

## ПОБУДОВА ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СТАВКИ ДИСКОНТУ

Світлична В.А., Бодня Д.М

Донецький національний технічний університет, м. Донецьк

Кафедра автоматизованих систем управління

E-mail:sva@kita.dgtu.donetsk.ua

### Abstract

*Svetlshnaya V.A. The construction of economic-mathematical model for calculation of discounting rate. The methods of construction of economic-mathematical mode are adduced and proved. Using this model it is possible to estimate a degree of risk of investment projects in conditions of domestic economy.*

### Актуальність досліджуваної проблеми

Усе більше застосування в Україні знаходять методи інвестиційного аналізу, бізнес-планування, оцінки вартості бізнесу, що набули значного поширення в західній практиці, але порівняно нові для вітчизняних підприємців і інвесторів.

Оцінка й обґрунтування інвестиційних проектів, бізнес-планів, оцінка ефективності реструктуризації (чи органічної структури капіталу) супроводжується однією із самих складних задач, що виникають перед дослідниками - розрахунком ставки дисконтування. Без її належного обґрунтування втрачають зміст усі попередні етапи розрахунків - прогноз майбутніх надходжень, доходу, платежів виявляється непотрібним.

Від вибору ставки дисконту залежить кінцевий результат розрахунку показників ефективності проектів: чистий грошовий потік, поточна вартість (NPV), рентабельність інвестицій і капіталу [1].

Більшість проектів, розроблюваних у сучасних умовах страждають від недостатнього пророблення питання оцінки ставки дисконтування. У результаті величина поточної вартості виявляється завищеною (рідше заниженою - це залежить від цілей "оцінювача"). Зв'язано це з високою чутливістю результату розрахунків від величини ставки дисконту (наприклад, якщо період прогнозування складає хоча б 3-5 років, то 1% зміни ставки дисконтування змінює поточну вартість на 1,5-2%). Серйозні інвестори не можуть не помічати такої можливості маніпуляції результатами оцінки. Вітчизняні консалтингові, аудиторські й оцінні компанії приділяють украй мало уваги розглянутому показнику. Усі заходи щодо розрахунку ставки дисконтування зводяться в цих випадках до застосування норми дисконтування, прийнятої в закордонній практиці (при цьому ніяких спроб адаптації величини ставки дисконтування до вітчизняних умов не здійснюється), або до розрахунку ставки на основі закордонних методик, у яких уже є можливість врахувати індикатори вітчизняного фінансового ринку, особливості конкретних компаній і проектів. Але в цьому випадку виникають два проблематичних питання, на які немає однозначної відповіді: які індикатори застосувати в якості базових і як оцінити об'єктивність експертної оцінки тієї частини ставки дисконтування, що не піддається точному кількісному аналізу.

За конкретних практичних розрахунків ставки дисконтування виникають три взаємозалежні задачі:

1. вибір визначення ставки дисконтування, що залежить насамперед від цілей і умов проведених розрахунків;
2. вибір методики розрахунку ставки дисконтування і підбір базових орієнтирів для розрахунку;

3. обґрунтування коректності обраного визначення і методів розрахунку ставки дисконтування з погляду об'єктивності відображення ними умов конкретного проекту.

Якщо для рішення першої і другої з поставлених задач у теорії фінансово-економічного аналізу вже накопичений значний досвід, то остання задача - обґрунтування розрахованої ставки, доказ її порівнянності з результатами розрахунків по схожих проектах є, як правило, самою слабкою ланкою в дослідженні.

Базою для розрахунку ставки дисконтування служать завжди дві групи факторів:

1. внутрішні фактори, що залежать від структури проекту, його ризикованості, новизни і т.і.;

2. зовнішні фактори (не залежні від ходу реалізації проекту) - ризики за країною і політичні, інфляція, ставки прибутковості (безризикові, галузеві і середньоринкові).

