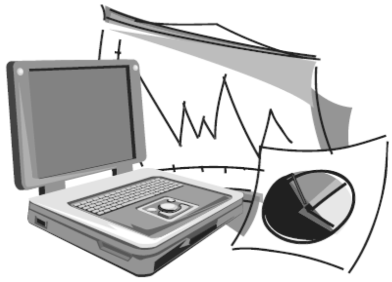
ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ



УДК 681.3.07

Нецветаєв В.А.

ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИМИ ПОРТФЕЛЯМИ З УРАХУВАННЯМ ТЕНДЕНЦІЙ ЗМІНИ ПРИБУТКОВОСТІ

Запропоновано уточнені формули оптимальних інвестиційних портфелів максимальної прибутковості і мінімального ризику з урахуванням тенденцій зміни часових рядів прибутковості фінансових активів. Встановлено переваги запропонованих оптимізаційних моделей і розглянуто приклади розрахунків, що підтверджують їх ефективність.

Ключові слова: інвестиційний портфель, фінансовий актив, прибутковість, оптимізаційна модель.

The specified formulas of optimal investment portfolios of maximal profitability and minimum risk are offered taking into account the tendencies of change of sentinel rows of profitability of financial assets. Advantages of the offered optimization models are shown and the examples of calculations which confirm their efficiency are considered.

Keywords: investment portfolio, financial asset, profitability, optimization model.

Інвестиційна політика включає визначення мети інвестора і об'єму засобів, що інвестуються, причому мета інвестора повинна формулюватися як з урахуванням прибутковості, так і ризику. В результаті вибираються основні види фінансових активів, що включаються в інвестиційний портфель. На етапі аналізу вивчаються окремі цінні папери, зокрема кон'юнктура курсів ринку акцій, з тим, щоб виявити приховані закономірності і якомога точніше спрогнозувати тенденції зміни курсів акцій на певний період. Далі формується портфель цінних паперів, тобто визначається конкретні активи для вкладення коштів, а також пропорції розподілу капіталу між активами. При цьому інвестор стикається з проблемами селективності – динаміки цін окремих цінних паперів і диверсифікації, суть якої в зменшенні ризиків інвестицій шляхом деяких обмежень [1]. Всі етапи інвестиційного процесу повторюються з метою перегляду портфеля при зміні курсів окремих акцій. Періодична переоцінка ефективності портфеля проводиться безперервно в часі і дозволяє переглядати його показники прибутковості і ризику.

Істотний внесок до математичної теорії і практики інвестиційних портфелів внесли відомі вчені Джеймс Тобін, Гарі Марковіц, Мертон Міллер, Уїльям Шарп та ін. Останнім часом актуальність інвестиційної теорії зростає у зв'язку з появою трейдингу на ринку Forex. Обширну літературу з даного питання можна знайти в мережі Internet. Проте фахівці з нової науки, що названа «технічним аналізом» [5], зазвичай не користуються науковою портфельною теорією, що, очевидно, пояснюється іншими цілями інвесторів - спробами швидкої наживи за рахунок короткострокових спекуляцій активами на електронній біржі. В той же час нові методи прогнозування, що набули поширення в технічному аналізі, до цих пір не знайшли широкого застосування в теорії оптимальних портфелів, оскільки остання створювалася на початку 50 -х років XX -го століття, тобто значно раніше.

Ця робота ставить за мету часткове усунення цієї невідповідності, тобто уточнення формул оптимальних інвестиційних портфелів з урахуванням часових тенденцій зміни показників прибутковості активів.

У фундаментальній класичній теорії отримали широке розповсюдження два способи оптимізації інвестиційних портфелів: портфель максимальної прибутковості і портфель мінімального ризику [1,2,3,4]. Розглянемо спочатку як прототипи ці портфелі окремо.

Оптимальний портфель максимальної прибутковості. Формалізоване представлення даного інвестиційного портфеля виглядає таким чином:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i \overline{R_i^t} \to \max \tag{1}$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i^2 \sigma_i^2 + 2\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} X_i X_j Cov^2(i,j) \le b \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = 1, \quad X_i \ge 0, \quad X_i \le c_i \tag{3}$$

де: i – номер цінного паперу в інвестиційному портфелі ($i=1.n$);

X_i - частка цінних паперів i в інвестиційному портфелі.

