

УДК 711.11

Ю.І. Мінаєва

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЮ АКЦІЙ НА ПІДСТАВІ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ МАТЕМАТИКИ

З точки зору системного аналітика предметна область портфельного інвестування потребує глибокого аналізу, для визначення основних тенденцій і потреб фондового ринку в інформаційному інструментарії та програмному забезпеченні. Фінансовий ринок умовно можна розділити на дві частини: ринок банківських позик і ринок цінних паперів. Для подальшого аналізу був обраний саме ринок цінних паперів.

Ринок цінних паперів (РЦП) доповнює систему банківського кредиту і взаємодіє з нею і в свою чергу поділяється на первинний і вторинний ринок. В роботі розглядається централізований вторинний ринок цінних паперів - ринок, на якому продаються і купуються випущені раніше цінні папери.

На даний час фондова біржа України досить активно розвивається і, відповідно, розвивається сфера інвестиційних послуг. Проаналізувавши широкий спектр інвестиційних послуг слід зазначити, що найбільшою популярністю користуються брокерські та дилерські послуги. До брокерських послуг відносяться довічне керування цінними паперами, покупка/продаж цінних паперів з доручення і за рахунок клієнта (акції, облигації й ін.), покупка/продаж цінних паперів з доручення і за рахунок клієнта на організованих ринках (ПФТС, УФБ), посередницька діяльність, формування портфеля клієнта з урахуванням індивідуальних потреб, скупка акцій українських емітентів у населення, через мережу регіональних представників з доручення і за рахунок клієнта, купівля-продаж похідних фінансових інструментів, та ін.

Головна увага приділяється довірчому керуванню активами, яке стає дедалі актуальним в теперішній час. Основний інструментарій для даної інвестиційної послуги – портфельне інвестування. Для ефективного формування портфелю цінних паперів і подальшого керування ним слід розглянути можливі типи портфелів, принципи їх формування та стратегії керування портфелем цінних паперів (ПЦП). Для розробки інформаційної технології були обрані: портфель росту і прибутку, принцип диверсифікації у поєднанні з принципом достатньої ліквідності, індивідуальна стратегія керування.

Основні цілі розроблюваної інформаційної технології формування ПЦП
такі :

- ✓ Забезпечення ефективного формування ПЦП, а саме :
 - Забезпечення врахування стратегії та вимог клієнта щодо формування ПЦП.
 - Забезпечення врахування альтернативних критеріїв формування ПЦП (прибутковість/ ризик).
 - Забезпечення вибору та реалізації альтернативної моделі формування ПЦП для умов як стабільного ринку ЦП, так і нестабільного ринку.
- ✓ Забезпечення інструментарію/інформаційної бази для формування ПЦП, а саме : забезпечення наявності відомостей про емітентів та ЦП для подальшого формування ПЦП та збереження відомостей про сформовані ПЦП.
- ✓ Забезпечення ефективності проведення аналізу і обробки результатів попереднього формування ПЦП з метою подальшого моніторингу, а саме : забезпечення проведення моніторингу ПЦП та оперативного керування ним, забезпечення отримання для інформації наочної характеристики ПЦП (графік).

Для реалізації поставлених цілей були розглянуті математичні моделі формування портфелю цінних паперів, а саме : класична модель Марковіца формування ПЦП, модифікована модель Марковіца (нечітка модель) формування ПЦП. Розроблена програмна реалізація двох методів з вищезазначених, а саме: класичної моделі Марковіца, яка характеризує процес формування ПЦП для умов стабільного ринку та модифікованої моделі Марковіца (нечіткої моделі), яка характеризує процес формування ПЦП для умов нестабільного ринку.

Таким чином, задача розробки інформаційної технології формування ПЦП для сфери довірчого керування цінними паперами, реалізовуватиме наступні функції :

- ✓ Визначення процесу формування ПЦП, а саме: визначення цілей формування ПЦП, типу ПЦП для подальшої реалізації формування ПЦП та стратегії керування ПЦП для подальшої реалізації формування ПЦП.
- ✓ Створення інформаційної бази ЦП та емітентів для подальшого формування ПЦП, а саме : формування переліку компаній-емітентів, ЦП яких будуть включені до ПЦП та попередньої вибірки емітентів згідно з побажаннями клієнта; створення БД для підтримки реалізацій ІТ формування ПЦП.
- ✓ Формування ПЦП за альтернативною моделлю, а саме : реалізація формування ПЦП за методом Марковіца в класичній постановці та за методом Марковіца в нечітко-множинній постановці.
- ✓ Аналіз та ефективна обробка результатів формування ПЦП з метою подальшого моніторингу, а саме : проведення моніторингу ПЦП, виконання оперативного керування ПЦП постановці та реалізація графічного представлення даних по портфелю цінних паперів в координатах «ризик - прибутковість».

