

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

УДК 336.1-047.58] :519.2

JEL Classification: D81, E44

DOI: [http://doi.org/10.31617/visnik.knute.2021\(139\)09](http://doi.org/10.31617/visnik.knute.2021(139)09)

SHCHETININA Olena,
Doctor of Sciences (Physics and Mathematics),
the Head of the Department
of Higher and Applied Mathematics
of Kyiv National University
of Trade and Economics;
36, Raievskoho Str., Kyiv, 01042, Ukraine

E-mail: o.shchetinina@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0002-7295-1126

SMYRNOVA Olesia,
Leading auditor of internal audit department
of Raiffeisen Bank
9, Lieskova Str., office 705, Kyiv, 01011,
Ukraine

E-mail: olesia.smyrnova@raiffeisen.ua
ORCID: 0000-0002-0411-5484

KOTLIAR Valerii,
Candidate of Sciences (Physics and Mathematics),
Associate Professor at the Department of Higher and Applied Mathematics
of Kyiv National University of Trade and Economics;
36, Raievskoho Str., Kyiv, 01042, Ukraine

E-mail: v.kotlyar@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0003-1736-8277

ФІНАНСОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ: ТЕОРЕТИКО-ЙМОВІРНІСНІ ПІДХОДИ

Досліджено теоретико-ймовірнісні поняття щодо соціально-економічних процесів в умовах невизначеності та неповторюваності. Запропоновано інтерпретацію, висновки, прийняття управлінських рішень відносно результатів аналізу таких процесів на основі фінансового моделювання – із залученням характеристик спеціалізованих фінансових ринків опціонів та бінарних опціонів. Проаналізовано окремі кейси за даними таких ринків з обчисленням показників ймовірності та ризику.

Ключові слова: коефіцієнт ризику, ймовірність, бінарні опціони, фінансове моделювання, високоризиковані фінансові ринки, суб'єктивно-ймовірнісне моделювання.

Постановка проблеми. Традиційно розвиток теорії ймовірностей та споріднених дисциплін спирався на необхідність вивчення складних систем, явищ, процесів в умовах невизначеності, але водночас можливостей їх відтворення в супроводі подібного чинникового ансамблю або, принаймні, відповідної фрагментації на субпроцеси з аналогічними властивостями. Велика кількість значущих соціально-економічних подій відбувається під впливом унікальних неповторюваних чинників. Формальне застосування ймовірнісних та статистичних методів у таких випадках призводить до аналітичних висновків без

достатнього наукового обґрунтування. Наразі виникає необхідність формування окремого напрямку дослідження зазначених подій (в авторській дефініції – фінансового моделювання), що передбачає введення та систематизацію відповідних показників (таких, як коефіцієнти ризику, інтегральні та мультиплікативні характеристики інформаційного фону), методів їх обчислення, адекватної інтерпретації як складової методів прогнозування та прийняття управлінських рішень, а також вдосконалення теоретико-ймовірнісних предметів завдяки впровадженню розділів з фінансового моделювання або навіть створення окремої дисципліни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Філософська основа фінансового моделювання – інтерпретація ймовірності. Різні підходи до визначення ймовірності призвели до розгалуження теорії ймовірностей на частотну, баєсову суб'єктивну та баєсову об'єктивну. Інтерпретації ймовірності, відмінні від статистичної, використовуються не для обчислень частот, а для передбачення поведінки людини під час прийняття рішень і характеризують як раціональну ступінь віри людини щодо здійснення певної події, так і рівень знань відносно цієї події. Найбільш повно останні дослідження в галузі інтерпретації ймовірності представлені в енциклопедії Стенфордського університету [1], а також архіві дослідницької школи соціальних наук Австралійського національного університету [2]. Зокрема, в статті А. Бейза [3] особливу увагу приділено об'єктивній баєсовій ймовірності Т. Джейнса, її відмінності від суб'єктивної, а також зв'язку між ймовірністю та індукцією, в [4] розглянуто проблеми і особливості практичного застосування баєсівського підходу при аналізі соціально-економічних процесів. Авторська концепція фінансового моделювання, представлена в статті, близька до підходу П. Роуботтома. В працях [5-6] розглянуто ймовірність, основу на консенсусі експертів, в якому групові ступені переконань трактуються як узгоджені коефіцієнти ставок. Фінансове моделювання як процес зведення даних для прогнозування впливу майбутньої події або управлінського рішення відносно економічного ризику пов'язано з діяльністю на фінансових ринках. Наразі проходить його становлення в рамках сучасної економічної теорії [7-8].

