

ОПТИМІЗАЦІЯ ПОРТФЕЛЮ БАНКІВСЬКИХ ПРОДУКТІВ В УМОВАХ РОЗВИТКУ FIN-TECH З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

*Н. М. Штефан, к. т. н., доцент, НТУ «Дніпровська політехніка»,
shstefannat@gmail.com, orcid.org/0000-0003-4779-2618,*

*Л. Г. Соляник, к. е. н., професор, НТУ «Дніпровська політехніка»,
l.g.s@ua.fm, orcid.org/0000-0003-3291-3931,*

*Ю. С. Стефаненкова, студентка НТУ «Дніпровська політехніка»,
Shtefanenkova.Yu.S@ntu.one, orcid.org/0000-0002-7927-1166*

Методологія дослідження. У ході розкриття особливостей портфеля банківських продуктів в Україні та його оптимізації в умовах розвитку Fin-Tech було використано економіко-математичне моделювання. Для вирішення поставлених завдань використано методи економіко-статистичного аналізу, нелінійну багатопараметричну оптимізацію та методи динамічного стохастичного програмування.

Результати дослідження. За результатами моделювання оптимальної структури інвестиційного портфеля встановлено, що використання динамічної моделі є доволі ефективним інструментом і дозволяє підвищити прибутковість оптимального портфеля банківських продуктів в Україні. За допомогою даного інструменту в ході дослідження отримано новий, більш оптимальний розподіл цінних паперів в інвестиційному портфелі банківських продуктів та винесено рекомендації щодо оптимізації його структури.

Наукова новизна цієї роботи полягає у спрощенні динамічної моделі формування інвестиційного портфеля при великих горизонтах планування.

Практична значущість дослідження полягає в тому, що новація, а саме, спрощення динамічної моделі формування інвестиційного портфеля при великих горизонтах планування, робить модель доступнішою для використання на практиці. Практична значущість даної роботи полягає також у можливості ширшого використання даної ефективної моделі, яка дозволить підвищити прибутковість портфеля банківських продуктів та знизити рівень портфельного ризику.

Ключові слова: портфель банківських продуктів, оптимізація, фінансові технології, цифрова трансформація, інформаційні технології, необанки, економіко-математичні моделі.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку банківської системи вимагає від кожного банку посилення уваги потреб споживача як центрального суб'єкта фінансових відносин і, відповідно, оптимізації своїх внутрішніх процесів для створення сучасних портфелів банківських продуктів високої якості. Вдосконалення моделей співпраці банківських установ з клієнтами має орієнтуватися на покращення комунікацій, застосування персоналізованого підходу до споживачів, щоб забезпечити їх лояльне ставлення та запобігти розриву між пріоритетами банків та їх клієнтів.

Зростання рівня якості власних портфелів продуктів у розрахунку на широке коло як корпоративних, так і приватних клієнтів можливе у разі розвитку IT-інфраструктури, активної діджиталізації банків, що створюють можливості застосування сучасних фінансових технологій.

Прогрес науки та техніки дуже швидко рухається. У цьому змінюються технологічні способи життя суспільства. Fin-Tech – це нове бачення та потужний тренд у фінансовій сфері. Fin-Tech приваблює як розробників програм, так і гравців фінансового ринку, які

готові впроваджувати інноваційні рішення в житті. Завдяки Fin-Tech дедалі більше кардинально змінюються традиційні послуги, такі як кредити, грошові перекази, мобільні платежі тощо.