Математичні моделі. Початок сучасної теорії інвестицій заклав Г. Марковица, коли вийшла стаття за назвою "Вибір портфеля". У цій статті вперше була запропонована математична модель формування оптимального портфеля цінних паперів, і були приведені методи побудови таких портфелів за певних умов. Основною заслугою Марковица є запропонована в цій невеликій статті теоретико-імовірнісна формалізація поняття прибутковості і ризику. Це одразу дозволило перевести задачу вибору оптимальної інвестиційної стратегії на строго математичну мову.

Опис класичної моделі Марковица формування портфелю цінних паперів (ПЦП). Метою оптимізації портфеля цінних паперів є формування такого портфеля цінних паперів, який би відповідав вимогам підприємства, як по прибутковості, так і по ризику, що досягається шляхом збільшення кількості цінних паперів у портфелі.

Сформулюємо задачу оптимізації. Нехай прибутковість портфеля з N цінних паперів R_p і його показник ризику σ_p визначаються наступними функціями: $R_p = \text{RETURN}(x_i, \sigma_i, r_i; i=1 \dots N)$; $\sigma_p = \text{RISK}(x_i, \sigma_i, r_i; i=1 \dots N)$, де x_i — відсоткова частка цінного папера в портфелі; σ_i — деяка характеристика ризику даного цінного папера, звичайно це середнє квадратичне відхилення прибутковості цінного папера; r_i — прибутковість цінного папера. Зміст кожної функції визначається надалі при побудові моделі прибутковості і ризику. При рішенні задачі необхідно врахувати наступні природні обмеження: — сума часток всіх акцій (у відсотках) складає 100%: $x_1 + x_2 + \dots + x_1 + \dots + x_N = 1$; — кількість акцій не може бути негативною: $x_i \geq 0$.

Рішенням задачі є деяка цільова структура портфеля, представлена набором значень (x_1, x_2, \dots, x_n) .

Ідеальна постановка задачі оптимізації портфеля — одержати максимальну прибутковість при мінімальному ризику: $\sigma_p \rightarrow \min$;
Але така задача некоректна, тобто не має⁰ однозначного рішення. Ідеальний результат не досяжний, як і все ідеальне. Виходом з положення є введення критеріальних обмежень.

Перший варіант — задатися деякої максимально припустимою величиною ризику σ_{req} . Тоді задача оптимізації зводиться до вибору такої структури портфеля, при якій ризик портфеля не перевищує заданого значення, а прибутковість портфеля є максимальною. Така задача буде надалі називатися *прямою задачею*:

$$\begin{cases} R_p \rightarrow \max; \\ \sigma_p \leq \sigma_{\text{req}}; \\ x_i \geq 0; \\ \sum x_i = 1. \end{cases}$$

На сьогоднішній день найбільш поширені дві моделі визначення характеристик портфеля (прибутковість і ризик): модель Марковица і модель Шарпа. Обидві моделі розроблені і успішно працюють в умовах вже сформованих стабільних західних фондових ринків.

Розглянемо більш детально модель Марковица формування ПЦП.

Нехай фондовий портфель складається з N компонент. Він буде характеризуватись очікуваною поведінкою (прогнозний перфоманс) на інтервалі часу $[0, T]$. Кожна з компонентів портфеля $i = \overline{1, N}$ характеризується своєю фінальною прибутковістю r_i (оціненою в точці T як відносне збільшення ціни активу за деякий період).

Власник фондового портфелю - приватний вкладник, інвестиційна компанія, взаємний фонд – інвестує кошти, керуючись визначеними міркуваннями. З одного боку, інвестор намагається максимізувати свою прибутковість, з іншого - фіксує гранично припустимий ризик неефективності своїх інвестицій.

Прийmemo капітал інвестора рівним 1. Задача оптимізації фондового портфеля полягає в перебуванні вектора часткового ціновим розподілом паперів у портфелі $x = \{x_i\}_{i=1}^N$, що максимізує доход інвестора при заданому рівні ризику (очевидно, що $\sum_{i=1}^N x_i = 1$).

Теоретичні обґрунтування Марковица побудовані на ряді припущень, частина з яких відноситься до умов прийняття інвестиційних рішень - до властивостей фондового ринку, інша частина - до поведінки інвестора.

Найважливішими з припущень першої групи є наступні:

1. Ринок складається з кінцевого числа нескінченно ділимих ліквідних активів, прибутковості яких для заданого періоду вважаються випадковими величинами (тобто всі активи - ризикові).
2. Існують відкриті і достовірні історичні дані про прибутковість активів, що дозволяють інвестору, одержати оцінку очікуваних (середніх) значень доходності і їх попарних коваріацій.
3. Інвестор при здійсненні операцій з фондовими активами вільний від транзакційних витрат і податків.
4. Інвестор може формувати будь-які припустимі (для даної моделі) портфелі, прибутковість яких є також випадковими величинами.

Щодо поведінки інвестора висуваються дві гіпотези - гіпотеза ненасичуваності і гіпотеза несхильності до ризику. Ці гіпотези означають, що:

- I.** Інвестор завжди віддає перевагу більш високому рівню добробуту, тобто при однакових інших умовах завжди обирає актив (портфель активів) з більшою прибутковістю.
- II.** Інвестор із двох активів з однаковою прибутковістю обов'язково віддасть перевагу активу з меншим ризиком.

