єктивні ймовірності реалізації того або іншого сценарію доводиться застосовувати суб'єктивні оцінки, засновані на досвіді або судженні, що приводить до проблеми вірогідності цих оцінок і отриманих результатів. До того ж при цьому підході розглядається тільки дискретна множина сценаріїв реалізації інвестиційного проекту й оцінок їх ефективності, а мінімаксний підхід і зовсім дозволяє ухвалювати рішення на підставі тільки найкращого й найгіршого інтегральних ефектів.

Перераховані проблеми теорії керування ризиками ведуть до проблем на практиці, серед яких:

- Неузгодженість стандартів. Наприклад, стандарти FERMA або проекти ISO 31000 або COSO (на відміну від Базель-II) не оперують традиційними показниками ризику (волатильність, Var) і однобоко трактують ризик як втрати;
- ризики розглядаються ізольовано, немає цілісної картини погрозу і можливостей бізнесу. Не прослідковується кореляція різних ризиків і не оцінюється внесок ризик-менеджменту у вартість бізнесу;
- Var: дорожняча «оцінок зверху». Резервування капіталу під ризик з таким надмірним запасом, як 95 або 99%, приводить до величезного втраченого прибутку, і будь-яка модельна помилка також дорого коштує;
- стихійність KRI. Немає строгого алгоритму вибору або побудови KRI у кожному конкретному бізнес-процесі, індивідуальність рішень у кожній галузі й навіть на конкретних підприємствах;
- спрощений підхід до виявлення ризик-апетиту й узгодженню інтересів зводиться до примітивних інвестиційних декларацій, процедур безпосереднього затвердження лімітів і пріорітезації ризиків, при яких спотворюється або не враховується відношення власників до ризику і ін.;
- створення систем керування ризиками підмінюється виконанням вимог регуляторів (так звані SOX-Проекти по впровадженню стандартів COSO, проекти по впровадженню Базель I і Базель II і т.п.);
- часті проблеми в розподілі функцій між підрозділами ризик-менеджменту, внутрішнього контролю, внутрішнього аудита й ін.

З погляду автора часткове подолання цих недоліків можливе при використанні нечіткої логіки, що дозволяє сформувати повний спектр сценаріїв реалізації інвестиційного проекту. При цьому рішення ухвалюється не на основі декількох оцінок ефективності проекту, але по всій сукупності

цих оцінок. Очікувана ефективність проекту не є точковим показником, а являє собою поле інтервальних значень зі своїм розподілом очікувань, що характеризуються функцією приналежності відповідного нечіткого числа. А зважена повна сукупність очікувань дозволяє оцінити інтегральну міру очікування негативних результатів інвестиційного процесу.

Крім того, дуже важливо, що даний підхід дозволяє повною мірою врахувати індивідуальність комплексного підходу й розробити сценарій враховуючи особливості не тільки галузі, але ступінь впливу усіх учасників

III.

2) Поняття нечітких множин та нечіткої логіки

Під нечіткою множиною розуміється сукупність

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\},$$

де X — універсальна множина, а $\mu_A(x)$ — функція належності що характеризує ступінь приналежності елементу x нечіткій множини A .

Функція $\mu_A(x)$ набуває значень в деякій впорядкованій множини M . Множина M називають множиною належності, часто в якості M вибирається інтервал $[0, 1]$. Якщо $M = \{0, 1\}$, то нечітка множина може розглядатися як звичайна, чітка множина.

Хай A множина з елементами з універсальної множини. Тоді

- Носієм (супортом) нечіткої множини $\text{supp} A$ називається множина $\{x | x \in X, \mu_A(x) > 0\}$.
- Величина

$$\sup_{x \in X} \mu_A(x) = \max_{x \in X} \mu_A(x),$$

називається висотою нечіткої множини A . Нечітка множина A нормальна, якщо її висота рівна 1. Якщо висота строго менше 1, нечітка множина називається субнормальною.

- Нечітка множина порожня, якщо $\forall x \in X \mu_A(x) = 0$

Субнормальну нечітку множину можна нормалізувати по формулі:

$$\mu'_A(x) = \frac{\mu_A(x)}{\sup \mu_A(x)}$$

Нечітка множина унімодальна, якщо $\mu_A(x) = 1$ тільки на одному x з X

- Елементи $x \in X$, для яких $\mu_A(x) = 0,5$ називаються точками переходу нечіткої множини A .
- Перетином нечіткої множини A і B називається найбільша нечітка підмножина, що міститься одночасно в A і B :

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

- Добутком нечіткої множини A і B називається нечітка підмножина з функцією приналежності:

$$\mu_{AB}(x) = \mu_A(x) \mu_B(x).$$

- Об'єднанням нечіткої множини A і B називається найменша нечітка підмножина, що містить одночасно A і B :

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

- Сумою нечітких множин A і B називається нечітка підмножина з функцією приналежності:

$$\mu_{AB}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \mu_B(x).$$

- Запереченням множини A при $M = [0, 1]$ називається множина $\bar{A}$ з функцією приналежності:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x),$$

При описі об'єктів і явищ за допомогою нечіткої множини використовується поняття нечіткої і лінгвістичної змінних.

Нечітка змінна характеризується трійкою $\langle a, X, A \rangle$, де

- a - ім'я змінної
- X - універсальна множина (область визначення a)

- A - нечітка множина на X , що описує обмеження (тобто $\mu_A(x)$) на значення нечіткої змінної a .

Основою для проведення операції нечіткого логічного виводу є база правил, що містить нечіткі висловлення у формі " Якщо-Тоді" і функції приналежності для відповідних лінгвістичних термів. При цьому повинні дотримуватися наступні умови:

- Існує хоча б одне правило для кожного лінгвістичного терма вихідний змінної.
- Для будь-якого терма вхідної змінної є хоча б одне правило, у якому цей терм використовується як передумова (ліва частина правила).

А якщо ні, то має місце неповна база нечітких правил.

Нехай у базі правил є m правил виду:

R_1 : ЯКЩО x_1 це A_{11} ... И ... x_n це A_{1n} , ТОДІ y це B_1

...

R_i : ЯКЩО x_1 це A_{i1} ... И ... x_n це A_{in} , ТОДІ y це B_i

...