В умовах посилення конкуренції на ринку банківських послуг та, як наслідок, необхідності перманентного підвищення економічної ефективності діяльності банківських організацій актуалізується завдання формування та використання економіко-математичних моделей, що дозволяють значною мірою збільшити швидкість і якість управлінських рішень, що приймаються. В даний час більшість таких рішень банки приймають експертним шляхом або на підставі одноразових розрахунків економічної ефективності окремих проектів з урахуванням наявних статистичних даних про динаміку макроекономічних процесів. Завдання такого роду, як правило, реалізуються на базі стохастичних економіко-математичних моделей, заснованих на знанні імовірнісних характеристик параметрів, що моделюються. Для їх побудови необхідно дотримуватись досить жорстких умов на реалізацію аналізованих процесів, що важко виконати на практиці. У зв'язку з цим для вирішення багатокритеріальної оптимізаційної задачі управління роздрібним підрозділом комерційного банку пропонується використовувати динамічні економіко-математичні моделі, в які включені керуючі впливи та векторний критерій якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізу та методам оптимізації портфеля банківських продуктів, найбільш вигідному плану розподілу та перерозподілу інвестицій присвячено велику кількість досліджень. Економіко-математична модель завдання вибору оптимальної структури портфеля вперше була запропонована Г. Марковицем. Інший відомий американський учений-економіст Д. Тобін узагальнив це завдання, показавши, що оптимальна структура портфеля цінних паперів залежить від схильності інвестора до ризику [1]. Вітчизняні вчені також активно розвивали теорію управління інвестиційними портфелями (серед них можна назвати таких вчених, як Б. Л. Луців [2], Б. І. Пшик [3], Л. Дума та М. Бурда

[4]). Згодом деякі вчені почали використовувати динамічні моделі для характеристики інвестиційного портфеля Д. Ф. Кузнецова, В. В. Домбровського [5, 6]. Однак і серед вітчизняних учених немає єдиної думки щодо моделювання оптимального інвестиційного портфеля банку [7].

Формулювання мети статті. Метою роботи є розкриття особливостей портфеля банківських продуктів в Україні та його оптимізація в умовах розвитку Fin-Tech з використанням економіко-математичних моделей.

Виклад основного матеріалу дослідження. Банківська система України розгорнула активну діяльність на ринку фінансових послуг, прийшовши до відносної економічної стабільності після фінансової кризи. Побудова якісного портфеля банківських продуктів неможливе без урахування зовнішніх та внутрішніх факторів впливу на процес формування його структури та величину якісних характеристик. Таким чином, оптимізація кредитного та депозитного портфелів банку сприятиме покращенню ситуації у загальному портфелі продуктів окремого банку.

Також слід зазначити, що портфель банківських продуктів повинен відповідати відповідним принципам (рис. 1). Дотримання цих принципів щодо складання портфеля банківських послуг також сприятиме його оптимізації.



Рис. 1. Принципи, яким має відповідати портфель банківських продуктів
Джерело: [складено авторами]

Оптимізація – це знаходження найкращого (з безлічі можливих) варіантів вирішення задачі при заданих вимогах, обмеженнях. Так, оптимізація портфелю банківських продуктів полягає у визначенні шляху досягнення мети при найкращих (зазвичай мінімальних або максимальних) значеннях показників, що характеризують цей процес, наприклад, за мінімальний проміжок часу, з найбільшим економічним ефектом, з максимальною точністю. Або у найбільш загальному випадку: вибір найкращого (оптимального) варіанта з безлічі можливих. В економіці - визначення значень економічних показників, у яких досягається оптимум, тобто оптимальний, найкращий стан системи. Найчастіше оптимуму відповідає досягнення найвищого результату за даних витрат ресурсів або досягнення заданого результату при мінімальних ресурсних витратах.

В даний час можна виділити такі підходи до вирішення цієї проблеми:

- метод пасивної еволюції;
- моделювання кредитного ризику;
- портфельна теорія Макрвіца;
- портфельна теорія Тобіна;
- критерію Вальда;
- критерію Максимаксу;
- критерію Севіджа;
- коефіцієнти Лапласа та варіації.

Метод пасивної еволюції є методом поступового припинення потоків платежів банку при повній зупинці ним активних дій (операцій з розміщення та залучення коштів, з продовженням лише взаєморозрахунків з уже наявними клієнтами). Сенс цього методу полягає в оцінці працездатності банку, його можливості до виконання своїх зобов'язань у таких штучно створених умовах. Алгоритм цього методу полягає в наступному. Для кожного дня розраховують сумарні грошові вилучення, які складаються з планових вилучень і панічних добавок, які є боргом за попередні періоди, у разі, якщо банк у цей час відчував фінансові труднощі. Для їх покриття використовують: готівку, частину активів (мається на увазі їх продаж), штраф (за нестачу готівки). Мається на увазі своєрідний одноденний кредит, де банк купує кошти на міжбанківському ринку для покриття вилучення, що виникло сьогодні, за які він роз-

платиться завтра за рахунок частини реалізованих активів. У разі коли коштів банку не вистачає для покриття сумарних грошових вилучень, банк визнається неспроможним і пасивна еволюція припиняється. Якщо ж активів достатньо, то обчислюються величини та залишки активів.