Розглянемо можливі характеристики цінних паперів :

Нехай портфель містить N типів цінних паперів (ЦП), кожна з яких характеризується наступними параметрами:

- початковою ціною W_{i0} одного папера перед її доданням у портфель;
- числом паперів n_i у портфелі;
- початковими інвестиціями S_{i0} у даний портфельний сегмент, $S_{i0} = W_{i0} \times n_i$;
- середньочікуваною прибутковістю папера r_i ;
- її стандартним відхиленням σ_i від значення r_i .

Сам портфель цінних паперів характеризується:

- сумарним обсягом портфельних інвестицій S ;
- частковим ціновим розподілом паперів у портфелі $\{x_i\}$, причому для вихідного портфеля виконується
- $x_i = \frac{S_{i0}}{S}$, $\sum_{i=1}^N x_i = 1$, $i = 1, \dots, N$;
- кореляційною матрицею $\{\rho_{ij}\}$, коефіцієнти якої характеризують зв'язок між прибутковостями i -ого і j -ого паперів. Якщо $\rho_{ij} = -1$, то це означає повну негативну кореляцію, якщо $\rho_{ij} = 1$ - має місце повна позитивна кореляція. Завжди виконується $\rho_{ii} = 1$, тому що цінний папір повно позитивно корелює сам із собою.

Таким чином, портфель описаний системою статистично зв'язаних випадкових величин з нормальними законами розподілу. Тоді, відповідно до теорії випадкових величин, очікувана прибутковість портфеля r знаходиться по формулі

$$r = \sum_{i=1}^N x_i \times r_i, \text{ а стандартне відхилення портфеля } \sigma - \sigma = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \times x_j \times \rho_{ij} \times \sigma_i \times \sigma_j \right)^{\frac{1}{2}}$$

Задача керування таким портфелем описується наступним чином : визначається вектор $x = \{x_i\}_{i=1}^N$, що максимізує цільову функцію r при заданому обмеженні на рівень ризику σ : знайти такий вектор $x = \{x_i\}_{i=1}^N$, що

$$r \rightarrow \max, \quad \sigma = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \times x_j \times \rho_{ij} \times \sigma_i \times \sigma_j \right)^{\frac{1}{2}}, \quad \sigma = \text{const} \leq \sigma_M, \quad \sum_{i=1}^N x_i = 1$$

де σ_M – ризик папера з максимальної середньочікуваною прибутковістю.

Якщо задаватися різним рівнем обмежень по σ , вирішуючи вищезазначену задачу пошуку вектору x , то можна одержати залежність максимальної прибутковості від σ виду $\Gamma_{\max} = \Gamma_{\max}(\sigma)$.

Даний вираз, іменованій ефективною границею портфельної множини, у координатах «ризик-прибутковість» є кусочно-параболічною увігнутою функцією без розривів. Правою точкою границі є та точка, що відповідає тому випадку, коли в портфелі виявляється один папір з максимальною середнеочікуваною прибутковістю.

Слабкі сторони чіткої моделі Марковіца. Рух активів не підкоряється моделі вінерівського випадкового процесу. Слабкість гіпотези про статистичність випадкових процесів. Не можна у випадку ЦП говорити про статистичну однорідність або статистичність випадкового процесу прибутковості ЦП. Кореляція як натяжка. Так як немає статистичності випадкових процесів доходу по ЦП, то немає і статистичного зв'язку між цими випадковими процесами. Коли коефіцієнти кореляції задаються константами, передбачається, що раз і назавжди відомий характер причинно-наслідкового зв'язку між доходами двох типів паперів.

Для подолання зазначених вище недоліків можливе використання схеми Марковіца в нечіткій постановці задачі для оптимізації портфеля

Сформульовані проблеми викликають до життя підхід, за допомоги якого можна було б максимально позбавитись від невизначеності і якнайточніше реалізувати задачу формування ПЦП для умов нестабільного українського фондового ринку.

Модель Марковіца з нечіткими випадковими параметрами. Для подолання недоліків класичної моделі Марковіца використовується схему Марковіца в нечіткій постановці задачі для оптимізації портфеля. Умови записуються в нечітко-множинній формі, і задача квадратичної оптимізації також зважується в цій формі. Фінальна прибутковість розглядається як випадковий процес з лінійним трендом, у перетині якого лежить нормально розподілена випадкова величина, параметри цього розподілу – трикутні нечіткі числа (так званий нечіткий гауссівський розподіл). Отже, кожен актив у портфелі може бути описаний двома трикутними числами – середнеочікуваної прибутковості і ризику.

Основні принципи та ідея методу. Сформульовані проблеми викликають до життя нечітко-множинний підхід, де:

1. Ризик портфелю – не його волатильність, а можливість того, що очікувана прибутковість портфеля виявиться нижче деякої зазначеної планової величини.
2. Кореляція активів у портфелі не розглядається і не враховується.