Застосовувані у даний час основні схеми розрахунку ставки дисконтування - модель капітальних активів (САРМ) і середньозваженої вартості капіталу (WACC) враховують обидві групи описаних факторів, хоча перша приділяє більше уваги зовнішнім індикаторам а друга - внутрішнім показникам діяльності компанії. У нормально функціонуючій ринковій економіці ставка дисконтування, визначена різними методами, повинна бути приблизно однаковою [2].

В умовах України застосування двох цих методів призводить до зовсім різних результатів. Застосування моделі WACC ускладнюється тим, що ціна власного капіталу (дивіденди акціонерів) не відповідає ринковому рівню прибутковості (відсутні котирування акцій на відкритому ринку). Ціна позикового капіталу часто перекошена через пільговий характер наданих кредитів, заплутаність схем кредитування чи наявність простроченої заборгованості.

Застосування методу САРМ зіштовхується з проблемою визначення безризикової і середньоринкової ставки прибутковості, а також експертної оцінки супутніх ризиків (за країною в цілому, за закритість компанії, його величину і т.п.) [3].

Наведені доводи свідчать про необхідність розробки єдиної системи чи індикаторів методики розрахунку ставки дисконтування, адаптованої до українських умов.

Вкладення в інвестування відтворення, страхову справу, розробки нових технологій вимагають різних термінів і характеризуються різною оборотністю залучених коштів, ставка дисконтування може розраховуватися за адекватною аналітичною моделлю або за моделлю вартості довгострокових активів (САРМ).

Таким чином головною теоретичною спрямованістю роботи є обґрунтування ставки дисконтування як багатопараметричного функціонала на підставі реальних даних і можливість безпосереднього точного прогнозування на основі отриманих результатів дослідження. Прямим аналітичним підсумком дослідження є побудова адекватної і точної математичної моделі розрахунку ставки дисконтування як функціонала від сукупності вхідних параметрів, урахування істотних перемінних і ліквідація їх взаємного чи опосередкованого впливу на основі тестів економетричного аналізу за наявності даних у вигляді нечітких множин, що можна представити статистичними вибірками.

#### **Вирішення задачі.**

На першому етапі здійснюється докладне обґрунтування обраних методів дослідження: економетричного аналізу як універсального методу вивчення статистики і теорії нечіткої логіки як апарату представлення "розмитих" статистичних вибірок. Оскільки неможливо охарактеризувати тип залежності досліджуваного показника на підставі теоретичних даних і оцінити однозначно внесок основних економічних критеріїв, задачами математичного моделювання ситуації буде послідовне застосування основних стратегій економетричного аналізу, у числі яких перевірка гіпотези лінійного багатопараметричного функціонала і визначення його основних характеристик; виходячи з отриманих на цій стадії

результатів, буде оцінено адекватність моделі та усунуто можливий побічний вплив факторів, що вводяться в модель [4].

Підсумком аналітичного дослідження стане перевірка реакції моделі на реальні дані і, у випадку успішності операцій, здійснення прогнозування скалярної величини ставки дисконтування з можливим урахуванням дестабілізуючих параметрів, а саме: інфляційних тенденцій, нестабільності галузі і ризику капітальних вкладень, очікуваної прибутковості капіталу, що зв'язується дисконтною ставкою; остаточна оцінка і вибір параметрів дисконтної ставки для інвестиційних проектів; економічна інтерпретація отриманих результатів, пояснення розбіжностей у моделях різних країн та виконання поставленої аналітиками теорії інвестування та інновацій гіпотези про певний склад вектору основних факторів впливу макроекономічних показників на ставку дисконтування.

Міжнародна практика оцінки ефективності інвестицій головним чином базується на концепції тимчасової вартості грошей і заснована на наступних принципах:

1. Оцінка ефективності використання інвестованого капіталу виконується шляхом зіставлення грошового потоку (cash flow), що формується в процесі реалізації інвестиційного проекту і вихідної інвестиції. Проект визнається ефективним, якщо забезпечується повернення вихідної суми інвестицій і необхідна прибутковість для інвесторів, що надали капітал.

2. Інвестований капітал приводиться до дійсного часу або до визначеного розрахункового року (який як правило передує початку реалізації проекту).