Переваги даного методу:

- легко поєднати з іншими методами;
- рішення можуть бути інтерпретовані;
- обробляється велика кількість альтернативних рішень.

Недоліки даного методу:

- евристичний характер еволюційних обчислень не гарантує оптимальність отриманого рішення;
- відносно висока обчислювальна трудомісткість,
- відносно невисока ефективність на завершальних фазах моделювання еволюції.

Описаний вище метод пасивної еволюції називається іноді методом прогнозу ліквідних активів. Треба звернути увагу на те, що для більш точних прогнозів при його застосуванні використовується імітаційне моделювання процесу руху грошових коштів банку, що враховує не лише окремі події, що здійснюються з високою часткою ймовірності (виконання зобов'язань за договірними відносинами, здійснення витрат, передбачених кошторисом), а й середньостатистичні показники зміни ресурсної бази та працюючих активів банку.

При моделюванні кредитного ризику, ризик розглядається у трьох варіантах: коли позичальники виплачують борг не вчасно, виплачують не всю суму, заявлену у договорі, або виплачують борг не відразу, а частинами. Для даного підходу характерно те, що ризик затримки чи неповернення кожного окремо взятого кредиту в момент рішення видачі кредиту або відмови клієнту неможливо визначити. Тому в даному випадку пропонується обмежитися усередненою сумою повернення кредиту.

Банки вже використовують моделі кредитного ризику для іпотеки та споживчого кредитування протягом десятиліть. Моделі кредитного ризику, як правило, відомі як моделі кредитного скорингу, які були вперше

розроблені для споживчого кредитування через велику кількість. Навпаки, є багато маленьких комерційних позичальників, і це тільки в останні кілька років, моделі кредитного ризику для кредитів були успішно створені на ринку і інтегровані в процедурах управління ризиками банків.

Переваги цієї моделі:

- ймовірність дефолту перестав бути постійної величиною, а може змінюватися протягом часу;

- аналітичний метод розрахунку;

- порівняно невеликий обсяг вхідних даних, облік макроекономічних чинників в оцінці ймовірності дефолту.

Недоліки цієї моделі:

- спрощеність;

- неможливість інтегрувати кредитний ризик із ринковим.

Портфельна теорія Марковіца – методика формування інвестиційного портфеля, спрямована на оптимальний вибір активів, виходячи з необхідного співвідношення прибутковості/ризик [8–10].

Після проведеної Марковіцем формалізації, з математичної точки зору завдання формування оптимального портфеля являло собою завдання квадратичної оптимізації при лінійних обмеженнях.

Для побудови простору можливих портфелів Марковіц запропонував використовувати клас активів, вектор їх середніх очікуваних прибутків та матрицю коваріацій.

На основі цих даних будується безліч можливих портфелів з різними співвідношеннями прибутковості/ризик.

Оскільки в основі аналізу лежать два критерії, менеджер обирає портфелі:

- або пошуком ефективних, чи не поліпшуваних рішень. У цьому випадку будь-яке рішення, краще знайдених за одним параметром обов'язково буде гіршим за інше;

- або вибираючи головний критерій (наприклад, прибуток має бути не нижче певної величини), інші використовуючи лише як критеріальні обмеження;

- або задаючи певний критерій, який є суперпозицією зазначених двох (наприклад, їх функцією).

Це і є очікувана прибутковість. Якщо інвестиційний портфель складається з де-

якого числа інструментів, то загальна очікуваний прибуток портфеля розраховується як сума творів доходності окремих інструментів на їхню частку в портфелі:

$$E_p = \sum W_i \cdot e_i, \quad (1)$$

E_p – очікувана прибутковість портфеля;

e_i – очікувана прибутковість i -го фінансового інструменту;

W_i – частка i -го фінансового інструменту в портфелі.

Відхилення прибутковості інструменту від очікуваної величини виражається через дисперсію:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum (e_i - \langle e \rangle)^2, \quad (2)$$

$\langle e \rangle$ – середнє значення інструмента за весь інтервал;

n – кількість періодів;

σ^2 – дисперсія прибутковості інструменту на даному інтервалі.