3. Прибутковість кожного активу – це детерміноване (невипадкове) нечітке число (трикутного або інтервального виду). Аналогічно, обмеження на гранично низький рівень прибутковості може бути як звичайним скалярним, так і нечітким числом довільного виду.

Оптимізувати портфель у такій постановці означає вимогу максимізувати очікувану прибутковість портфеля в точці часу T при фіксованому рівні ризику портфеля. Тоді ефективна границя портфельної множини – увігнута лінія в координатах «ризик неприпустимо низкою прибутковості портфеля – очікувана прибутковість портфеля». Кожній точці ефективної границі відповідає оптимальний портфель з чіткими границями. Вся нечіткість, ймовірісність моделі «ховається» у показнику ризику недостатньої прибутковості. Отже, задача лежить в рамках ймовірісної моделі.

Ймовірісна модель оптимізації портфеля. Нехай мається фондовий портфель з N активів на інтервалі $[0, T]$. Кожна з компонентів портфеля на момент T характеризується своєю фінальною розрахунковою прибутковістю (оціненої в точці T як відносне збільшення ціни активу за період). При цьому для визначення прибутковості моделюється експертне висловлювання наступного виду: Прибутковість ЦП по завершенні терміну володіння *очікувано дорівнює* і знаходиться в розрахунковому діапазоні.

Таким чином, для *i-ого* цінного папера маємо: \bar{r}_i - очікувана прибутковість по *i-ому* цінному папері; r_{i1} - нижня границя прибутковості *i-ому* цінного папера; r_{i2} - верхня границя прибутковості *i-ому* цінного папера;

$r_i = (r_{i1}; \bar{r}_i; r_{i2})$ - прибутковість по *i-ому* цінному папері, трикутне нечітке число. Тоді прибутковість по портфелю:

$$r = (r_{\min} = \sum_{i=1}^N x_i r_{i1}; \bar{r} = \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i; r_{\max} = \sum_{i=1}^N x_i r_{i2})$$

також є трикутним нечітким числом (як лінійна комбінація трикутних нечітких чисел), де x_i – вага *i-го* активу в портфелі, причому $\sum_{i=1}^N x_i = 1$, $0 \leq x_i \leq 1$.

Також визначимося з критичним рівнем прибутковості портфеля на момент T . Це може бути нечітке число трикутного виду $r^* = (r_1^*; \bar{r}^*; r_2^*)$. У виродженому випадку це звичайний числовий норматив r^*

Оцінка ризику портфельних інвестицій. Перейдемо до оцінки власне ризику портфельних інвестицій. На мал. представлені функції приналежності r і критеріального значення r^* . Точка перетину цих функцій приналежності r і критеріального значення r^* - точка з ординатою α_1 . Оберемо довільний рівень приналежності α і визначимо відповідні інтервали $[r_1; r_2]$ і $[r_1^*; r_2^*]$. При $\alpha > \alpha_1$ $r_1 > r_2^*$, інтервали не перетинаються і впевненість у тому, що портфель ефективний, стовідсоткова, тому ступінь ризику неефективності дорівнює нулю.

Оскільки всі реалізації (r, r^*) при заданому рівні приналежності α рівноможливі, то ступінь ризику неефективності $\varphi(\alpha)$ - це геометрична імовірність події влучення точки (r, r^*) у зону неефективного розподілу капіталу:

$$\varphi(\alpha) = \begin{cases} 0, & \text{при } r_1 \geq r_2^* \\ \frac{(r_2^* - r_1)^2 - r_1^*(r_2 - r_1)}{(r_2^* - r_1)^2}, & \text{при } r_2 > r_1 \geq r_1^*; r_2 \geq r_2^* \end{cases}$$

де S_α оцінюється по формулі?

$$S_\alpha = \frac{(r_1 - r_1) + (r_2^* - r_1)}{2} (r_2^* - r_1^*), \quad \text{при } r_1 < r_1^*, r_2 \geq r_2^*$$

Тоді підсумкове значення ступеня ризику неефективності портфеля :

$$(r_2^* - r_1^*) (r_2 - \beta) \int \varphi(\alpha) d\alpha, \quad \text{при } r_1 < r_1^* \leq r_2; r_2 < r_2^*$$

Кожен інвестор, виходячи зі своїх переваг, може класифікувати значення β , виділивши для себе відрізок неприйнятних значень ризику. Наприклад, якщо ввести лінгвістичну перемінну “Ступінь ризику” зі своєю термами-множинами значень {Незначна, Низька, Середня, Відносно висока, Неприйнятна}, кожен інвестор може зробити самостійний опис відповідних нечітких підмножин, задавши п'ять функцій приналежності $\mu^*(\beta)$.

Модель керування прибутковістю портфеля. Для того, щоб визначити структуру портфеля, що забезпечить максимальну прибутковість при заданому рівні ризику, потрібно вирішити наступну задачу:

$$\{x_{opt}\} = \{x\} \mid r \rightarrow \max, \quad \beta = const$$

де r і β визначаються з формул, компоненти вектора x задовольняють зазначеним вище умовам.