R_m : ЯКЩО x_1 це A_{m1} ... И ... x_n це A_{mn} , ТОДІ y це B_m ,

де $x_k, k=1..n$ – вхідні змінні; y – вихідна змінна; A_{ik} – задані нечіткі безлічі з функціями приналежності.

Результатом нечіткого виводу є чітке значення змінної y^* на основі заданих чітких значень $x_k, k=1..n$.

Коротко перерахуємо переваги нечітких систем в порівнянні з іншими:

- можливість оперувати нечіткими вхідними даними: наприклад, значення (динамічні завдання), що безперервно змінюються в часі,

значення, які неможливо задати однозначно (результати статистичних дослідів, рекламні компанії і так далі);

- можливість нечіткої формалізації критеріїв оцінки і порівняння: операція критеріями "більшість", "можливо", переважно" і т.д.;
- можливість проведення якісних оцінок як вхідних даних, так і вихідних результатів: ви оперуєте не лише значеннями даних, але і їх мірою достовірності і її розподілом;
- можливість проведення швидкого моделювання складних динамічних систем і їх порівняльний аналіз із заданим ступенем точності: оперуючи принципами поведінки системи, описаними fuzzy-методами по-перше, не витрачається багато часу на з'ясування точних значень змінних і складання рівнянь, що описуються, по-друге, можливо оцінити різні варіанти вихідних значень.

3) Розробка моделі оцінки ризику будівельного проекту офісного центру на основі нечіткої логіки.

При побудові моделі будемо виходити з того, що можливі ризики визначаються умовами, в яких проект буде реалізовуватися. Оскільки не можливо об'єктивно оцінити окремо вплив кожного з факторів ризику, або хоча б скласти вичерпний їх перелік, доцільно виділити групи ризиків.

Ми пропонуємо розбити ризики за ознакою етапів проекту: проектування, реалізація та експлуатація. По-перше, це необхідно з огляду на принципово різний характер процесів, що реалізуються на кожному з етапів, а, відповідно, й різний характер впливу факторів та різні цілі, які ставить перед собою інвестор. Так, наприклад, в фінансовому розрізі основною метою на етапах проектування та реалізації є неперевищення витрат на проект, а на

етапі експлуатації - забезпечення окупності проекту за рахунок вхідних грошових потоків.

По-друге, такий підхід обумовлений тим, що деякі учасники проекту можуть бути зацікавлені не у всіх етапах проекту. Наприклад, проект може реалізовуватися для подальшого продажу, а , значить, ризики етапу експлуатації будуть мати другорядне значення.

Також пропонується розглядати ризики з урахуванням характеру впливу факторів ризику: фінансовий, адміністративний та технічний. Це не тільки спростить оцінку впливу факторів на ризики, але й полегшить подальшу ідентифікацію ризиків та визначення заходів щодо зменшення ризику.

Отже, з урахуванням вищесказаного визначимо наступні групи ризиків: фінансові ризики на етапі проектування, адміністративні ризики на етапі проектування, технічні ризики на етапі проектування; аналогічно для етапів реалізації та експлуатації.

Для оцінки ризиків будемо використовувати інформацію, яка відома вже на стадії оцінки доцільності проекту:

- 1) Наявність сформованої команди(x_1 , терми: відсутня(N), часткова(ND), наявна(Y))
- 2) Відсоток запозичених коштів(терми: низький(L), середній(M), високий(H)) на етапі:
 - 2.1 проектування (x_2)
 - 2.2 Реалізації(x_3)
 - 2.3 Експлуатації(x_4)
- 3) Оцінка стабільності фінансової системи за 10 бальною шкалою(x_5 , терми: низька(L), середня(M), висока(H))
- 4) відстань до транспортних магістралей(x_6 , терми: близько(C), середньо(M), віддалено(F))

- 5) Відстань Пром. Зони(x7, терми: 1-а зона(1), 2га зона(2), 3тя(3), 4та(4))
- 6) Знаходження в межах міста (x8, так(Y)/ні(N))
- 7) Відстань до центра, км, якщо в межах міста(x9, терми: 1 зона(1), 2га(2), 3тя(3), 4та(4))
- 8) Відстань від КП км, якщо за межами міста(x10, терми: близько(C), середньо(M), віддалено(F))
- 9) Постачання електроенергії(x11, терми: відсутнє(N), недостатнє(ND), наявне(Y))
- 10) Постачання газу/тепла(x12, терми: відсутнє(N), недостатнє(ND), наявне(Y))
- 11) Постачання води(x13, терми: відсутнє(N), недостатнє(ND), наявне(Y))
- 12) Каналізація(x14, терми: відсутня(N), недостатня(ND), наявна(Y))
- 13) Медичні заклади(x15, відсутні(N)/наявні(Y))
- 14) Пункти харчування(x16, відсутні(N)/наявні(Y))
- 15) Розваги(x17, відсутні(N)/наявні(Y))
- 16) Навчальні заклади(x18, відсутні(N)/наявні(Y))
- 17) Дит. сади (x19, відсутні(N)/наявні(Y))
- 18) Магазины(x20, відсутні(N)/наявні(Y))
- 19) Метро,хв. Пішки до найближчої станції(x21, терми: близько(C), середньо(M), віддалено(F))
- 20) Оцінка стабільності політичної системи, за 10бальною шкалою (x22, терми: низька(L), середня(M), висока(H))
- 21) Рівень конкуренції, оцінка за 10 бальною шкалою(x23, терми: низька(L), середня(M), висока(H))

Показники x11-x20 згрупуємо окремо:

- 1) Мережі постачання(MP, узагальнення показників x11-x14)
- 2) Соціальна інфраструктура(SI, узагальнення показників x15-x20)