Метою статті є дослідження теоретико-ймовірнісних понять соціально-економічних процесів в умовах невизначеності та неповторюваності на основі методів фінансового моделювання.

Матеріали та методи. Для аналізу систем та процесів в умовах невизначеності та неповторюваності використано аналітико-статистичні методи. В основу фінансового моделювання покладено методи математичної статистики та теорії ймовірностей. Інформаційна база дослідження – дані торгових сесій світових фондових ринків, а також бірж опціонів та бінарних опціонів.

Результати дослідження. *Випадковість як суцільний чинник.* Будь-яке явище або процес (технологічний, фізичний, соціально-економічний тощо) – випадкові по суті або відбуваються під впливом певної кількості стохастичних чинників, або рандомізуються при створенні моделі процесу спостерігачем, коли відкидаються незначущі, з його точки зору, компоненти та такі, що не можуть бути врахованими. Суб'єкт (дослідник, корпорація, держава) стикається з невизначеністю щодо функціонування та наслідків процесу або з ризиком, тобто такими наслідками процесу чи діяльності, при яких для нього можливі певні втрати (моральні, фінансові, матеріальні). Відтак, суб'єкт постає перед необхідністю достатнього прогнозування наслідків випадкового процесу; прийняття управлінських рішень щодо участі та, можливо, керування ним (рис. 1). Діяльність, пов'язану з ризиком для суб'єкта, називатимемо *ризикованою*. Суб'єкт не завжди може прийняти рішення щодо участі у ризикованій діяльності. Так, більшість людей навіть не здогадуються, що опосередковано "грають" на біржі через механізми урядових боргових інструментів.

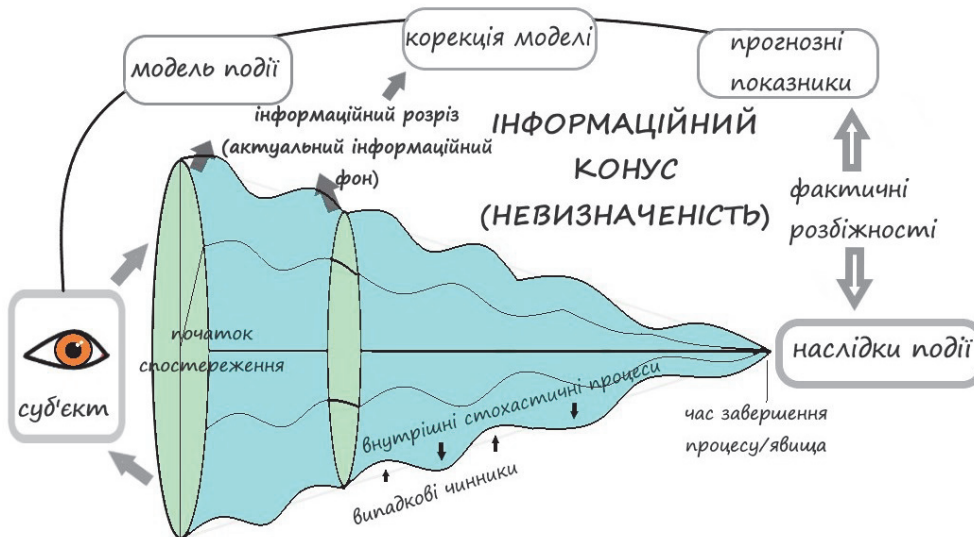


Рис. 1. Процес аналізу суб'єктом виокремленого соціально-економічного явища в умовах невизначеності

Джерело: побудовано авторами.