R_i^t - прибутковість цінних паперів i в t момент часу ($t=1.m$);

$\overline{R_i^t} = \frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m} R_i^t$ - очікуваний дохід визначається середнім значенням прибутковості цінних паперів i за період m років (або інших часових інтервалів, на які розбитий весь інвестиційний період);

b – верхня межа ризику;

σ_i^2 – дисперсія доходів цінних паперів i за період m часових інтервалів;

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m}\left(R_i^t - \overline{R}_i^t\right)^2$$

$Cov(i,j)$ - коваріація доходів цінних паперів за період m часових інтервалів;

$$Cov^2(i,j) = \frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m}\left(R_i^t - \overline{R}_i^t\right)\cdot\left(R_j^t - \overline{R}_j^t\right)$$

Вираз (1) визначає цільову функцію інвестиційного портфеля максимальної прибутковості як суму множин частки цінних паперів на їх середню прибутковість. Виразом (2) є обмеження на верхню межу функції ризику інвестиції, що визначається сумою двох квадратичних форм: перший доданок залежить від дисперсії активів, тобто визначає «розкид» доходностей щодо свого середнього значення; другий доданок визначає додатковий ризик, пов'язаний з взаємозв'язком i і j активів між собою у загальному взаємозв'язаному ринку цінних паперів за допомогою коваріацій доходностей відповідних цінних паперів. Вираз (3) є обмеженнями, що сума всіх ненегативних доль активів портфеля рівна одиниці, тобто що портфель повністю розподіляється між всіма вибраними активами, а кожна доля активу обмежена значенням c_i. В цілому вирази (1), (2), (3) задають алгоритм оптимального управління інвестиційним портфелем максимальної прибутковості, причому як змінні рішення, що управляють ефективністю, тут виступають долі X_i цінних паперів в інвестиційному портфелі. В цій роботі не розглядаються математичні методи вирішення оптимізаційних задач, такі як метод Ньютона, або метод зв'язаних градієнтів, проте за наявності сучасних табличних процесорів Excel або Calc, в яких ці методи вбудовані, знаходження оптимальних значень змінних рішення не викликає утруднень при використанні надбудови «Пошук рішення (Solver)». Подібні завдання також вирішуються в спеціалізованих математичних пакетах прикладних програм MathCAD, MathLAB, Mathematica та ін.

Оптимальний портфель мінімального ризику. Формалізоване представлення цього портфеля виглядає як задача квадратичного програмування

$$\sum_{i=1}^{n} X_i^2 \sigma_i^2 + 2\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} X_i X_j Cov^2(i,j) \to \min \tag{4}$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i \overline{R_i^t} \geq d \tag{5}$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = 1,$$
$$X_i \geq 0,$$
$$X_i \leq c_i \tag{6}$$

де: i – номер цінного паперу в інвестиційному портфелі ($i=1.n$);

X_i - частка цінних паперів i в інвестиційному портфелі.

R_i^t - прибутковість цінних паперів i в t момент часу ($t=1.m$);

$\overline{R_i^t} = \frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m} R_i^t$ - очікувана прибутковість визначається середнім значенням прибутковості цінних паперів i за період m часових інтервалів;

d – нижня межа очікуваної прибутковості від всіх інвестицій;

σ_i^2 – дисперсія прібутковостей цінних паперів i за період m років (або інших часових інтервалів)

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m}\left(R_i^t - \overline{R}_i^t\right)^2;$$

$Cov(i,j)$ - коваріація прібутковостей цінних паперів за період m часових інтервалів;

$$Cov^2(i,j) = \frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m}\left(R_i^t - \overline{R}_i^t\right)\cdot\left(R_j^t - \overline{R}_j^t\right);$$

Вираз (4) визначає цільову функцію інвестиційного портфеля мінімального ризику. Це функція ризику портфеля [2]. Ризик, як і в портфелі максимальної прибутковості, це дисперсія портфеля, яка визначається двома квадратичними формами: перша залежить від дисперсії активів, тобто визначає «розкид» доходностей щодо свого середнього значення; друга визначає додатковий ризик, пов'язаний з взаємозв'язком i і j активів між собою у взаємозв'язаному через загальну валюту ринку цінних паперів, який визначається коваріацій доходностей відповідних цінних паперів. Виразом (2) є обмеження на нижню межу прибутковості інвестицій – суму множин частин цінних паперів на їх середню прибутковість. Вираз (3) є обмеженням, що сума всіх ненегативних доль активів портфеля рівна одиниці, тобто що портфель повністю розподіляється між всіма вибраними активами, а кожна доля активу обмежена значенням

c_i. В цілому вирази (1), (2), (3) задають алгоритм оптимального управління інвестиційним портфелем мінімального ризику, причому у якості змінних рішення, що управляють ефективністю, тут виступають долі X_i цінних паперів в інвестиційному портфелі.