3. Процес дисконтування капітальних вкладень і грошових потоків виконується по різних ставках дисконту, що визначаються в залежності від особливостей інвестиційних проектів. При визначенні ставки дисконту враховуються структура інвестицій і вартість окремих складових капіталу. Вихідні інвестиції при реалізації проекту генерують грошовий потік  $CF_1, CF_2, \dots, CF_n$ . Інвестиції визнаються ефективними, якщо цей потік достатній для повернення вихідної суми капітальних вкладень і забезпечення необхідної віддачі на вкладений капітал.

Найбільш поширені наступні показники ефективності капітальних вкладень:

- дисконтований строк окупності (DPB);
- чисте сучасне значення інвестиційного проекту (NPV);
- внутрішня норма прибутковості (рентабельності) (IRR).

Дані показники так само як і відповідні їм методи, використовуються в двох варіантах:

- для визначення ефективності незалежних інвестиційних проектів (так звана абсолютна ефективність), коли робиться висновок прийняти проект чи відхилити;
- для визначення ефективності взаємовиключних проектів (порівняльна ефективність), коли робиться висновок про те, який проект прийняти з декількох альтернативних.

Можна виділити кілька підходів до розрахунків

Метод чистого сучасного значення (NPV - метод) заснований на використанні поняття чистого сучасного значення (Net Present Value)

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} = \sum_{k=0}^n \frac{CF_k}{(1+r)^k}, \quad (1)$$

де  $CF_i$  - чистий грошовий потік,

$r$  - вартість капіталу, залученого для інвестиційного проекту.

Термін "чисте" має наступний зміст: кожна сума грошей визначається як алгебраїчна сума вхідних (позитивних) і вихідних (негативних) потоків.

Відповідно до сутності методу сучасне значення усіх вхідних грошових потоків порівнюється із сучасним значенням вихідних потоків, обумовлених капітальними вкладеннями для реалізації проекту. Різниця між першим і другим є чисте сучасне значення, величина якого визначає правило ухвалення рішення.

Алгоритм методу має таку послідовність:

- визначається сучасне значення кожного грошового потоку, вхідного і вихідного;
- розраховують суму всіх дисконтованих значень елементів грошових потоків і визначається критерій NPV;
- ухвалюється рішення:

Для окремого проекту: якщо NPV більше або дорівнює нулю, то проект приймається.

Для декількох альтернативних проектів - приймається той проект, що має більше значення NPV, якщо тільки воно позитивне.

За умов збільшення норми прибутковості інвестицій (вартості капіталу проекту) значення критерію NPV зменшується.

Внутрішня норма прибутковості (IRR) - значення показника дисконту, при якому сучасне значення інвестиції дорівнює сучасному значенню потоків коштів, значення, при якому забезпечено нульове значення чистого дійсного значення інвестиційних вкладень.

Економічний зміст внутрішньої норми прибутковості полягає в тому, що це така норма прибутковості інвестицій, при якій підприємству однаково ефективно інвестувати свій капітал під IRR відсотків у які-небудь фінансові інструменти або здійснити реальні інвестиції, що генерують грошовий потік, кожен елемент якого у свою чергу інвестується під IRR відсотків.

Математичне визначення внутрішньої норми прибутковості припускає розв'язання наступного рівняння:

$$\sum_{j=0}^n \frac{CF_j}{(1 + IRR)^j} = INV, \quad (2)$$

де  $CF_j$  - вхідний грошовий потік в  $j$ -ий період,

$INV$  - значення інвестиції.

Вирішуючи це рівняння, знаходимо значення IRR. Схема ухвалення рішення на основі методу внутрішньої норми прибутковості має вид:

- якщо значення IRR вище або дорівнює вартості капіталу, то проект приймається;
- якщо значення IRR менше вартості капіталу, то проект відхиляється.

Таким чином, IRR є "бар'єрним показником": якщо вартість капіталу вище значення IRR, то "потужності" проекту недостатньо, щоб забезпечити необхідне повернення і віддачу грошей, і отже проект варто відхилити.