Аналітичні дослідження суб'єкта відносно невизначеності та ризику ґрунтуються на *інформаційному фоні* випадкового процесу, який містить, крім іншого, інформацію у формалізованому вигляді – статистику. Оперативна, повна, достовірна, фінансово доступна статистика є передумовою якісної аналітики. Отримання такої інформації – технічно і фінансово складна та невідкладна проблема. Викладач не зможе нормально вести заняття в групі, якщо, наприклад, не знає

кількості студентів. Планові та фактичні показники економічного розвитку в Україні часом суттєво розходяться, адже останній перепис населення відбувся лише у 2001 р. (48 457 102 наявного населення).

Ймовірність як спосіб формалізації випадковості. Ризикована діяльність протягом деякого часу аж до її завершення характеризується, як правило, спадаючою невизначеністю. Ймовірність вводиться як функціональне відношення, що задовольняє певним властивостям (аксіомам), а інтерпретація його конкретних значень знаходиться в площині стохастичного експерименту, тобто такого, що допускає повторення у відносно однакових і незалежних умовах. Миттєво ймовірність оцінюється в межах інформаційного розрізу в інформаційному конусі невизначеності (на актуальному інформаційному фоні події, див. *рис. 1*). Ймовірність – оцінка суб'єктом майбутньої події через значущі характеристики інформаційного фону. Об'єктивність останнього на фінансових ринках, принаймні в теорії, забезпечується постулатами ефективного ринку (*efficient market hypothesis – EMH*). Попри їх розповсюдженість, за свідченням багатьох авторитетних учених, зазначені постулати в повному розумінні ніколи не виконувались [9]. Ймовірність – найбільш показова інтегральна характеристика вагомих чинників актуального інформаційного фону процесу з невизначеними майбутніми наслідками та в динаміці відображає саме зміни в цьому фоні, а не так званий істинний (теоретичний) розподіл шансів відносно результатів процесу. Мета отримання ймовірнісних оцінок полягає не у дослідженні їх теоретичних значень (вони можуть і не існувати), а у визначенні результуючої та тренду найбільш вагомих чинників актуального інформаційного фону із залученням широкого кола експертів. Найбільш влучно ця думка сформульована відомим американським аналітиком Р. Роксборо (засновником експертної компанії *LVSC – Las Vegas Sport Consultants*): "Я не в бізнесі визначення істинних шансів команд, я в бізнесі отримання розподілу думок інвесторів про шанси команд" [10].

Моделювання невизначеності. Азартні ігри сприяли формуванню модельного підходу до аналізу процесів з невизначеними наслідками та ризикованої діяльності. Такий підхід полягав у заміні зазначених процесів на віртуальну лотерею, в якій дослідник повинен був визначити загальну кількість рівноможливих кульок та кількість серед них сприятливих для нього. Класична теорія ймовірностей, яка ґрунтується на методах комбінаторного аналізу, ефективно забезпечила модельний підхід і можливість обчислити теоретичні (істинні) шанси поряд з іншими похідними показниками. Надалі виявилось, що дослідження багатьох процесів призводить до лотереї, де за різних обставин відсутня можливість визначення кількості сприятливих кульок, хоча їх наявність та незмінність обґрунтована. Враховуючи існування

істинних пропорцій кульок та відтворюваність процесу, можна збудувати іншу лотерею як завгодно близьку до початкової (за законом великих чисел) відносно зазначених пропорцій. Співвідношення кульок у таких лотереях майже однакове, а відмінність полягає лише в їх інтерпретації. Так, одному з авторів цієї статті довелося досліджувати монету з втисненою в герб краплиною ртуті (вилучену в одного із затриманих шахраїв). Вже після двох тисяч кидків відношення цифри (Ц) до герба (Г) стабілізувалося на рівні: $\frac{Ц}{Г} \approx 2,597$.

Наявність теоретичних пропорцій та відтворюваність процесу для таких типів моделей-лотерей та їх ускладнених варіантів є передумовою застосування сучасного апарату теорії ймовірностей та математичної статистики. Називатимемо такі лотереї *стаціонарними* та позначатимемо $Lt(N_+, N)$, де N_+ – кількість сприятливих кульок, N – загальна кількість кульок. При виборі суб'єктом сприятливих кульок ймовірність p та коефіцієнт ризику r щодо участі в цій лотереї обчислюються за формулами: $p(Lt) = \frac{N_+}{N}$, $r(Lt) = \frac{N}{N_+}$. Так, у прикладі з фальшивою монетою відносно випадіння герба маємо: $p("Г") \approx 0,278$ та $r("Г") \approx 2,6$.