Порівнюючи вирази для обох оптимальних портфелів, можна відмітити їх схожість та відмінність, що полягають в тому, що портфель мінімального ризику виходить з портфеля максимальної прибутковості заміною цільовій функції на обмеження, а обмеження – на цільову функцію. Крім того, можна відмітити, що в обох методах присутня неточність у визначенні закономірностей зміни часових рядів прибутковостей, що призводить до зниження точності оптимального рішення. Тимчасові ряди доходностей представлені як випадкові числа з нормальним законом розподілу, характеристикою яких є їх середнє значення за даний період $\overline{R_i^t} = \frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m} R_i^t$. Тим часом відомо, що в часових рядах завжди присутня детермінована складова, яка є прихованою закономірністю, що відображає певні функціональні тенденції в зміні доходностей. Виявлення цієї прихованої закономірності у вигляді прогнозної моделі дозволить підвищити точність оптимізації інвестиційних портфелів.

У цій роботі, з метою підвищення точності, пропонується скоректувати формули оптимальних інвестиційних портфелів максимальної прибутковості і мінімального ризику за допомогою побудови моделей часових рядів зміни прибутковості. Далі розглядаються уточнені таким чином портфелі.

Уточнений оптимальний портфель максимальної прибутковості. Формалізований опис уточненого портфеля максимальної прибутковості прийме наступний вигляд:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i R_{\mathrm{mod}\, i}^t \to \max \tag{7}$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i^2 \sigma_i^2 + 2\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n} X_i X_j Cov^2(i,j) \le b \tag{8}$$

$$\begin{gathered}\sum_{i=1}^{n} X_i = 1,\\ X_i \ge 0,\\ X_i \le c_i\end{gathered} \tag{9}$$

де: i – номер цінного паперу в інвестиційному портфелі ($i=1.n$);

X_i - частка цінних паперів i в інвестиційному портфелі.

$R_{\mathrm{mod}\, i}^t$ - прибутковість цінних паперів i в t момент часу ($t=1.m$);

b – верхня межа ризику;

σ_i^2 – дисперсія доходів цінних паперів i за період m років;

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m}\left(R_i^t - R_{\mathrm{mod}\, i}^t\right)^2$$

$Cov(i,j)$ - коваріація доходів цінних паперів за період m років;

$$Cov^2(i,j) = \frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m}\left(R_i^t - R_{\mathrm{mod}\, i}^t\right)\cdot\left(R_j^t - R_{\mathrm{mod}\, j}^t\right)$$

Відмінність запропонованої оптимізаційної моделі максимальної прибутковості, представленої виразами (7), (8), (9), від відомої, полягає в методі розрахунку очікуваного прибутку i - го цінного паперу та функції ризику. Спочатку будуються прогнозні моделі часових рядів зміни прибутковості всіх пакетів акцій за весь минулий проміжок часу, наприклад, моделі зміни вартості акцій по роках – для довгострокових інвестицій, кварталах, місяцях, декадах, днях – для короткострокових інвестицій. Для цього можуть використовуватися будь-які відомі методи прогнозування, наприклад методи лінійного або нелінійного трендів [2], методи технічного аналізу [5] або метод нейронної мережі [6], що відрізняються більшою точністю прогнозування. Потім отримують всі значення прогнозної моделі, після чого, підставляють їх у вирази для розрахунку дисперсій і коваріацій, а спрогнозовані на *k=1,2.l* кроків вперед (для простоти приймається *k=1*) значення доходностей цінних паперів – у вираз для максимізованої функції оптимального портфеля. Припущення у пропонованій математичній моделі оптимального портфелю відрізняється від припущення початкової моделі. Тут припускається, що за нормальним законом розподіляються не прибутковості, а залишки між фактичними, та спрогнозованними значеннями прибутковостей. Підвищення точності розрахунку оптимального портфеля максимального доходу досягається за рахунок застосування точнішої моделі при розрахунку прибутковості та ризику, що вносить свої корективи до формул оптимального портфеля. За допомогою скоректованої моделі можна отримувати параметри з тією ж нижньою межею ризику, але з більшим, в порівнянні з відомою моделлю, значенням прибутковості, що є вельми важливим для практики. Крім того, оптимальний портфель можна розраховувати на *k=1,2.l* кроків вперед, і для кожного прогнозного інтервалу він буде різним, що також важливо для виконання корекції інвестиційного портфеля в майбутньому.