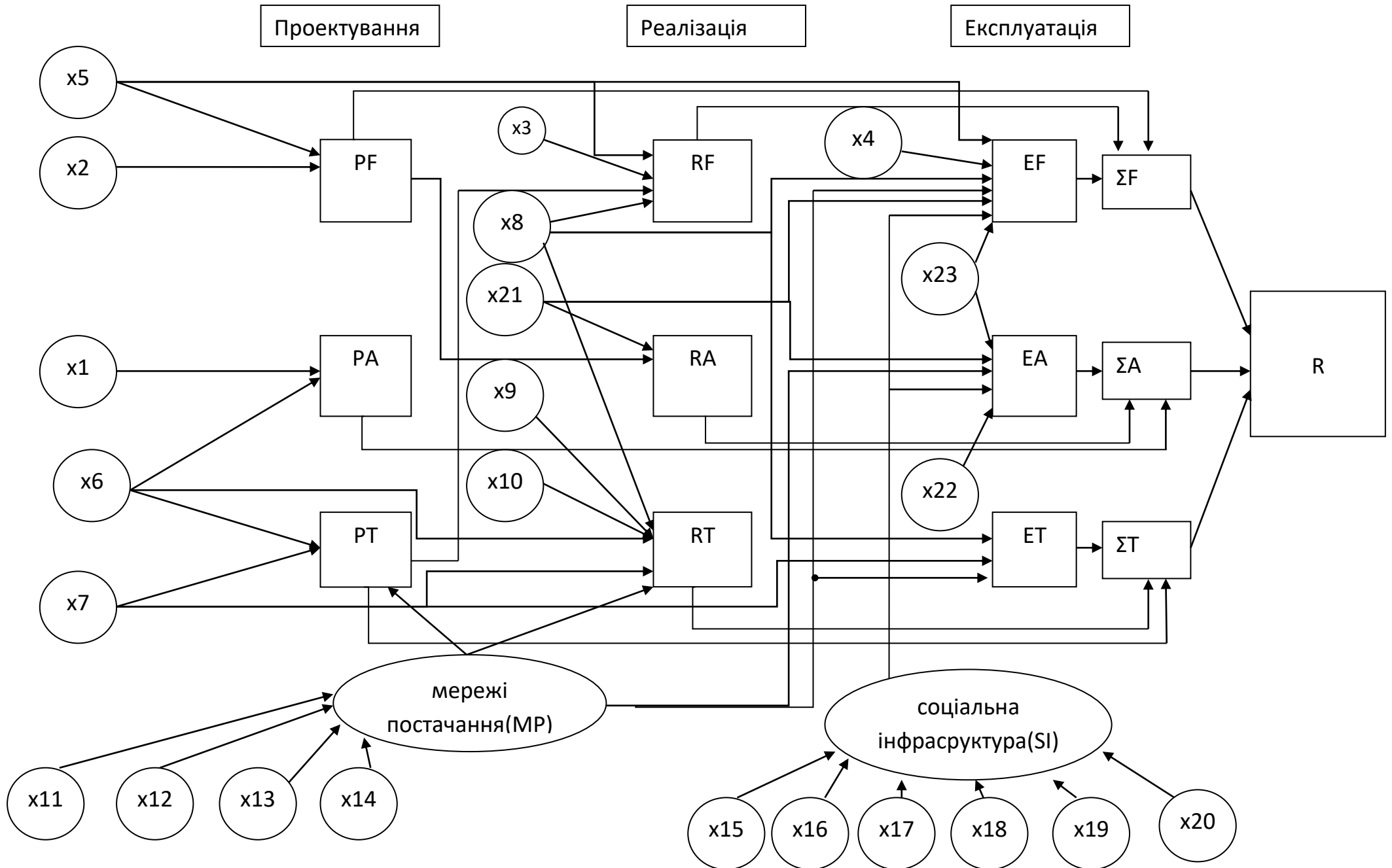
Вихідні дані:

- 1) Фінансовий ризик на етапі проектування(PF, терми: низький(L), середній(M), високий(H));
Залежність від: Відсоток запозичених коштів на етапі проектування(x2); стабільність фінансової системи(x5);
- 2) Адміністративний ризик на етапі проектування (PA, терми: низький(L), середній(M), високий(H));
Залежність від: Наявність сформованої команди(x1); відстань до транспортних магістралей(x6)
- 3) Технічний ризик на етапі проектування (PT, терми: низький(L), середній(M), високий(H));
Залежність від: відстань до транспортних магістралей(x6); відстань до пром. Зони(x7); рівень сформованості мереж постачання(MP);
- 4) Фінансовий ризик на етапі реалізації(RF, терми: низький(L), середній(M), високий(H));
Залежність від: відсоток запозичених коштів на етапі реалізації(x3); стабільність фінансової системи (x5); знаходження в межах або за межами міста (x8); технічний ризик на етапі проектування (PT);
- 5) Адміністративний ризик на етапі реалізації(RA, терми: низький(L), середній(M), високий(H));
Залежність від: відстань до метро(x21); фінансовий ризик на етапі проектування(PF);
- 6) Технічний ризик на етапі реалізації(RT, терми: низький(L), середній(M), високий(H));
Залежність від: відстань до транспортних магістралей (x6); відстань до пром. Зони (x7); знаходження в межах або за межами міста (x8); відстань до центра, якщо в межах міста (x9); відстань від КП, якщо за межами міста (x10); рівень сформованості мереж постачання (MP);

- 7) Фінансовий ризик на етапі експлуатації(EF, терми: низький(L), середній(M), високий(H));
Залежність від: Відсоток запозичених коштів на етапі експлуатації (x4); знаходження в межах або за межами міста (x8); відстань до метро (x21); рівень конкуренції (x23); рівень сформованості мереж постачання (MP); рівень сформованості соціальної інфраструктури(SI);
- 8) Адміністративний ризик на етапі експлуатації(EA, терми: низький(L), середній(M), високий(H));
Залежність від: відстань до метро (x21); стабільність політичної системи(x22); рівень конкуренції (x23); рівень сформованості мереж постачання (MP); рівень сформованості соціальної інфраструктури (SI);
- 9) Технічний ризик на етапі експлуатації(ET, терми: низький(L), середній(M), високий(H))
Залежність від: відстань до пром. Зони (x7); знаходження в межах або за межами міста (x8); рівень сформованості мереж постачання (MP);
- 10) Узагальнений показник ризику(R, терми: низький(L), середній(M), високий(H))

Реалізація функцій належності в MathLab наведена в додатку1

Схема зв'язку показників:



Розробка бази правил:

Для етапу проектування:

Фінансовий ризик на етапі проектування:

x2	x5	PF
L	H	L
M	H	L
L	M	L
M	M	M
H	H	M
H	L	H
H	M	H
M	L	H

Адміністративний ризик на етапі проектування:

x1	x6	PA
Y	C	L
Y	M	L
ND	C	L
ND	F	M
Y	F	H
ND	M	H
Y	M	H

Технічний ризик на етапі проектування:

x6	x7	MP	PT
C	2	ND	L
C	3	Y	L
M	2	Y	L
M	3	ND	M
M	3	Y	M
C	2	N	M
F	4	N	H
F	4	ND	H
F	3	N	H

Аналогічно будуються правила для етапів реалізації та експлуатації
(реалізація правил в MathLab в додатку 2)

Для визначення узагальнюючого показника ризику побудуємо зведені
значення фінансового ризику(F), адміністративного ризику(A) та технічного
ризiku (T) по проекту:

$$F = PF + RF + EF$$

$$A = PA + RA + EA$$

$$T = PT + RT + ET, \text{ тоді:}$$

F	A	T	R
L	L	L	L
L	M	L	L
M	L	L	M
L	L	M	L
M	M	M	M
M	H	M	M
H	M	M	H
M	M	H	H
H	H	H	H

Висновок:

Запропонована модель визначення проектного ризику має ряд переваг порівняно з поширеними методами, серед яких:

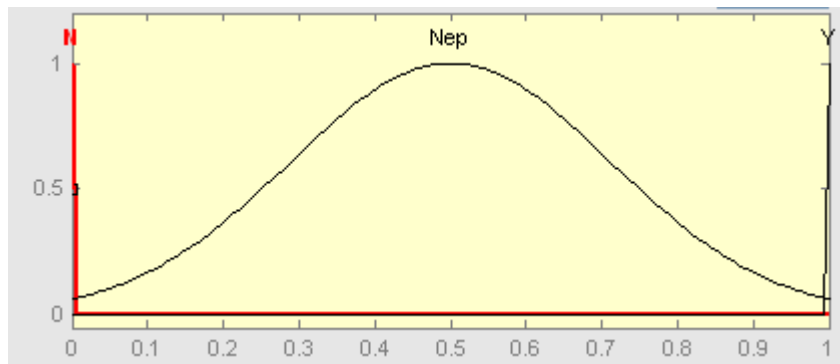
- Врахування індивідуальних характеристик проекту
- Порівняно висока достовірність без потреби в статистичних даних
- Можливість налаштування
- Простота використання
- Можливість порівняння декількох варіантів проекту
- Відсутність потреби в суб'єктивних оцінках прогнозних параметрів
- Одноразово побудована модель придатна для оцінки всієї множини аналогічних проектів без залучення експертів

На думку автора в моделі представлений найвищий ступінь деталізації ризиків, для якого можлива об'єктивна оцінка. При цьому вихідні дані створюють підґрунтя для більш детального аналізу ризиків та розробки заходів ризик-менеджменту.

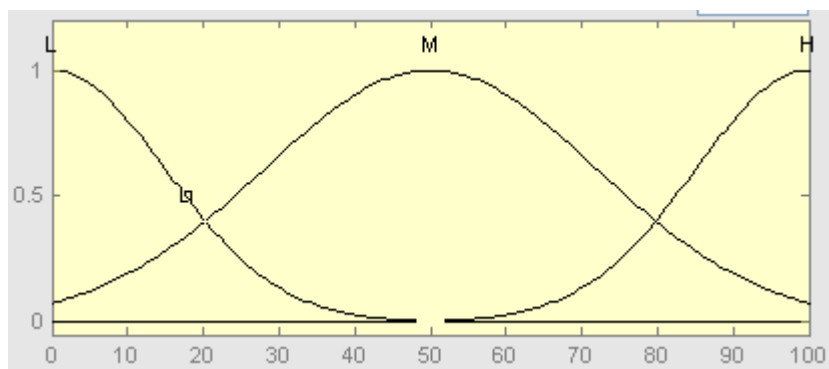
Додатки:

Додаток1: Функції належності:

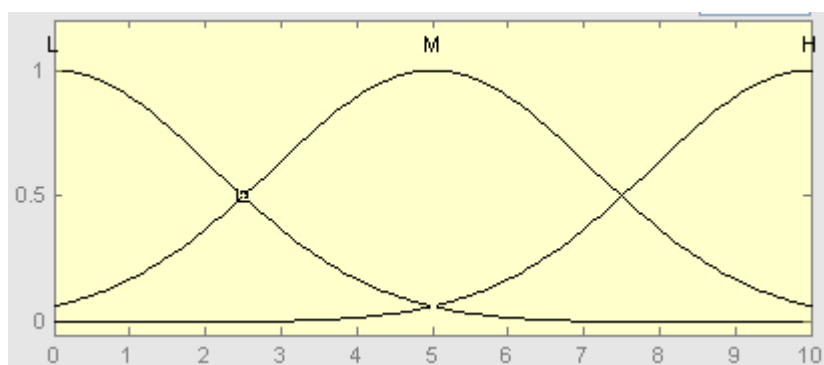
x1:



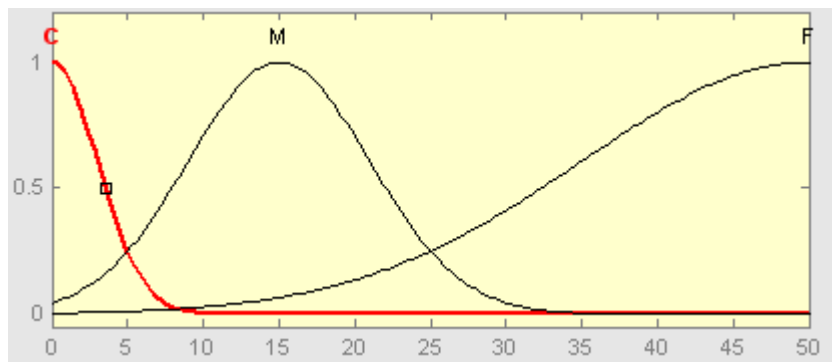
x2-x4:



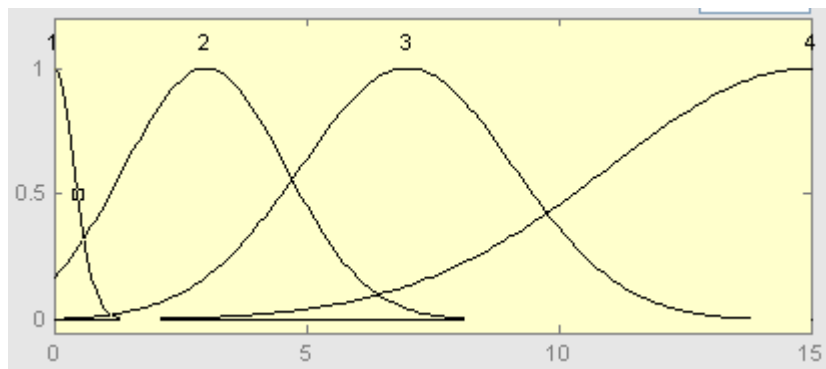
x5:



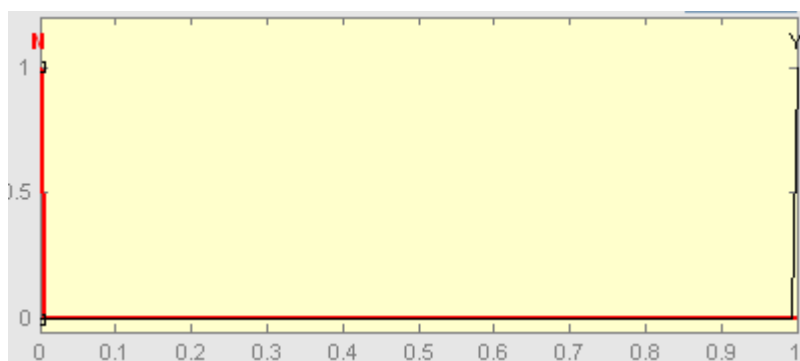
x6:



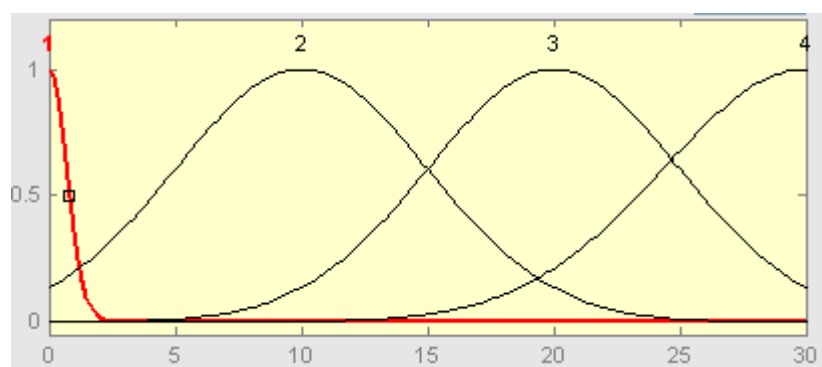
x7:



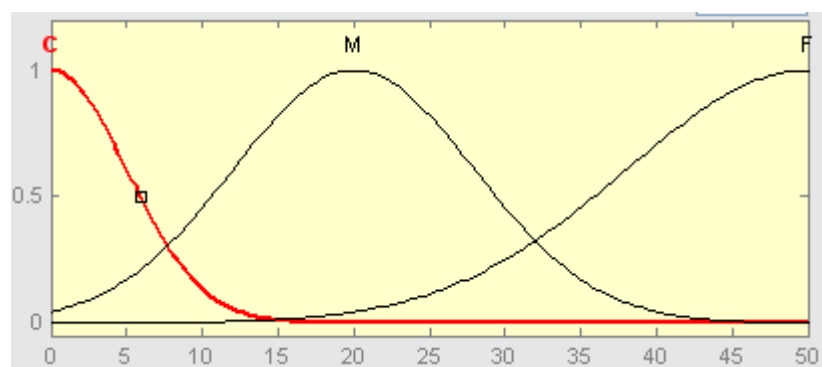
x8:



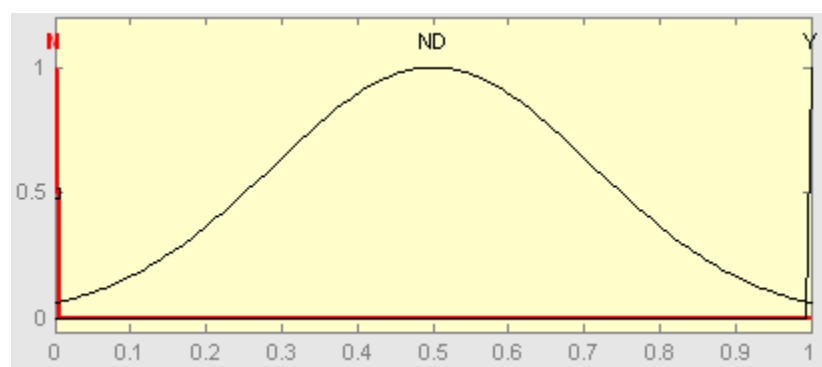
x9:



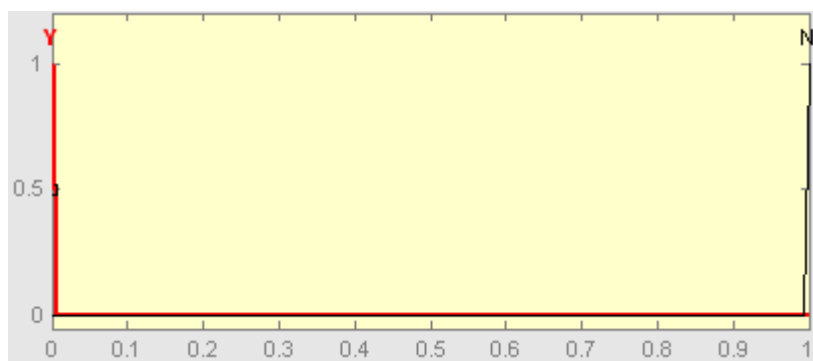
x10:



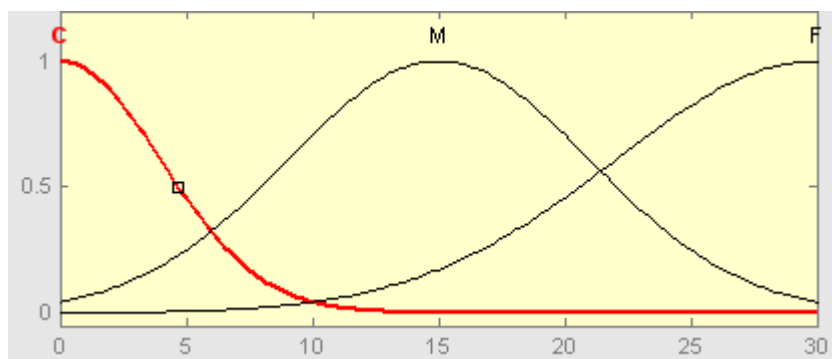
x11-x14:



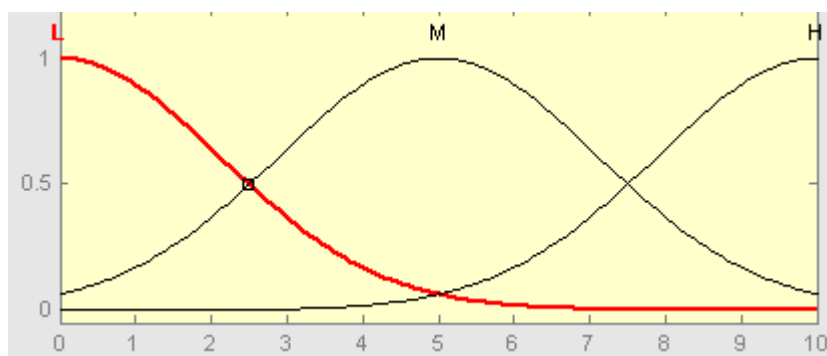
x15-x20:



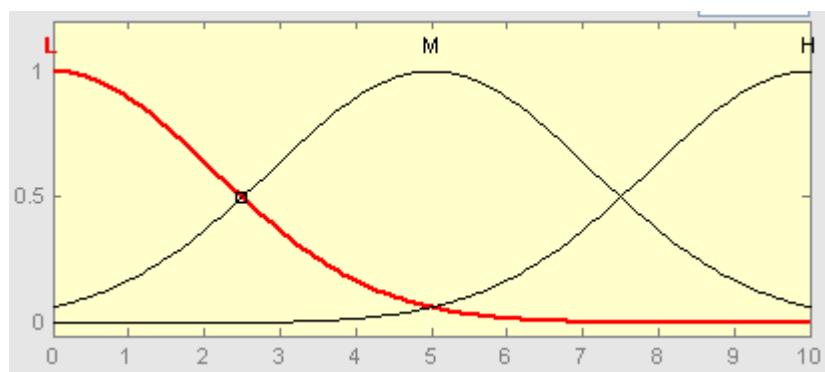
x21:



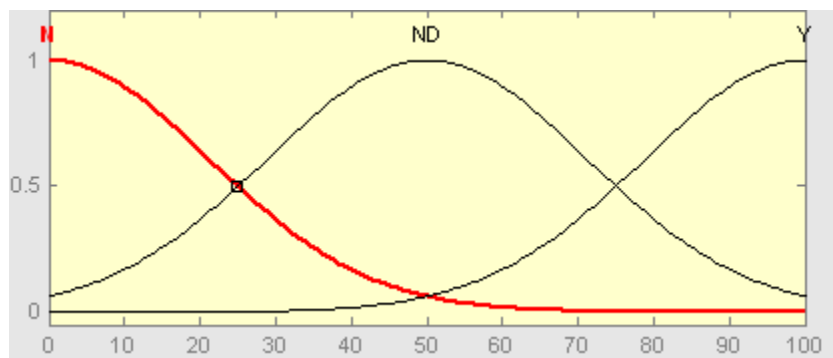
x22:



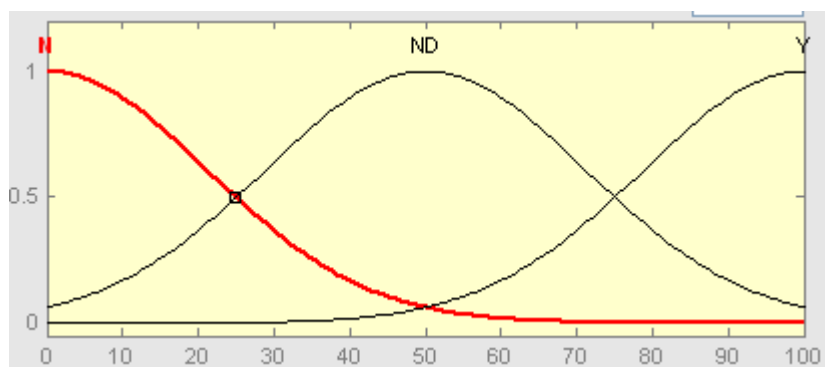
x23:



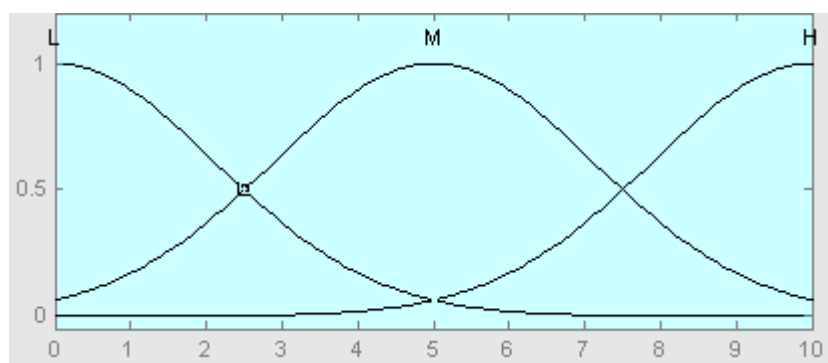
MP:



SI:



Для вихідних змінних:



Додаток 2: Система правил моделі

PF:

1. If (FinzaimP is L) and (FinStab is H) then (PF is L) (1)
2. If (FinzaimP is M) and (FinStab is H) then (PF is L) (1)
3. If (FinzaimP is L) and (FinStab is M) then (PF is L) (1)
4. If (FinzaimP is M) and (FinStab is M) then (PF is M) (1)
5. If (FinzaimP is H) and (FinStab is H) then (PF is M) (1)
6. If (FinzaimP is H) and (FinStab is L) then (PF is H) (1)
7. If (FinzaimP is H) and (FinStab is M) then (PF is H) (1)
8. If (FinzaimP is M) and (FinStab is L) then (PF is H) (1)

PA:

1. If (SformKomanda is N) and (TrMagistral is C) then (PA is L) (1)
2. If (SformKomanda is Nep) and (TrMagistral is C) then (PA is L) (1)
3. If (SformKomanda is N) and (TrMagistral is M) then (PA is L) (1)
4. If (SformKomanda is Y) and (TrMagistral is F) then (PA is H) (1)
5. If (SformKomanda is Nep) and (TrMagistral is M) then (PA is H) (1)
6. If (SformKomanda is Y) and (TrMagistral is M) then (PA is H) (1)
7. If (SformKomanda is Nep) and (TrMagistral is F) then (PA is M) (1)

PT:

1. If (promzone is 2) and (TrMagistral is C) and (MP is ND) then (PT is L) (1)
2. If (promzone is 3) and (TrMagistral is C) and (MP is Y) then (PT is L) (1)
3. If (promzone is 2) and (TrMagistral is M) and (MP is Y) then (PT is L) (1)
4. If (promzone is 3) and (TrMagistral is M) and (MP is ND) then (PT is M) (1)
5. If (promzone is 3) and (TrMagistral is M) and (MP is Y) then (PT is M) (1)
6. If (promzone is 2) and (TrMagistral is C) and (MP is N) then (PT is M) (1)
7. If (promzone is 4) and (TrMagistral is F) and (MP is N) then (PT is H) (1)
8. If (promzone is 4) and (TrMagistral is F) and (MP is ND) then (PT is H) (1)
9. If (promzone is 3) and (TrMagistral is F) and (MP is N) then (PT is H) (1)

RF:

1. If (FinzaimR is H) and (Finstab is H) and (InCity is N) and (PT is L) then (RF is L) (1)
2. If (FinzaimR is H) and (Finstab is H) and (InCity is Y) and (PT is L) then (RF is L) (1)
3. If (FinzaimR is H) and (Finstab is H) and (InCity is N) and (PT is M) then (RF is L) (1)
4. If (FinzaimR is H) and (Finstab is M) and (InCity is N) and (PT is L) then (RF is L) (1)
5. If (FinzaimR is H) and (Finstab is M) and (InCity is Y) and (PT is L) then (RF is M) (1)
6. If (FinzaimR is H) and (Finstab is M) and (InCity is Y) and (PT is M) then (RF is M) (1)
7. If (FinzaimR is H) and (Finstab is L) and (InCity is Y) and (PT is L) then (RF is M) (1)
8. If (FinzaimR is M) and (Finstab is H) and (InCity is N) and (PT is L) then (RF is M) (1)
9. If (FinzaimR is M) and (Finstab is M) and (InCity is Y) and (PT is M) then (RF is H) (1)
10. If (FinzaimR is M) and (Finstab is L) and (InCity is Y) and (PT is H) then (RF is H) (1)
11. If (FinzaimR is L) and (Finstab is L) and (InCity is Y) and (PT is H) then (RF is H) (1)

RA:

1. If (Metro is C) and (PF is L) then (RA is L) (1)
2. If (Metro is C) and (PF is M) then (RA is L) (1)
3. If (Metro is M) and (PF is M) then (RA is M) (1)
4. If (Metro is M) and (PF is L) then (RA is M) (1)
5. If (Metro is F) and (PF is L) then (RA is M) (1)
6. If (Metro is F) and (PF is H) then (RA is M) (1)
7. If (Metro is F) and (PF is H) then (RA is H) (1)
8. If (Metro is F) and (PF is M) then (RA is H) (1)

RT:

1. If (TrMagistral is C) and (PromZone is 2) and (InCity is N) and (RKP is C) and (MP is Y) then (RT is L) (1)
2. If (TrMagistral is C) and (PromZone is 3) and (InCity is N) and (RKP is C) and (MP is Y) then (RT is L) (1)
3. If (TrMagistral is C) and (PromZone is 2) and (InCity is N) and (RKP is M) and (MP is Y) then (RT is L) (1)
4. If (TrMagistral is C) and (PromZone is 2) and (InCity is N) and (RKP is C) and (MP is ND) then (RT is L) (1)
5. If (TrMagistral is M) and (PromZone is 2) and (InCity is N) and (RKP is C) and (MP is Y) then (RT is L) (1)
6. If (TrMagistral is C) and (PromZone is 2) and (InCity is Y) and (RCentr is 3) and (MP is Y) then (RT is L) (1)
7. If (TrMagistral is C) and (PromZone is 2) and (InCity is Y) and (RCentr is 4) and (MP is Y) then (RT is L) (1)
8. If (TrMagistral is M) and (PromZone is 2) and (InCity is Y) and (RCentr is 4) and (MP is Y) then (RT is L) (1)
9. If (TrMagistral is M) and (InCity is N) and (RKP is M) and (MP is ND) then (RT is M) (1)
10. If (TrMagistral is M) and (InCity is N) and (RKP is M) and (MP is Y) then (RT is M) (1)
11. If (TrMagistral is M) and (PromZone is 3) and (InCity is Y) and (RCentr is 2) and (MP is Y) then (RT is M) (1)
12. If (TrMagistral is M) and (PromZone is 4) and (InCity is Y) and (RCentr is 2) and (MP is Y) then (RT is M) (1)
13. If (TrMagistral is M) and (PromZone is 3) and (InCity is Y) and (RCentr is 2) and (MP is ND) then (RT is M) (1)
14. If (TrMagistral is F) and (InCity is N) and (RKP is M) and (MP is N) then (RT is H) (1)
15. If (TrMagistral is F) and (InCity is N) and (RKP is F) and (MP is ND) then (RT is H) (1)
16. If (TrMagistral is M) and (PromZone is 3) and (InCity is Y) and (RCentr is 1) and (MP is Y) then (RT is H) (1)
17. If (TrMagistral is F) and (PromZone is 4) and (InCity is Y) and (RCentr is 1) and (MP is Y) then (RT is H) (1)