У значній кількості суспільно значущих подій, економічних процесів, природничих досліджень (приміром, розвідка корисних копалин) інформаційний фон є настільки нестабільним, що у відповідних моделях лотерей відбувається зміна не тільки загальної кількості кульок, але й співвідношення між сприятливими та несприятливими. Такі моделі динамічно нестаціонарні, а їх показники (ймовірність, ризик, різноманітні середні) відображають не теоретичне співвідношення кульок (бо воно може не існувати), а поточний напрям руху в процесі ризикованої діяльності. В подібних ситуаціях звичайні теоретико-ймовірнісні методи "не працюють", оскільки немає науково обґрунтованих засобів їх перевірки (щонайменше відсутня повторюваність подій).

Розглянемо кілька знакових кейсів, які відбуватимуться протягом року (рис. 2). Так, на 28.02.2021 перемога лідера симпатій майбутнього Євробачення Ісландії при глибині ринку більше 30 тис. дол. США оцінюється у $p \approx 0,11$ з амплітудою коливання вартості у 200 %, а шанси на те, що наступним прем'єр-міністром Великої Британії стане Ріші Сунак (*Rishi Sunak*), один з найяскравіших політиків і фінансистів (канцлер Казначейства з 2020 р.), з глибиною ринку вище 70 тис. дол. США фіксуються на рівні $p \approx 0,23$ (амплітуда цін – відношення найбільшої до найменшої = 38).

Оцінюючи подібні події, оперують теоретико-ймовірнісними поняттями (іноді не підозрюючи про це). Нагадаємо, що на ринку прогнозів ціна угоди (бінарного опціону) – біржовий коефіцієнт c – валовий дохід на 1 од. інвестицій, коефіцієнт ризику $r = c - 1$, а ймовірність p (у спекулятивній формі) сприятливого завершення події – величина, обернена до біржового коефіцієнта $p = \frac{1}{c}$ [12].

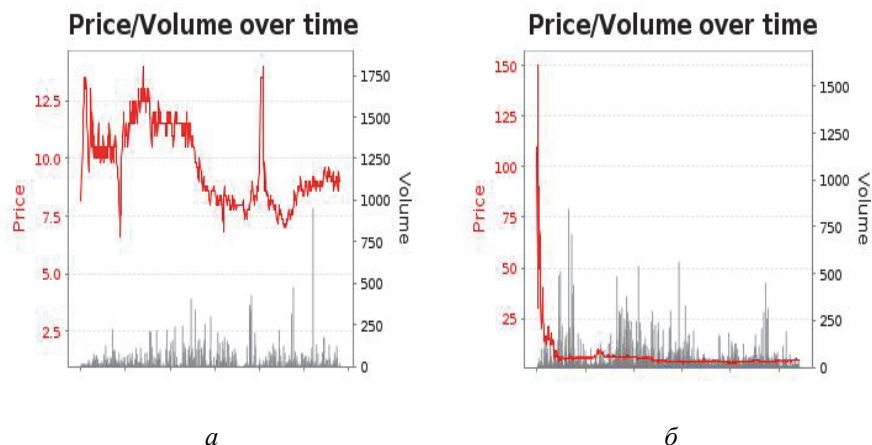


Рис. 2. Динаміка укладання угод: а) на перемогу представника Ісландії під час Євробачення 2021 р.; б) на наступного прем'єр-міністра Великої Британії Ріші Сунака (коефіцієнт/відсоток ймовірності)

Джерело: офіційний сайт біржі Betfair [11].