У портфельній теорії Марковіца кредитний портфель оптимізується за допомогою математичного моделювання. Завдання зводиться до максимізації очікуваного доходу (цільової функції), а відповіддю неї буде рішення банку видавати клієнту кредит чи відмовити йому у цій послугі. Підхід Марковіца допомагає банку вирішити дві проблеми: мінімізувати ризики та максимізувати прибутковість кредитного портфеля.

Переваги теорії Марковіца:

- портфель формується на засадах стабільності. Відсутня гра на коливаннях, відбувається постійна перетряска портфеля з метою підтримки оптимального співвідношення активів;

- не використовується плече та короткі позиції.

Недоліки теорії Марковіца:

- основна увага приділяється аналізу поведінки окремих активів (акцій, облігацій);

- основною характеристикою активів є виключно прибутковість, тоді як інший фактор – ризик – не отримує чіткої оцінки при інвестиційних рішеннях.

Застосування підходу Марковіца до формування кредитного портфеля банку не набуло широкого поширення. Проблеми застосування викликає складний математичний апарат, і навіть наявність розвиненої системи збору інформації для реалізації моделі.

За критерієм Вальда оцінкою i -ї альтернативи є її найменший виграш:

$$W_i = \min(x_{ij}), j = 1 \dots M, \quad (3)$$

x_i – альтернативи;

j – стан природи.

Оптимальною визнається альтернатива з максимальним найгіршим виграшом:

$$X^* = X_k, W_k = \max(W_i), i = 1 \dots N, \quad (4)$$

Переваги критерію Вальда:

– гранично консервативний, тобто його застосовують у ситуації, у якій не резонно ризикувати.

– простий у обчисленні.

Недоліком критерію Вальда є його надмірна песимістичність, і, як наслідок, не завжди логічний результат.

Критерій Севіджа дещо відрізняється від решти. Оцінка альтернатив проводиться не за вихідною матрицею, а за так званою «матрицею жалю» або, як її ще називають у деяких джерелах, «матрицею ризиків». Порядок застосування критерію Севіджа наступний.

1. Для кожного стану природи j (стовпця матриці) визначається максимальне значення виграшу u_j :

$$u_j = \max(x_{uj}), \quad (5)$$

2. Для кожної клітини вихідної матриці X знаходиться різниця між максимальним виграшом u_j для даного стану природи і результатом у комірці x_{uj} , що розглядається:

$$r_{ij} = u_j - x_{ij}, \quad (6)$$

u_j - максимальне значення виграшу;

З отриманих значень складається нова матриця R – «матрицю жалю» або, як її ще можна назвати, матриця недоотриманих виграшів.

3. Для кожної альтернативи у новій матриці R знаходиться найбільший можливий недоотриманий виграш («максимальний жаль»). Це і є оцінкою цієї альтернативи за критерієм Севіджа S_i :

$$S_i = \max(r_{ij}), j = 1 \dots M, \quad (7)$$

4. Оптимальною може бути визнана альтернатива з мінімальним найбільшим недоотриманим виграшом:

$$X^* = X_k, S_k = \min(S_i), i = 1 \dots N, \quad (8)$$

Недоліком критерію мінімаксних жалів є обчислення величин жалю за ситуацією. Тому критерій Севіджа чутливий до складу вихідної множини альтернатив і не має властивості незалежності (стійкості) від «сторонніх» (додаткових) альтернатив.

Ще раз підкреслимо, що на відміну від інших критеріїв, найкращою альтернативою є та, для якої значення критерію Севіджа є мінімальним, оскільки критерій відображає найбільший з можливих недоотриманих виграшів для даної альтернативи. Зрозуміло, що менше можна недоотримати, тим краще.

Діаметральною протилежністю критерію Вальда є так званий критерій «максимуму». Якщо Вальд відображав погляд граничного песиміста, то максимум відповідає відношенню крайнього оптимізму. Вся увага приділяється лише найкращим результатам, тому оцінкою i -ї альтернативи за даним критерієм є її найбільший виграш M_i :

$$M_i = \max(x_{ij}), j = 1 \dots M, \quad (9)$$

Оптимальною вважається альтернатива з максимальним найбільшим виграшем:

$$X^* = X_k, M_k = \max(M_i), i = 1 \dots N, \quad (10)$$

За критерієм «максимуму» оптимальним є проект X_2 , який може забезпечити найбільший прибуток при найкращому збігу обставин.