Уточнений оптимальний портфель мінімального ризику. Формалізований опис скоректованого оптимального інвестиційного портфеля мінімального ризику матиме наступний вигляд:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i^2 \sigma_i^2 + 2\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} X_i X_j Cov^2(i,j) \to \min \qquad (10)$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i R_{\text{mod}\,i}^{t+k} \ge b \qquad (11)$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = 1, \quad X_i \ge 0, \quad X_i \le c_i \qquad (12)$$

де: i – номер цінного паперу в інвестиційному портфелі (*i=1.n*);

X_i - частка цінних паперів i в інвестиційному портфелі.

$R_{\text{mod}\,i}^{t}$ - прибутковість цінних паперів i в t момент часу (*t=1.m*);

b – нижня межа очікуваного річного доходу від всіх інвестицій;

σ_i^2 – дисперсія доходів цінних паперів i за період m років

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m}\left(R_i^t - R_{\text{mod}\,i}^t\right)^2;$$

$Cov(i,j)$ - коваріація доходів цінних паперів за період m років

$$Cov^2(i,j) = \frac{1}{m}\sum_{t=1}^{m}\left(R_i^t - R_{\text{mod}\,i}^t\right)\cdot\left(R_j^t - R_{\text{mod}\,j}^t\right).$$

У запропонованій оптимізаційній моделі мінімального ризику (10) (11) (12), як і для уточненої моделі максимальної прибутковості, спочатку пропонується побудувати прогнозні моделі зміни прибутковості всіх пакетів акцій за минулий проміжок часу. Як вже наголошувалося, для цього може використовуватися один з відомих методів прогнозування. Потім слід набути всіх значень прогнозної моделі, після чого, підставити їх у вирази для розрахунку дисперсій і коваріацій, а спрогнозовані на *k=1,2.l* кроків вперед значення доходностей цінних паперів – у вираз для обмеження оптимального портфеля. По суті, для обох портфелів мова йде не про зміну методики оптимізації, а про підвищення точності розрахунку оптимального портфеля максимального прибутку або мінімального ризику, за рахунок застосування точнішої моделі при розрахунку прибутковості, що, проте, вносить свої корективи і у формули оптимального портфеля. За допомогою скоректованої моделі можна отримувати параметри з тією ж нижньою межею прибутковості, але з меншим, в порівнянні з відомою моделлю, значенням ризику, що є вельми важливим для практики. Крім того, оптимальний портфель можна розраховувати на k=1,2.l кроків вперед, і для кожного прогнозного інтервалу він буде різним, що також важливо для виконання поточної корекції інвестиційного портфеля.

Слід зазначити, що запропоновані формули оптимальних портфелів є більш загальними, ніж відомі, оскільки вони включають у якості моделі об'єктів управління практично будь-які прогнозні моделі, тоді як відомі оптимальні портфелі використовують поліноміальну модель нульового порядку точності, в якій об'єкт управління (кожна прибутковість) ідентифікується одним числом – середнім значенням прибутковості. Відомі формули є лише окремим випадком запропонованих формул. Очевидно, що використання поліноміальної моделі прибутковості першого порядку дасть точніший результат, а складніші моделі, наприклад викладені в [6], що відрізняються вищими показниками точності і адекватності, дозволять ще більше підвищити точність визначення пайового співвідношення активів в інвестиційному портфелі.

Приклади розрахунку оптимальних портфелів інвестицій. Як приклади розглянемо портфель, що містить три види цінних паперів ЦП 1, ЦП 2 і ЦП 3, по яких відомі реальні показники прибутковості за останніх 12 років (табл.1).