У загальному випадку рівняння для визначення IRR не може бути вирішене в кінцевому виді, хоча існує ряд окремих випадків, коли це можливо. Розглянемо приклад, що пояснює сутність рішення [5].

Найбільш розповсюдженою в економетричних дослідженнях формою представлення стохастичної залежності є адитивна лінійна форма:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \dots + \beta_p X_{pt} + \varepsilon_t, \quad (3)$$

де  $Y_t$  - значення результативної змінної, виміряне у  $t$ -м часовому або просторовому такті,

$X_1, \dots, X_p$  - значення пояснювальних (незалежних) змінних, одержаних у тому ж  $t$ -му вимірі,

$\beta_0, \beta_1, \beta_p$  - деякі параметри,

$\varepsilon_t$  - випадкова складова, що характеризує різницю між модельними та емпіричними значеннями аналізованої змінної, зафіксованої у  $t$ -му вимірі [6].

Модельне значення результативної змінної:

$$\tilde{Y}_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \dots + \beta_p X_{pt}. \quad (4)$$

Тоді випадкову складову можна інтерпретувати як випадкову помилку прогнозу  $Y$  за заданим значенням  $X_1, \dots, X_p$ , причому, щоб виключити систематичну помилку в оцінці  $Y$ , по  $\tilde{Y}$ , зазвичай думають, що середнє значення перешкод дорівнює нулю. Чим більше інформації укладено в значеннях пояснюючих перемінних щодо величини  $Y$ , тим надійніше буде прогноз і тим менше буде помилка прогнозу  $\varepsilon$ .

Всі економічні моделі мають деякі загальні особливості. По-перше, вони засновані на припущенні, що поведження економічних змінних визначається за допомогою спільних і одночасних операцій з деяким числом економічних співвідношень. По-друге, приймається гіпотеза, що модель допускає спрощення складної дійсності, але уловлює головні характеристики досліджуваного об'єкта. По-третє, розробник моделі намагається на основі досягнутого розуміння реальної системи передбачити її майбутній вид і керувати ним з метою поліпшення економічного добробуту.

Відмінною рисою економетричної моделі є те, що вона, будучи представленою у вигляді набору математичних співвідношень, описує функціонування конкретної економічної системи, а не системи взагалі. Тому вона обов'язково "налаштовується" на конкретні статистичні дані.

Серед методів математико-статистичного інструментарію економетрії центральне місце займає регресійний аналіз.

Під регресією розуміють однобічну стохастичну залежність однієї випадкової змінної від іншої чи декількох випадкових змінних. У цьому змісті регресія використовується для дослідження й оцінки залежностей між економічними явищами, породженими сукупним впливом комплексу причин. Розглядаючи причинно-наслідкові зв'язки, слід із змішаного сполучення причин виявити дію істотних, звільнившись від елементів випадковості і дії другорядних причин. Математичне рішення зводиться до одержання функції регресії. За допомогою методів математичної статистики можна дослідити залежність між такими економічними показниками як національний доход, капітальні вкладення і трудові ресурси. Явища, що підлягають дослідженню, повинні бути кількісно варійованими величинами. Тоді вони вважаються змінними в статистичному змісті.

За допомогою функції регресії

$$\tilde{Y} = f(X_1, X_2, \dots, X_p) \quad (5)$$

кількісно оцінюється усереднена залежність між досліджуваними змінними. Поняття регресії завжди зв'язане з визначеними середніми умовами. Спостерігаючи цільову залежність при складній взаємодії факторів-причин і випадків, дослідник за допомогою регресії відповідає на запитання: яка була би залежність між наслідком і виділеними істотними причинами, якби інші фактори не змінювалися і тим самим не ускладнювали і не затушовували основну залежність.

Для статистичної перевірки взаємозв'язку між залежною і незалежною змінними необхідно знайти значення  $\beta_0, \beta_1$  та  $\varepsilon$ . Метод оцінювання повинний бути таким, щоб це були найкращі, лінійні, незміщені оцінки (BLUE - Best, Linear, Unbiased Estimator).