Критерій «максимуму» не враховує жодних інших результатів, крім найкращих. Тому його застосування, по-перше, може бути небезпечним, і, по-друге, як і критерій Вальда може призводити до нелогічних рішень. Наприклад, серед альтернатив $A \{-100;$

0; 500} і {200; 300; 400} з позиції «максимуму» кращою є А, проте вона несе в собі і небезпеку збитків (-100), і взагалі всі результати, крім кращого набагато поступаються В. Тому практичне застосування критерію «максимуму» дуже обмежене.

Перевагами цієї моделі є:

- відсутність необхідності в точних вихідних даних та дорогих програмних засобах;
- можливість проводити оцінку до розрахунку ефективності проекту;
- простота розрахунків.

Недоліком цієї моделі є складність у залученні незалежних експертів та суб'єктивність оцінок.

Критерій Лапласа ґрунтується на принципі недостатнього обґрунтування. Оскільки в рамках інформаційного підходу в ситуації невизначеності ймовірності станів невідомі, немає підстав стверджувати, що вони різні. Тому можна припустити, що вони однакові.

За критерієм Лапласа як оцінку альтернативи використовується середній виграш:

$$L_i = \frac{\sum_{j=1}^M x_{ij}}{M}, \quad (11)$$

Оптимальною є альтернатива з максимальним середнім виграшем:

$$X^* = Xk, Lk = \max(Li), i = 1 \dots N, \quad (12)$$

Формула коефіцієнта варіації:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%, \quad (13)$$

σ – середньоквадратичне відхилення при вибірці;

\bar{x} – середньоарифметичне значення розкиду значень.

Цей показник вимірюється у відсотках (якщо помножити на 100%). У статистиці прийнято, що якщо коефіцієнт варіації:

- менше 10%, то рівень розсіювання даних вважається незначним;
- від 10% до 20% – середнім;
- більше 20% і менше або дорівнює 33% – значним;
- значення коефіцієнта варіації не перевищує 33% – сукупність вважається однорідною;
- якщо більше 33% – неоднорідною.

Середні, розраховані для однорідної сукупності – значні, тобто дійсно характеризують цю сукупність, для неоднорідної сукупності – незначні, не характеризують сукупність через значний розкид значень ознаки в сукупності.

Переваги показника – його простота. Недоліки – він залежить лише від двох крайніх значень ознаки та не враховує частот у варіаційному ряду. Внаслідок того, що цей показник не відображає ступінь коливання всіх варіантів, його використовують лише для наближеної характеристики розмірів варіації ознак або коли потрібно знати мінімальне або максимальне значення.

Перелічені оптимізаційні та прогнозні моделі відносяться до «приватних» моделей «банківської фірми», що орієнтовані на вирішення конкретних завдань вибору та управління банківським портфелем.

Економіко-математичне моделювання банківської діяльності дозволяє поглянути на проблематику феномена динамічної стійкості банку з позиції традиційно використовуваного в аналізі економіко-математичних моделей інструментарію для оцінки стабільності оптимальних рішень. Показники для моделювання представлені в таблиці 1 [11].

Таблиця 1

Показники прибутковості (тис. грн.)

| | 2018 р. | 2019 р. | 2020 р. | 2021 р. |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Державні боргові цінні папери України | 50561364.00 | 32158908.00 | 11176248.00 | 2254244.00 |
| Інші боргові інструменти утримувані | 2060856.00 | 5656840.00 | 1076155.00 | 548630.00 |
| Дольові цінні папери | 33570.00 | 412526.00 | 580568.00 | 578266.00 |
| Сума | 52655790.00 | 38228274.00 | 12832971.00 | 3381140.00 |

Джерело: [11]

Розрахунки проводились за наступною схемою:

– розрахунок щорічної прибутковості за акціями (табл. 2);

– розрахунок математичного сподівання, щодо кожної з акцій (табл. 3);

– розрахунок ризику акцій (табл. 4);

– розрахунок коефіцієнтів коваріації (табл. 5).