Таблиця 1

Фактичні значення доходностей трьох видів цінних паперів і їх лінійні прогнозні моделі

	Фактичні значення				Лінійні прогнозні моделі		
Номер року	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3	Номер року	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3
1	30,0%	22,5%	14,9%	1	12,3%	9,1%	11,2%
2	10,3%	29,0%	26,0%	2	11,7%	11,3%	13,4%
3	21,6%	21,6%	41,9%	3	11,1%	13,6%	15,6%
4	-4,6%	-27,2%	-7,8%	4	10,4%	15,8%	17,9%
5	-7,1%	14,4%	16,9%	5	9,8%	18,0%	20,1%
6	5,6%	10,7%	-3,5%	6	9,2%	20,2%	22,4%
7	3,8%	32,1%	13,3%	7	8,6%	22,5%	24,6%
8	8,9%	30,5%	73,2%	8	8,0%	24,7%	26,8%
9	9,0%	19,5%	2,1%	9	7,3%	26,9%	29,1%
10	8,3%	39,0%	13,1%	10	6,7%	29,2%	31,3%
11	3,5%	-7,2%	0,6%	11	6,1%	31,4%	33,6%
12	17,6%	71,5%	90,8%	12	5,5%	33,6%	35,8%
Ср. дохід	8,91%	21,37%	23,46%	13 прогноз	4,9%	35,9%	38,0%

Потрібно визначити пайові співвідношення цінних паперів при використанні оптимальних портфелів максимальної прибутковості (по відомих і запропонованих формулах) і пайові співвідношення цінних паперів при використанні оптимальних портфелів мінімального ризику (також по відомих і запропонованих формулах). Потрібно виконати їх порівняльний аналіз і ухвалити раціональне рішення про пропорції розподілу капіталу в активах.

Для вирішення цього завдання спочатку слід візуалізувати дані про доходностях і побудувати моделі, що відображають приховані в цих даних закономірності.

На рис 1 представлені часові діаграми доходностей цінних паперів і їх лінійні моделі. У правій частині табл. 1 представлені числові значення доходностей, обчислені по моделях рис. 1.