Згадавши також, що прибутковість портфеля:

$$r = (r_{\min} = \sum_{i=1}^N x_i r_{1i}; \bar{r} = \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i; r_{\max} = \sum_{i=1}^N x_i r_{2i}) \quad \text{де,} \quad r_i = (r_{1i}; \bar{r}_i; r_{2i})$$

- прибутковість по *i-ому* цінному папері, одержуємо наступну задачу оптимізації :

$$\bar{r} = \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i \rightarrow \max,$$

$$\beta = const$$

$$\sum_{i=1}^N x_i = 1, \quad x_i \geq 0, i = \overline{1, n} \quad \text{де:}$$

$$\beta = \begin{cases} 0, & \text{при } r^* < \sum_{i=1}^N x_i r_{i1} \\ R(1 + \frac{1-\alpha}{\alpha} \ln(1-\alpha)), & \text{при } \sum_{i=1}^N x_i r_{i1} \leq r^* < \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i \\ 1 - R(1 + \frac{1-\alpha}{\alpha} \ln(1-\alpha)), & \text{при } \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i \leq r^* < \sum_{i=1}^N x_i r_{i2} \\ 1, & \text{при } r^* \geq \sum_{i=1}^N x_i r_{i2} \end{cases},$$

$$R = \begin{cases} \frac{r^* - \sum_{i=1}^N x_i r_{i1}}{\sum_{i=1}^N x_i r_{i2} - \sum_{i=1}^N x_i r_{i1}}, & \text{при } r^* < \sum_{i=1}^N x_i r_{i2} \\ 1, & \text{при } r^* \geq \sum_{i=1}^N x_i r_{i2} \end{cases},$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, & \text{при } r^* < \sum_{i=1}^N x_i r_{i1} \\ \frac{r^* - \sum_{i=1}^N x_i r_{i1}}{\sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i - \sum_{i=1}^N x_i r_{i1}}, & \text{при } \sum_{i=1}^N x_i r_{i1} \leq r^* < \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i \\ \frac{\sum_{i=1}^N x_i r_{i2} - r^*}{\sum_{i=1}^N x_i r_{i2} - \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i}, & \text{при } \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i \leq r^* < \sum_{i=1}^N x_i r_{i2} \\ 0, & \text{при } r^* \geq \sum_{i=1}^N x_i r_{i2} \end{cases},$$

Проаналізувавши функцію ”Формування інвестиційного портфелю ЦП”, яка в подальшому матиме програмну реалізацію, можна зробити висновок, що для розробки даної функції потрібні такі інформаційні об’єкти: компанії (емітенти); акції; облігації; тип облігації; портфель цінних паперів;

Основною задачею в процесі оптимального формування портфелю цінних паперів є розподіл інвестором визначеної суми грошів по різних альтернативних вкладеннях. Задачу керування можна скласти портфелю як задачу максимізації прибутковості портфелю при обраному фіксованому рівні його ризику (ефективна модель Марковіца). Це є задача квадратичної оптимізації, яка має своїм рішенням ефективну границю портфельної множини в координатах «ризик портфелю – прибутковість портфелю». Якщо достовірні, хоч і розмиті, прогнозні оцінки прибутковості і ризику активів існують, то на їхній основі можна здійснювати портфельну оптимізацію за допомогою модифікованого методу Марковіца.

В середовищі C Builder була реалізована інформаційна технологія, призначена для автоматизації такого явища, як формування інвестиційного портфелю, та підвищенні ефективності цієї процедури. Також була надана можливість графічного представлення даних по основним характеристикам портфелю цінних паперів в координатах «ризик- прибутковість».

➤ За допомоги СУБД InterBase створена база даних акцій і облігацій українських компаній, розрахунок портфелю різними методами, а також реалізований процес запису даних про розподіл паперів, прибутковість і ризик до бази даних.

Опис тестового прикладу. Розглянемо тестовий приклад для описаного застосування. Звантажимо дані для процесу формування цінних паперів. індивідуальна стратегія керування Для ініціації процесу формування портфелю цінних паперів треба :

1. Визначити, яку модель формування портфелю цінних паперів треба обрати.
2. Ввести в правильному форматі параметри розрахунку для процесу формування ПЦП
3. Нижче наведені приклади розрахунку процесу формування ПЦП для обох реалізованих моделей.

Для моделі Марковіца в класичній постановці після завантаження даних по альтернативним ЦП вводиться параметр, який характеризує граничний рівень ризику даного портфелю.

Для моделі Марковіца в нечітко-множинній постановці після завантаження даних по альтернативним ЦП треба ввести наступні параметри : параметр, який характеризує граничний рівень ризику даного портфелю і параметр, який характеризує критичний рівень прибутковості для даного портфелю.