Поняття "найкращі" відноситься до вимоги для оцінок параметрів бути найбільш ефективними, тобто, щоб дисперсії оцінок параметрів були найменші. Це досягається таким вибором значень  $\beta_0, \beta_1$ , які мінімізують суму квадратів значень  $\varepsilon^2$ .

Вимога "незміщені" означає, що очікувані значення оцінок параметрів моделі збігаються з дійсними значеннями параметрів.

Метод, використовуваний частіше інших для пошуку оцінок параметрів рівняння регресії і відомий як метод найменших квадратів (МНК), дає найкращі лінійні незміщені оцінки.

Дійсні значення параметрів  $\beta_0, \beta_1$  обчислити неможливо, оскільки зазвичай в розпорядженні дослідника знаходиться обмежене число спостережень, тому невідомі параметри регресії підлягають оцінюванню за визначеною процедурою. Оцінки параметрів будемо позначати через  $b_0, b_1$  відповідно. Тоді рівняння парної регресії, за яким можна розрахувати очікуване значення  $Y$ , тобто  $\hat{Y}$ , може бути представлено таким чином:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X \quad (6)$$

Перш, ніж використовувати побудовану економетричну модель, важливо визначити як виконувалися передумови МНК, оскільки від цього залежить, чи володіють оцінки параметрів моделі потрібними властивостями. Особливо важливо провести перевірку на:

- гомоскедастичність - незмінність дисперсії залишків;
- відсутність автокореляції залишків - залишки незалежні;
- відсутність мультиколінеарності - некорельованість пояснюючих перемінних.

Гетероскедастичність призводить до того, що оцінки параметрів моделі більше не являють собою кращі оцінки, не є оцінками з мінімальною дисперсією, тобто вони не мають властивості ефективності.

Вплив гетероскедастичності на оцінку інтервалу прогнозування і перевірку гіпотези полягає в тому, що хоча коефіцієнти не зміщені, дисперсії, і, отже, стандартні помилки цих коефіцієнтів будуть зміщені. Для перевірки на гетероскедастичність використовується тест Голдфелда-Квандта. Якщо залишки гетероскедастичні, метод найменших квадратів для оцінювання параметрів моделі застосовувати не можна.

Автокореляція, також відома як серіальна кореляція, має місце, коли залишки не є незалежними один від одного, тому що поточні значення  $Y$  знаходяться під впливом минулих значень. Залежність між залишками описується за допомогою авторегресійної схеми.

Автокореляція може з'явитися через те, що не усі важливі фактори введені в модель, через невірну обрану форму зв'язку. Уведення перемінних з лагом теж може привести до автокореляції залишків. Застосування МНК для оцінювання параметрів моделі за наявності автокореляції має ті ж негативні наслідки, як і у випадку з гетероскедастичністю.

Мультиколінеарність означає тісний лінійний зв'язок між незалежними перемінними моделі. Якщо деякі чи всі незалежні перемінні в множинній регресії зв'язані сильною кореляційною залежністю, то регресійна модель не в змозі розмежувати їхні окремі пояснючі впливи на  $Y$ .

За умов мультиколінеарності часто виникає протиріччя між величиною і значимістю коефіцієнта детермінації і статистичною надійністю коефіцієнтів регресії. Для виявлення мультиколінеарності можна використовувати критерій Фаррара-Глобера.

Добір найбільш істотних пояснюючих перемінних у регресійній моделі (покрокова регресія). На першому кроці розглядається лише одна пояснююча перемінна, що має з залежною перемінною  $Y$  найбільший коефіцієнт детермінації.

На другому кроці включається в регресію нова пояснююча перемінна, котра разом із спочатку відібраною утворить пари пояснюючих перемінних, що має з  $Y$  найбільш високий скоректований коефіцієнт детермінації. На третьому кроці вводиться пояснююча перемінна, котра разом із двома спочатку відібраними утворить трійку пояснюючих перемінних, що має з  $Y$  найбільш високий скоректований коефіцієнт детермінації і т.д.