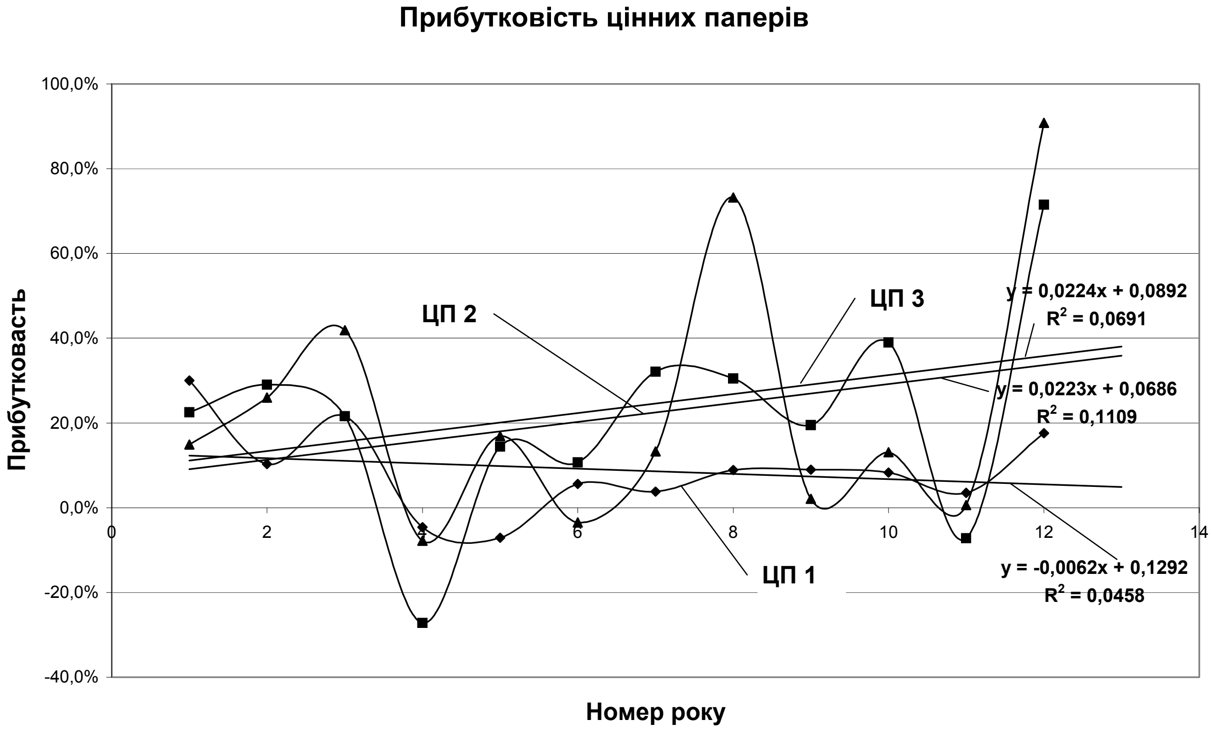


Рис 1 Діаграми зміни прибутковості цінних паперів і їх лінійні прогнозні моделі

Низькі значення коефіцієнта достовірності апроксимації R^2 свідчать про істотний вплив випадкової складової у всіх трьох наборах даних, а той факт, що функціональні моделі неадекватні, в даному випадку не має значення, важливо лише те, що лінійна модель все ж таки на декілька відсотків (4,58% в ЦП1, 11,09% в ЦП2 та 6,91 в ЦП3) адекватніша, ніж модель, що заснована тільки на середньому значенні, в якій $R^2=0$ і функціональній складовій прогнозу нехтують. Розрахунок ризику інвестицій у всіх моделях ведеться по числових характеристиках дискретних випадкових величин, якими є дисперсія і коваріація.

У табл. 2 приведені розраховані значення дисперсій і коваріацій, які є постійними величинами і не змінюються в процесі пошуку оптимального рішення. У нижній частині таблиці приведені прогнозні значення доходностей для початкової і уточненої моделей.

У табл. 3 приведені результати оптимізації усіх розглянутих чотирьох інвестиційних портфелів, для яких отримані оптимальні величини часток цінних паперів у портфелях.

Таблиця 2

Розрахункові значення дисперсій, коваріацій і прогнозних значень прибутковості

	Дисперсія				Коваріація		
	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3		Цп1-Цп2	Цп2-Цп3	Цп1-Цп3
Початкова модель	0,0099	0,0535	0,0864		0,0114	0,0508	0,0120
Уточнена модель	0,009453	0,047592	0,080409		0,013014	0,044858	0,013631

Прогнози доходностей для початкової моделі (середні значення)			Прогнози доходностей для уточненої моделі (лінійна функція)		
ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3
8,91%	21,37%	23,46%	4,9%	35,9%	38,0%

Таблиця 3

Результати оптимізації всіх розглянутих інвестиційних портфелів

Оптимальний портфель максимальної прибутковості, початкова модель						
	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3	Портфель	Обмеження	
Портфель	54,32%	34,64%	11,04%	100%	100%	70,00%
Дохід	4,84%	7,40%	2,59%	14,8%	= ОД	
	2,000%			2%		
	Ризик			Огр-ніє		
Оптимальний портфель максимальної прибутковості, уточнена модель						
	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3	Портфель	Обмеження	
Портфель	52,09%	41,99%	5,91%	100%	100%	70,00%
Дохід	2,53%	15,05%	2,25%	19,8%	= ОД	
	2,00%			2,0%		
	Ризик			Огр-ніє		
Оптимальний портфель мінімального ризику, початкова модель						
	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3	Портфель	Обмеження	
Портфель	75,18%	24,82%	0,00%	100%	100%	80,00%
Дохід	6,70%	5,30%	0,00%	12%	12%	
			1,31%	= Ризик		
Оптимальний портфель мінімального ризику, уточнена модель						
	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3	Портфель	Обмеження	
Портфель	80,00%	19,86%	0,14%	100%	100%	80,00%
Дохід	3,89%	7,12%	0,05%	11%	12%	
			1,21%	= Ризик		

Порівнюючи результати оптимізації для конкретних числових даних можна відмітити, що запропоновані формули оптимального інвестиційного портфеля максимальної прибутковості дозволяють отримати загальну прибутковість 19,8% проти 14,8% в початковій моделі, тобто позитивний ефект за інших рівних умов виявився в збільшенні прибутковості інвестиційного портфеля на 5%. Відмітимо, що ризик при цьому не збільшився і склав 2%. Порівняння початкового і запропонованого портфеля мінімальної ризику показало, що запропонований портфель понизив ризик по відношенню до початкового з 1,31% до 1,21%, тобто на 0,1%, проте прибутковість портфеля при цьому зменшилася з 12% до 11%, тобто на 1%.