В наведеному нижче прикладі формування ПЦП з рівнем ризику 23% можемо бачити, що в цьому випадку треба інвестувати кошти в цінні папери першого, третього і п'ятого емітенту в наступному відсотковому розподілі :

41% коштів – в акції компанії “ Акціонерно-комерційний банк соціального розвитку "Укрсоцбанк"”

9% коштів – в акції “ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВРИСТВО "ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНА КОМПАНІЯ "ХЕРСОНОБЛЕНЕРГО"”

50% коштів - в акції компанії “ ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "СТРАХОВА КОМПАНІЯ "УНІВЕРСАЛЬНА"”

При цьому рівень ризику портфелю –

Формирование портфеля ценных бумаг

Данные Портфели Редактирование Помощь Выход

Данные (четкая модель)

Волатильность бумаги с минимальным риском 2,43025456482071E-5

Волатильность бумаги с максимальным риском 0,875449899788983

Процесс расчета График ОК

Данные (нечетко-множественный метод)

Коридоры доходностей ЦБ

№	Идентификатор	Доля в портфеле	Доля в портфеле (нечетко)
1	1,7369999999591	2,7413085103035	3,75999999046326
2	1,62000000476837	2,2107499965996	2,54999995231628
3	2	2,43571427890233	3,25
4	0,425999999046326	0,784230003356934	1,02999997138977
5	3,10999999509583	5,62175008654534	6,43900012969971

Критический уровень доходности

Процесс расчета График ОК

Портфель

Объем 10000

Уровень риска портфеля 0,23

Название ПЦП_02

Результаты

Распределение ценных бумаг в оптимальном портфеле

ЦБ	Доля ЦБ в портфеле	Доля ЦБ в портфеле(нечетко)
1	0,412157609914246	
2	0	
3	0,0865762380103895	
4	0	
5	0,501266081233791	
6	0	

Четкая модель

Доходность оптимального портфеля 3,81078163269364

Риск оптимального портфеля 0,229999994210585

Стоимость покупки 41179,5908328065

Нечетко-множественный

23%, прибутковість портфелю – 3,81%.

Вартість такого портфелю з описаним відсотковим розподілом ЦП – 41179, 59 грн.

Для формування ПЦП за моделлю Марковіца в нечітко-множинній постановці з рівнем ризику 23% і критичним рівнем прибутковості 4,5%

Данные (четкая модель)
 Волатильность бумаги с минимальным риском 2,43025456482071E-5
 Волатильность бумаги с максимальным риском 0,875449899788983
 Процесс оптимизации График ОК

Данные (нечетко-множественный метод)
 Коридоры доходностей ЦБ

ЦБ	Доля ЦБ в портфеле	Доля ЦБ в портфеле(нечетко)
1	0,412157609914246	0
2	0	0
3	0,0865762380103895	0
4	0	0,071783334858706
5	0,501266081233791	0,928208763619135
6	0	0

Четкая модель Нечетко-множественный
 Доходность оптимального портфеля 3,81078163269364 5,21256524993751
 Риск оптимального портфеля 0,229999994210585 0,229999986791658
 Стоимость покупки 41179,5908328065 60104,7451663004

отримуємо наступні результати : треба інвестувати кошти в цінні папери четвертого і п'ятого емітенту в наступному відсотковому розподілі :

7 % коштів – в акції компанії “АКЦІОНЕРНИЙ

ПОШТОВО-ПЕНСІЙНИЙ БАНК - "АВАЛЬ"

93 % коштів – в акції компанії “ ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "СТРАХОВА КОМПАНІЯ "УНІВЕРСАЛЬНА ”

При цьому рівень ризику портфелю – 23%, прибутковість портфелю – 5,21%.

Вартість такого портфелю з описаним відсотковим розподілом ЦП – 60104, 74 грн.

Розглянемо приклад формування ПЦП з високим рівнем ризику . Характерно, що портфелю з більшим рівнем ризику буде відповідати і більша прибутковість. Для тієї ж вибірки альтернативних цінних паперів проведемо процес формування ПЦП з рівнем ризику 50% для обох методів. Назва портфелів – ПЦП_03 1, ПЦП_03 2.

Формирование портфеля ценных бумаг

Данные (четкая модель)
 Волатильность бумаги с минимальным риском 2,43025456482071E-5
 Волатильность бумаги с максимальным риском 0,875449899788983
 Процесс расчета График ОК

Данные (нечетко-множественный метод)
 Коридоры доходностей ЦБ

ЦБ	Доля ЦБ в портфеле	Доля ЦБ в портфеле(нечетко)
1	0,138846618188891	0
2	0	0
3	0,123905484736673	0
4	0	0,0354897424007177
5	0,73724742276789	0,96450179713261
6	0	0

Четкая модель Нечетко-множественный
 Доходность оптимального портфеля 4,77924734473864 5,38531330819196
 Риск оптимального портфеля 0,499999974207729 0,500000001617411
 Стоимость покупки 52365,4239458722 62271,0737571851

Можемо бачити, що в цьому випадку отримуємо наступні результати :

Для чіткої моделі максимальний прибуток портфелю при рівні ризику 50% досягається при наступному відсотковому розподілі цінних паперів :

14% коштів – в акції компанії “ Акціонерно-комерційний банк соціального розвитку "Укрсоцбанк"”

12% коштів – в акції “ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВРИСТВО "ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНА КОМПАНІЯ ХЕРСОНОБЛЕНЕРГО"”

74% коштів - в акції компанії “ ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "СТРАХОВА КОМПАНІЯ "УНІВЕРСАЛЬНА" “

При цьому рівень ризику портфелю – 50%, прибутковість портфелю – 4,79%.