Не існує чітких математичних правил "останову" цієї процедури і вибору оптимального числа пояснюючих перемінних, які слід включити в модель.

Значення скоректованого на число ступенів свободи коефіцієнта детермінації:

$$\overline{R^2} = 1 - (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - p - 1}, \quad (7)$$

де  $p$  - кількість введених пояснювальних перемінних,

$n$  - число значень у вибірці,

$R^2$  - коефіцієнт детермінації, одержаний як результат лінійної оцінки моделі.

Величину нижньої довірчої границі  $R_{\min}^2$ , обчислена за формулою:

$$R_{\min}^2 = \overline{R^2(k)} - 2 \sqrt{\frac{2k(n-k-1)}{(n-1)(n^2-1)} (1-R^2(k))}, \quad (8)$$

де  $k$  - кількість введених у модель пояснювальних перемінних,

$R^2(k)$  - коефіцієнт детермінації для моделі з  $k$  пояснювальними перемінними,

$\overline{R^2(k)}$  - скоректований на число ступенів свободи коефіцієнт детермінації.

Як оптимальне число пояснюючих перемінних  $k_0$  регресійної моделі вибирається таке значення  $k$ , за якого величина  $R_{\min}^2(k)$  є максимальною.

### Результати досліджень

В результаті аналізу впливу економічних факторів на показник ставки дисконтування отримано аналітичні моделі, які фіксують абсолютний коефіцієнт внеску кожного фактору у загальну величину.

У моделі позначені:  $i$  - абсолютне значення місячного рівня інфляції цін,  $p$  - вимоги до мінімальної місячної прибутковості капіталу,  $u$  - загальний рівень безробіття,  $c$  - пряме котирування національної для досліджуваної країни валюти,  $r$  - рівень ризику капіталовкладень, що є середньозваженим показників ризику у різних галузях інвестування за частками капіталовкладень у відповідні галузі.

Моделі, побудовані з урахуванням п'яти факторів:

$$d = 10.6438 + 36.4993i + 90.7847p - 0.4383u - 0.1056c + 20.3246r \text{ для Японії,}$$

$$d = 1.0516 + 84.8271i + 123.2793p - 0.0582u - 0.5845c + 11.4396r \text{ для України,}$$

$$d = 14.5316 + 12.0098i + 184.6049p - 0.0643u - 16.7273c + 13.1829r \text{ для США,}$$

$$d = -1.8625 + 22.3914i + 57.025p - 0.0119u - 0.244c + 16.5673r \text{ для Франції.}$$

Слід наголосити формалізованість використовуваних показників, тому аналіз моделей полягає у зворотному їх зв'язуванні з економічним змістом, що вони його мають. Таким чином, підвищення рівня безробіття та знецінення національної валюти повинні знижувати ставку дисконтування, себто свідчити про поліпшення інвестиційного клімату, що не відповідає дійсності.

Звертаючись до базових макроекономічних законів, маємо: у короткостроковому періоді показники безробіття та інфляції мають різні тенденції за законом Лафера, а котирування валюти за вільного фіксингу є результатом встановлення точки балансу, яка відображає приблизний стан розрахункової дисципліни країни.

Економетричний аналіз визначає такі фактори мультиколінеарними, себто такими, що неоправдано підсилюють вплив на результативний фактор при сумісному урахуванні. Подібні параметри слід виключати із сформованої моделі та виконувати аналіз повторно.

У роботі виконано аналіз на базі факторів інфляції, мінімальної прибутковості та ризиковості капіталовкладень. Таким чином, моделлю доведено справедливості поставленої гіпотези про певну залежність ставки дисконтування від макроекономічних показників та узгоджено із рекомендаціями експертів інвестування за складом вектора факторів. Нагадаємо, що для країн із стабільною економікою рекомендовано не враховувати рівень незначної інфляції через його відносну стабільність.