Таблиця 2

Щорічна прибутковість за акціями

| | 2019 р. | 2020 р. | 2021 р. |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|
| Державні боргові цінні папери України | -0.45 | -1.06 | -1.60 |
| Інші боргові інструменти утримувані | 1.01 | -1.66 | -0.67 |
| Дольові цінні папери | 2.51 | 0.34 | 0.00 |

Джерело: [складено авторами]

Таблиця 3

Математичне сподівання

| | Математичне очікування прибутковості |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Державні боргові цінні папери України | -1.04 |
| Інші боргові інструменти утримувані | -0.44 |
| Дольові цінні папери | 0.95 |

Джерело: [складено авторами]

Таблиця 4

Показники ризику акцій

| | Ризик акцій |
|---------------------------------------|-------------|
| Державні боргові цінні папери України | 0.57 |
| Інші боргові інструменти утримувані | 1.35 |
| Дольові цінні папери | 1.36 |

Джерело: [складено авторами]

Таблиця 5

Коефіцієнт коваріації

| | Державні боргові цінні папери України | Інші боргові інструменти утримувані | Дольові цінні папери |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Державні боргові цінні папери України | 1.46 | 0.70 | 0.70 |
| Інші боргові інструменти утримувані | 0.70 | 0.70 | 0.34 |
| Дольові цінні папери | 0.79 | 0.34 | 0.43 |

Джерело: [складено авторами]

Розрахуємо загальний прибуток портфеля за наступною формулою:

$$R_{i,j} = \sum_{n=1}^n r_{i,j} w_{i,j} \rightarrow \max \quad (14)$$

В результаті отримуємо значення $R_{i,j} = 0,10\%$.

Далі розрахуємо загальний ризик портфеля за наступною формулою:

$$\delta_n^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \delta_i^2 + \sum_i \sum_j^n w_i w_j r_{ij} P_{ij} \delta_i \delta_j \quad (15)$$

В результаті отримуємо значення $\delta_n^2 = 0,77\%$.

Для гнучкості результатів, за запропонованою моделлю були проведені аналогічні розрахунки на прикладі банку «Крудобанк». У цьому випадку загальний прибуток портфеля склав 0,08%, а загальний ризик портфеля 0,77% (як і для банку «Ощадбанк»).

Висновки. За результатами проведеного дослідження ризику АТ «Ощадбанк» за

моделлю Г. Марковіца, ми дійшли до висновку, що даний банк є практично без ризиковим для інвесторів (0,77%). Прибутковість загального портфеля банку складає 0,10%.

Застосування запропонованої моделі дозволяє вирішити одне із найважливіших завдань процесу – формування оптимального портфелю банківських продуктів, а також визначення необхідних стандартів для забезпечення найкращих значень критеріїв якості процесу управління. Перспективним напрямком є ускладнення запропонованої економіко-математичної моделі шляхом розширення фазового вектора системи та включення додаткових критеріїв якості реалізації досліджуваного процесу. Крім того, розроблена економіко-математична модель може стати основою для створення, впровадження та застосування інтегрованої інформаційно-аналітичної системи підтримки прийняття управлінських рішень у банківській сфері.

Література

1. Касимов Ю.Ф. Основы теории оптимального портфеля ценных бумаг. М.: Инф.-изд. дом «Филинь», 1998. 144 с.
2. Луців Б.Л. Інвестиційний банківський портфель. – К.: Лібра, 2002. 192 с.
3. Пшик Б.І. Ситуаційне моделювання діяльності банку. – Львів: ЛБІ НБУ, 2003. 191 с.
4. Дума Л., Бурда М. Оптимізація портфеля цінних паперів з невідомими середніми // III Всеукраїнська наукова конференція з фінансового аналізу студентів та аспірантів: Матер. конференції. Львів, 19-21 квітня 2004. С. 20-22.
5. Домбровский В.В., Герасимов Е.С. Динамическая сетевая модель управления портфелем ценных бумаг в непрерывном времени при квадратичной функции риска. Вестник Томского гос. ун-та. 2000. № 269. С. 70-73.
6. Кузнецов Д.Ф. Численное моделирование стохастических дифференциальных уравнений и стохастических интегралов. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та. 2010. 816с.
7. Шклярук С.Г. Портфельное инвестирование. Теория и практика. М.: Нора-принт. 2000. 350 с.