Вартість такого портфелю з описаним відсотковим розподілом ЦП – 52365, 45 грн.

Для нечітко-множинної моделі при гранично припустимому рівні прибутковості портфелю 5,2% і при рівні ризику 50% кошти треба інвестувати в наступному відсотковому розподілі цінних паперів :

3 % коштів – в акції компанії “АКЦІОНЕРНИЙ ПОШТОВО-ПЕНСІЙНИЙ БАНК - "АВАЛЬ"”

97 % коштів – в акції компанії “ ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "СТРАХОВА КОМПАНІЯ "УНІВЕРСАЛЬНА ”

При цьому рівень ризику портфелю – 50%, прибутковість портфелю – 5,18%.

Вартість такого портфелю з описаним відсотковим розподілом ЦП – 59668, 36 грн.

Слід зауважити, що при збереження даних про портфель до його імені додається символ “1”, якщо він був сформований за моделлю Марковіца в класичній постановці, і “ 2 ”, якщо він був сформований за моделлю Марковіца в нечітко-множинній постановці .

В кінцевому результаті ми отримуємо наступні портфелі цінних паперів :

Таблиця 1.

Назва ПЦП	Метод формування ПЦП	Ризик ПЦП, %	Прибутковість ПЦП, %	Вартість ПЦП, грн	Обєм ПЦП	Розподіл активів					
						US CB, %	AZ ST, %	HOE N, %	BA VL, %	SK UN, %	UT EL, %
ПЦП_02 1	Чіткий	23	3,81	41179, 59	10000	41	-	9	-	50	-
ПЦП_02 2	Нечітко-множинний	23	5,21	60104, 74	10000	-	-	-	7	93	-
ПЦП_03 1	Чіткий	50	4,79	52365,45	10000	14	-	12	-	74	-
ПЦП_03 2	Нечітко-множинний	50	5,17	59668,36	10000	-	-	-	8	92	-

Слід зазначити, що портфель акцій, отриманий за допомоги методу Марковіца, може мати більшу прибутковістю, ніж портфель акцій, отриманий за допомоги нечітко-множинного методу.

Це пояснюється тим, що в моделі Марковіца розрахунок очікуваної прибутковості акцій заснований на показниках за минулі періоди і майже не враховується ситуація на фондовому ринку на момент прийняття рішення інвестором. Через це модель Марковіца дає надто оптимістичну оцінку.

В даному конкретному випадку портфель, який формується за моделлю Марковіца в нечіткій постановці, дає кращі результати тому, що враховується дещо різке збільшення котирувань активів, яке відкидається в класичній постановці.

Для того, щоб переглянути відомості про сформовані портфелі цінних паперів користувач має обрати пункт меню “Портфелі”.

Портфелі									
ID	NAME	REVENUE	RISK	ADD_DATE	ADD_TIN	Volume	Price		
525	Test 1	2,51034951210022	0,499998837709427	02.06.2008	21:36:46	10000	29469,02		
526	Test 1	2,51034951210022	0,499998837709427	02.06.2008	21:37:21	10000	29469,02		
527	Test 1	2,51034951210022	0,499998837709427	02.06.2008	21:37:27	10000	29469,02		
528	Test 1	2,51034951210022	0,499998837709427	02.06.2008	21:37:44	10000	29469,02		
529	Test 2	2,55695591436157	0,499998344346907	02.06.2008	21:39:31	10000	26607,91		
530	Test 1	4,779247283939555	0,499998970197678	02.06.2008	21:39:51	10000	52365,4		
531	Test 2	2,58425164222717	0,499998970197678	02.06.2008	21:39:56	10000	27144,4		
532	Test 1	2,22992467880249	0,500000357627869	02.06.2008	22:47:53	10000	19250		
533	Test 2	2,55841684341431	0,5	02.06.2008	22:48:24	10000	17961,90		
534	Test 2	2,55841684341431	0,5	02.06.2008	22:48:57	10000000000	1796		
535	Test 1	3,81078171730042	0,22999898271164	02.06.2008	23:20:47	10000	41179,5		
536	ПЦП_02_1	3,81078171730042	0,22999898271164	02.06.2008	23:21:13	10000	41179,5		
537	ПЦП_02_2	5,21265542205811	0,22999898271164	02.06.2008	23:21:43	10000	60104,7		

Бумаги		
TICKER	PERC	MARKET
USCB	0,412157696157623	PFTS
AZST	0	PFTS
HOEN	0,0865762382745743	PFTS
BAVL	0	PFTS
SKUN	0,501266062259674	PFTS
UTEL	0	PFTS

На ній відображається інформація про портфель та про цінні папери, які до нього входять. Нижче наведений приклад перегляду відомостей про існуючі ПЦП. Для зручності перегляду на формі виокремлені два блоки:

“Портфелі” та “Бумаги”.