Моделі, що не враховують вплив фактору безробіття та курсу національної валюти виглядають таким чином:

$$d = -2.7843 + 25.0545i + 95.9246p + 20.2059r \text{ для Японії,}$$

$$d = -2.9631 + 82.6963i + 128.6839p + 12.4413r \text{ для України,}$$

$$d = -2.4818 + 14.5836i + 170.9388p + 12.8515r \text{ для США,}$$

$$d = -2.1752 + 21.1289i + 53.4071p + 16.7690r \text{ для Франції.}$$

Зазначимо близькість вільних членів у моделях, натомість на розряд вище значення коефіцієнту прибутковості, що вимагається, що визначає основний фактор, на який орієнтуються інвестори; для України значне підвищення ставки дисконтування дає рівень інфляції; за оцінкою ризиковості моделі знаходяться у одній площині.

Факторний аналіз моделей ускладнюється різним рівнем макроекономічних показників для досліджуваних країн, тому розглянемо центровані моделі, які головним чином відображають вплив варіативності факторів на результат.

Моделі використовують центровані величини, що позначають  $D$  – ставка дисконтування,  $I$  – місячний рівень інфляції цін,  $P$  – місячна прибутковість,  $R$  – рівень ризику капіталовкладень.

$$D = -0.000227 + 0.054068I + 0.86903P + 1.919412R \text{ для Японії,}$$

$$D = 0.003529 + 0.298565I + 0.651645P + 0.921631R \text{ для України,}$$

$$D = 0.000664 + 0.104766I + 2.090703P + 2.045013R \text{ для США,}$$

$$D = 0.00834 + 0.079162I + 0.585539P + 2.264098R \text{ для Франції.}$$

Окремий аналіз кожної з моделей свідчить про те, що найвпливовішим фактором є показник ризиковості капіталовкладень, а найменш значним – інфляції, що пояснюється задовільним інвестиційним кліматом у країнах, що мають відносно стабільну економіку із прийнятним рівнем інфляції; співвідношення урахування ризиковості до мінімальної доходності та рівня інфляції мають такий вигляд: для Японії – 35,5:16,1:1; для України – 3,1:2,2:1; для США – 19,5:20,0:1; для Франції – 28,6:7,4:1.

Певна тенденція зберігається для усіх країн, крім України, що відображає нестабільність економічної системи, стурбованість інвесторів рівнем знецінення активів. Попередній аналіз доводить можливість невиключення фактору інфляції у моделі країн із зрівноваженим кліматом та неможливість останнього для національної системи.

### Висновки

1. Розроблена математико-економічна модель для якої встановлено залежності від таких показників, як рівень інфляції, безробіття, мінімальної прибутковості капіталу, ризиковості капіталовкладень, прямого курсу національної валюти.
2. Доведено адекватність моделі на прикладах декількох країн.
3. Математична модель даної задачі може бути застосована безпосередньо в консалтингових фірмах з метою побудови фінансово-економічних розрахунків, а апарат дослідження за допомогою методів нечіткої логіки із застосуванням економетричного аналізу буде корисний у рішенні багатоекстремальних задач нелінійного програмування.

### Література

1. Попков В.П., Семенов В.П. Организация и финансирование инвестиций.-СПб.: Питер, 2001.
2. Хобта В.М. Управління інвестиціями: механізм, принципи, методи. - Д., 1996.
3. Богатин Ю.В., Швандар В.А. Оценка эффективности бизнеса и инвестиций. -М.: Юнити, 2001.
4. Тельнов Ю.Ф. Интеллектуальные информационные системы в экономике. М.: Синтег, 1999.
5. Игошин Н.В. Инвестиции.-М.: Юнити, 1999.
6. Мильник В.В., Титаренко Б.П., Волочиенко В.А. Исследование систем управления: Учебное пособие для вузов. - 3-е изд. - М.: Академический проект; Трикста - 2004. - 352 с.
7. Дослідження ставки дисконтування за рекомендаціями фірми "Дюпон". Сайт: <http://www.manager-erp.com>.