На рис 2 приведено дві лінії, за допомогою яких можна візуально оцінити переваги уточнених оптимальних портфелів в порівнянні з відомими.

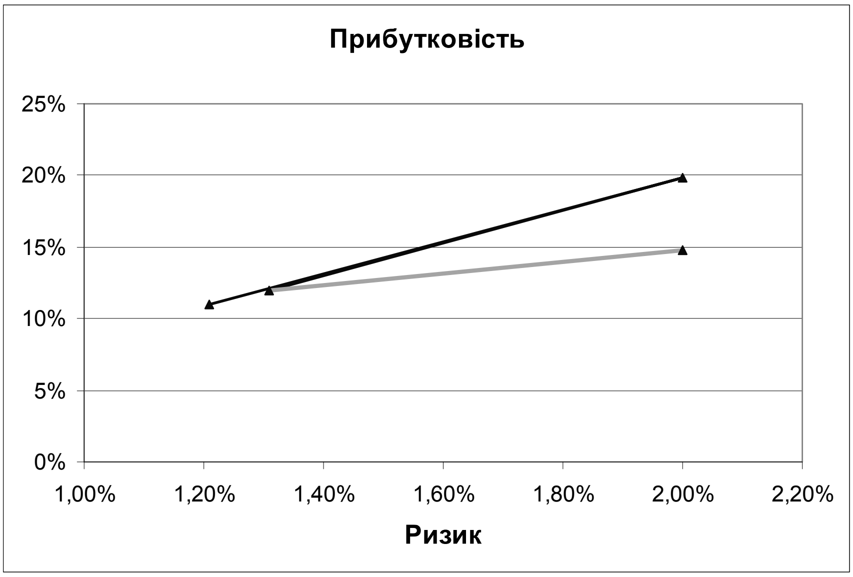


Рис. 2. Візуалізація переваг запропонованих оптимальних портфелів (темна лінія) у порівнянні з відомими (світла лінія)

Темна лінія проведена з крапки, відповідної уточненому портфелю мінімального ризику в крапку, відповідну уточненому портфелю максимальної прибутковості. Уздовж цієї лінії можна варіювати величинами доходностей і ризику, змінюючи відповідні обмеження і проводячи перерахунок оптимального портфеля. Світла лінія відповідає точкам відомих портфелів. З малюнка видно, що практично завжди запропоновані рішення даватимуть кращі результати доходностей портфелів, і кожен інвестор може вибрати свій оптимальний варіант з потрібною прибутковістю і ризиком. На наш погляд, для розглянутого прикладу якнайкращим є уточнений портфель максимальної прибутковості, тому що при незначному збільшенні ризику, в порівнянні з відповідним портфелем мінімального ризику (на 0,79%), він дає приріст прибутку на 8,8%, тобто вірогідність отримання доходу переважає над вірогідністю його втрати в 11,12 разу.

Розроблену в даній роботі нову уточнену теорію оптимальних інвестиційних портфелів, спільно з раніше опублікованою уточненою методикою прогнозування часових рядів [6] і іншими методами прогнозування [2, 5], можна рекомендувати до широкого та ефективного використання в практиці інвестування грошових коштів в цінні папери та інші фінансові активи.

Література

1. Шарп У. Инвестиции: Пер. с англ. / У. Шарп, Г. Александер, Дж. Бэйли. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 1028 с.
2. Мур Дж. Экономическое моделирование в Microsoft Excel, 6-е изд. : Пер. с англ. / Дж. Мур, Л.Р. Уэдерфорд и др. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004. – 1024 с.
3. Джексон М. Финансовое моделирование в Excel: углубленный курс, : Пер. с англ. / М. Джексон, М.М. Стонтон. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 352 с.
4. Боди З. Принципы инвестиций, 4-е изд. / З. Боди, А, Кейн, А. Маркус – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 984 с.
5. Швагер Дж. Технический анализ. Полный курс. / Дж. Швагер. – М.: Альпина Паблишер, 2001. – 768 с.
6. Нецветаєв В.А. Підвищення точності прогнозування економічних процесів з використанням моделі нейтронної мережі / В.А. Нецветаєв, Є.М. Логачов // Науковий вісник НГУ. – 2006. – №7. – С. 25-29.

Рекомендовано до друку:
д.е.н., проф. Галушко О.С., 20.05.2010

Надійшло до редакції:
01.04.2010