Висновки:

1. Для подолання недоліків класичного підходу аналізу фондового ринку реалізоване використання схеми Марковіца в нечіткій постановці задачі для формування портфеля. Розглядається нечітко-множинний підхід, який ґрунтується на таких принципах: ризик портфеля – це можливість того, що очікувана прибутковість портфеля виявиться нижче деякої зазначеної планової величини; кореляція активів у портфелі не розглядається і не враховується; прибутковість кожного активу – це детерміноване (невипадкове) нечітке число. Аналогічно, обмеження на гранично низький рівень прибутковості може бути як звичайним скалярним так і нечітким числом довільного виду.

У нечіткій моделі зі зниженням очікуваної прибутковості зростає ризик того, що прибуток від портфельних інвестицій виявиться менше критичного значення. В цьому більше логіки, ніж при розгляді ризику як будь-якого відхилення від очікуваного значення, у тому числі й у більшу сторону. Очевидно, що при такому розумінні ризику портфеля в нечітко-множинній моделі вкрай важливо правильно визначити коридор очікуваної прибутковості активів.

Можемо зробити висновок, що різне розуміння ризику є також причиною розходження залежностей ступеня ризику від частки тієї чи іншої акції в портфелі, отриманому різними методами. Найменшим ризиком володіють портфелі, де частка папера з найбільшим доходом досить велика.

2. В рамках роботи був розглянутий процес формування портфелю акцій згідно з індивідуальною стратегією формування портфелю цінних паперів. Були розглянуті наступні математичні моделі формування портфелю цінних паперів:

- Класична модель Марковіца формування портфелю цінних паперів;
- Модифікована модель Марковіца (нечітка модель) формування портфелю цінних паперів;

2. Розроблена програмна реалізація двох методів з вищезазначених, а саме: класичної моделі Марковіца, яка характеризує процес формування портфелю цінних паперів для умов стабільного ринку та модифікованої моделі Марковіца (нечіткої моделі), яка характеризує процес формування портфелю цінних паперів для умов нестабільного ринку, для підтримки розробленої системи створена база даних портфелів цінних паперів, компаній-емітентів і їхніх цінних паперів. Програмний продукт розроблений у середовищі Borland Builder C++ 6.0 та за допомоги СУБД InterBase.

Література

1. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій: Підручник. – К.: Видавничий Дом «Слово», 2003. – 688
2. Markowitz H. Portfolio Selection // Journal of Finance, vol.VII, №1, March 1952. - Також на сайті: <http://cowles.econ.yale.edu/P/cp/p00b/p0060.pdf>
3. Шарп У., Александер Г., Бейли Дж. Инвестиции. - М.: Инфра-М, 1997.
4. Chopra V.K., Ziemba W.T. The Effects of Errors in Means, Variances, and Covariances on Optimal Portfolio Choice. - In: Worldwide Asset And Liability Modeling. - Cambridge University Press, 1998.
5. Недосекин А.О. Нечетко-множественный подход к оценке риска фондовых инвестиций. - СПб, Сезам, 2002. - Также на сайте: <http://www.finansy.ru/eco/nao/b001.zip>
6. Недосекин А.О. Монотонные портфели и их оптимизация // Аудит и финансовый анализ, №2, 2002. - Також на сайті: http://sedok.narod.ru/s_files/PF_Article_4.zip

7. Мінаєва Ю.І. Система формування інвестиційного портфелю на основі теорії застосування нечітких множин. Збірник “Містобудування та територіальне планування” 2008 рік, № 29, Київ, КНУБА.

8. Зайченко Ю.П., Мелліхех Есфандіярфард. Аналіз інвестиційного портфелю на основі апарату нечітких множин і прогнозування. – К.: НТУУ “КПІ”, 2008 – 434 с.

АНОТАЦІЯ

Моделі та методи інформаційної технології аналізу інвестиційного портфелю акцій на підставі методів нечіткої математики. Робота присвячена дослідженням в сфері довірчого керування цінними паперами, а саме - портфельного інвестування, і аналізу методів формування портфелів цінних паперів. Описані математичні моделі і методи рішення, що відповідають зазначеним підходам і приведені результати експериментальних досліджень у задачах формування портфеля.

АННОТАЦИЯ

Модели и методы информационной технологии анализа инвестиционного портфеля акций на основании методов нечеткой математики. Работа посвящена исследованиям в области доверительного управления ценными бумагами, а именно - портфельного инвестирования, и анализу методов формирования портфелей ценных бумаг. Описаны математические модели и методы решения, соответствующие указанным подходам и приведены результаты экспериментальных исследований в задачах формирования портфеля.

ABSTRACT

Information technology of system of formation of an investment portfolio. My work is devoted to researches in the field of confidential management of shares, namely - portfolio investments, and analysis of methods of formation shares portfolios. The mathematical models are described and the methods of the decisions appropriate to the specified approaches and are given results of experimental researches in tasks of portfolio formation.