EF:

1. If (FinzaimF is L) and (InCity is Y) and (metro is C) and (competition is L) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EF is L) (1)
2. If (FinzaimF is M) and (InCity is Y) and (metro is C) and (competition is L) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EF is L) (1)
3. If (FinzaimF is L) and (InCity is Y) and (metro is M) and (competition is L) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EF is L) (1)
4. If (FinzaimF is L) and (InCity is Y) and (metro is C) and (competition is M) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EF is L) (1)
5. If (FinzaimF is L) and (InCity is Y) and (metro is C) and (competition is L) and (MP is ND) and (SI is Y) then (EF is L) (1)
6. If (FinzaimF is L) and (InCity is Y) and (metro is C) and (competition is L) and (MP is Y) and (SI is ND) then (EF is L) (1)
7. If (FinzaimF is L) and (InCity is Y) and (metro is C) and (competition is L) and (MP is ND) and (SI is ND) then (EF is L) (1)
8. If (FinzaimF is L) and (InCity is N) and (metro is C) and (competition is L) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EF is M) (1)
9. If (FinzaimF is M) and (InCity is N) and (metro is C) and (competition is L) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EF is M) (1)
10. If (FinzaimF is L) and (InCity is N) and (metro is M) and (competition is L) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EF is M) (1)
11. If (FinzaimF is L) and (InCity is N) and (metro is C) and (competition is M) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EF is M) (1)
12. If (FinzaimF is L) and (InCity is N) and (metro is C) and (competition is L) and (MP is ND) and (SI is ND) then (EF is M) (1)
13. If (FinzaimF is H) and (InCity is Y) and (metro is C) and (competition is L) and (MP is ND) and (SI is ND) then (EF is M) (1)
14. If (FinzaimF is M) and (InCity is Y) and (metro is C) and (competition is H) and (MP is ND) and (SI is ND) then (EF is M) (1)
15. If (FinzaimF is M) and (InCity is Y) and (metro is M) and (competition is M) and (MP is ND) and (SI is ND) then (EF is M) (1)
16. If (FinzaimF is M) and (InCity is Y) and (metro is M) and (competition is M) and (MP is ND) and (SI is N) then (EF is M) (1)
17. If (FinzaimF is M) and (InCity is N) and (metro is M) and (competition is M) and (MP is ND) and (SI is N) then (EF is H) (1)
18. If (FinzaimF is H) and (InCity is N) and (metro is F) and (competition is H) and (MP is N) and (SI is N) then (EF is H) (1)
19. If (FinzaimF is H) and (InCity is N) and (metro is F) and (competition is M) and (MP is N) and (SI is ND) then (EF is H) (1)
20. If (FinzaimF is H) and (InCity is Y) and (metro is F) and (competition is H) and (MP is N) and (SI is N) then (EF is H) (1)

EA:

1. If (Metro is C) and (PolitStab is H) and (Competition is L) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EA is L) (1)
2. If (Metro is M) and (PolitStab is H) and (Competition is L) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EA is L) (1)
3. If (Metro is C) and (PolitStab is M) and (Competition is L) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EA is L) (1)
4. If (Metro is C) and (PolitStab is H) and (Competition is M) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EA is L) (1)
5. If (Metro is C) and (PolitStab is H) and (Competition is L) and (MP is ND) and (SI is ND) then (EA is L) (1)
6. If (Metro is C) and (PolitStab is H) and (Competition is L) and (MP is Y) and (SI is N) then (EA is L) (1)
7. If (Metro is M) and (PolitStab is M) and (Competition is M) and (MP is ND) and (SI is ND) then (EA is M) (1)
8. If (Metro is F) and (PolitStab is L) and (Competition is M) and (MP is ND) and (SI is ND) then (EA is M) (1)
9. If (Metro is M) and (PolitStab is L) and (Competition is L) and (MP is ND) and (SI is ND) then (EA is M) (1)
10. If (Metro is M) and (PolitStab is H) and (Competition is L) and (MP is N) and (SI is N) then (EA is M) (1)
11. If (Metro is F) and (PolitStab is L) and (Competition is H) and (MP is N) and (SI is N) then (EA is H) (1)
12. If (Metro is F) and (PolitStab is M) and (Competition is M) and (MP is N) and (SI is N) then (EA is H) (1)
13. If (Metro is F) and (PolitStab is L) and (Competition is H) and (MP is Y) and (SI is Y) then (EA is H) (1)

ET:

1. If (PromZone is 4) and (InCity is Y) and (MP is Y) then (ET is L) (1)
2. If (PromZone is 3) and (InCity is Y) and (MP is Y) then (ET is L) (1)
3. If (PromZone is 4) and (InCity is Y) and (MP is ND) then (ET is L) (1)
4. If (PromZone is 3) and (InCity is Y) and (MP is ND) then (ET is M) (1)
5. If (PromZone is 3) and (InCity is Y) and (MP is N) then (ET is M) (1)
6. If (PromZone is 2) and (InCity is Y) and (MP is ND) then (ET is M) (1)
7. If (PromZone is not 2) and (InCity is N) and (MP is ND) then (ET is H) (1)
8. If (PromZone is not 2) and (InCity is N) and (MP is N) then (ET is H) (1)

R:

1. If (F is L) and (A is L) and (T is L) then (R is L) (1)
2. If (F is L) and (A is M) and (T is L) then (R is L) (1)
3. If (F is M) and (A is L) and (T is L) then (R is M) (1)
4. If (F is L) and (A is L) and (T is M) then (R is M) (1)
5. If (F is M) and (A is M) and (T is M) then (R is M) (1)
6. If (F is M) and (A is H) and (T is M) then (R is M) (1)
7. If (F is H) and (A is M) and (T is M) then (R is H) (1)
8. If (F is M) and (A is M) and (T is H) then (R is H) (1)
9. If (F is H) and (A is H) and (T is H) then (R is H) (1)