8. Markowitz H.M. Portfolio Selection, Journal of Finance 7(1). March, 1952. P. 77-91.

9. Markowitz H.M. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment, Wiley, New York, 1959.

10. Markowitz H.M. Mean Variance Analysis in Portfolio Choise and Capital Markets, Basil, Blackwell, 1990.

11. Ошадбанк. Офіційний сайт. – [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.oschadbank.ua>.

12. Кредобанк Офіційний сайт. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://kredobank.com.ua/>.

References

1. Kasimov, Yu.F. (1998). Osnovy teorii optimalnogo portfelya tsennykh bumag. Moskva: Informatsionno-izdatelskiy dom «Filin».

2. Lutsiv, B.L. (2002). Investytsiynyy bankivskyy portfel. Kyiv: Libra.

3. Pshyk, B.I. (2003). Sytuatsiynye modelyuvannya diyalnosti banku. Lviv: LBI NBU.

4. Duma, L., & Burda, M. (2004). Optymizatsiya portfelya tsennykh paperiv z nevidomymy serednimy. Proceedings from MIIM '04: III Vseukrayinska naukova konferentsiya z finansovoho analizu studentiv ta aspirantiv. (pp. 20-22). Lviv, 19-21 kvitnya 2004.

5. Dombrovskiy, V.V., & Gerasimov E.S. (2000). Dinamicheskaya setevaya model upravleniya portfelem tsennykh bumag v nepreryvnom vremeni pri kvadrachnoy funktsii riska. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, (269), 70-73.

6. Kuznetsov, D.F. (2010). Chislennoe modelirovanie stohasticheskikh differentsialnykh uravneniy i stohasticheskikh integralov. Sankt-Peterburg: Izd-vo Sankt-Peterburgskogo un-ta.

7. Shklyaruk, S.G. (2000). Portfelnoe investirovanie. Teoriya i praktika. Moskva: Nora-print.

8. Markowitz, H.M. (1952). Portfolio Selection, Journal of Finance 7(1). March, 1952. Pp. 77-91. doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x

9. Markowitz, H.M. (1959). Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment, Wiley, New York. doi.org/10.7202/1001620ar

10. Markowitz, H.M. (1990). Mean Variance Analysis in Portfolio Choise and Capital Markets, Basil, Blackwell.

11. Oshchadbank. Ofitsiynyy sayt. Retrieved from <http://www.oschadbank>.

12. Kredobank. Ofitsiynyy sayt. Retrieved from <https://kredobank.com.ua/>

OPTIMIZATION OF THE BANKING PRODUCTS PORTFOLIO IN THE CONDITIONS OF FIN TECH DEVELOPMENT USING ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELS

N. M. Shtefan, Ph. D (Econ.), Associate Professor, Dnipro University of Technology,

L. H. Solianyuk, Ph. D (Econ.), Professor, Dnipro University of Technology,

Yu. S. Stefanenkova, Bachelor Student, Dnipro University of Technology

Methods. Economic and mathematical modeling was used in the process of revealing the specifics of the portfolio of banking products in Ukraine and its optimization in the conditions of

Fintech development. Methods of economic and statistical analysis, nonlinear multiparameter optimization, and methods of dynamic stochastic programming were used to solve the tasks.

Results. Based on the results of modeling the optimal structure of the investment portfolio, it was established that the use of a dynamic model is a fairly effective tool and allows to increase the profitability of the optimal portfolio of banking products in Ukraine. With the help of this tool, in the course of the research, a new, more optimal distribution of securities in the investment portfolio of banking products was obtained and recommendations were made to optimize its structure.

Novelty. The scientific novelty of this work lies in the simplification of the dynamic model of investment portfolio formation with long planning horizons.

Practical value of the research is that the innovation, namely, the simplification of the dynamic model of investment portfolio formation with long planning horizons, makes the model more accessible for use in practice. The practical significance of this work also lies in the possibility of wider use of this effective model, which will increase the profitability of the portfolio of banking products and reduce the level of portfolio risk.

Keywords: banking products portfolio, optimization, financial technologies, digital transformation, information technologies, neobanks, economic and mathematical models.

Надійшла до редакції 05.09.22 р.