Дедалі ширше для аналізу подібних процесів застосовують методи моделювання, спрямовані на найбільш повне врахування особливостей чинникового ансамблю інформаційного фону (приміром, технічний та макроекономічний аналіз). Загалом подібні методи не є достатньо обґрунтованими, а їх значущість оцінюється суб'єктом залежно від досвіду та інтуїції. Такі особливості передбачають наявність у суб'єкта особистої методики моделювання – суб'єктивно-ймовірнісне моделювання (СЙМ). Вони також орієнтовані на лотерейний підхід, в якому безпосередньо враховуються величини втрат та доходу. Як атом ризику вводиться лотерея $L(A, p, B)$, де A – обсяг втрат; B – дохід; p – ймовірність отримання доходу (підхід де Фінетті, [5]. Авторський підхід, запропонований у [13], полягає у розмежуванні оцінки ризику та суб'єктивного сприйняття втрат-доходу, і фактично в такому вигляді реалізований на фінансових ринках (бінарних опціонів). Для формування та аналізу СЙМ-оцінок можна застосовувати результати теорії ймовірностей та математичної статистики. Зокрема, при оцінці ефективності СЙМ одного суб'єкта (враховуючи суто біржові обмеження) виконуються умови центральних граничних теорем. Повнота та наочність СЙМ-оцінок виявляється у кооперації та конкуренції на загальних торговельних майданчиках – спеціальних біржах трейдерів (РАММ-сервіси), біржах опціонів та бінарних опціонів, що, з одного боку, спричинило специфічні методи оцінювання процесів з невизначеними наслідками – фінансове моделювання (*FinMod*), а з іншого – нові типи похідних фінансових інструментів (індекси, криптоактиви та їх ПФІ). Одномоментна конекція значної кількості СЙМ-оцінок на фінансовому ринку забезпечує досить повне відображення чинників та тенденції

інформаційного фону. З наукової точки зору, *FinMod*-оцінки, що зосереджуються на невеличкому проміжку часу, при достатньому фінансовому завантаженні також підкріплюються законом великих чисел (у посиленій формі) і забезпечують достатньо точні оцінки відносно актуального інформаційного фону.

Паритетна та домінантна лотереї. Одна з очевидних цілей суб'єкта стаціонарних та нестаціонарних лотерей полягає у визначенні умов прийняття рішення щодо інвестування. Для цього необхідно зіставити ризики, можливі втрати та дохід. Розглянемо лотерею, в якій всі кульки розподілені між окремими учасниками. Таку лотерею називатимемо *паритетною* (мартингальною), якщо добуток ймовірності й обсягу втрати однаковий для всіх учасників. Балансне рівняння для двох варіантів кульок, яке характеризує паритетну лотерею, буде таким:

$$pA = (1 - p)B \quad (1)$$

де p – ймовірність втрати; A – обсяг втрати для інвестора 1-го варіанта кульок, $(1 - p)$ і B – ймовірність та обсяг його виграшу відповідно. Протилежним чином (1) можна інтерпретувати і для інвестора 2-го варіанта кульок або як баланс виграшу-програшу для кожного інвестора. Від (1) перейдемо до еквівалентного співвідношення відносно коефіцієнта ризику участі в лотереї. Так, для інвестора 1-го варіанта кульок ризик участі в паритетній лотереї буде:

$$r("1") = \frac{p}{(1-p)} = \frac{B}{A} \quad (2)$$

Таким чином, маємо просте правило оцінки ризику кожного учасника паритетної лотереї як відношення можливого прибутку до відповідних втрат. У разі порушення балансу у (2) для одного з інвесторів лотерея перетворюється у *домінантну*. Природно, що домінантність виявляється для стаціонарних лотерей на достатньо довгій дистанції (в силу закону великих чисел). Як приклад наведемо гру з симетричною монетою. Оскільки $r("Ц") = 1$, то гра буде справедливою за рівних ставок учасників ($A = B$). Якщо з якихось причин інвестор "Г" постійно ставить більше ($A > B$), то через деякий час суб'єкт "Ц" отримає певний профіт. У наведеному прикладі з несиметричною (шахрайською) монетою при рівних ставках учасників гра на "Ц" є домінантною лотереєю, оскільки $A = B$ і $r("Ц") = \frac{1}{r("Г")} \approx \frac{1}{2.6} \approx 0.39 < 1$.

Наведемо кілька гучних кейсів домінантних стаціонарних лотерей.

Е. Торп – професор Кембриджського університету, автор кількох бестселерів – обчислив теоретичні частоти для вибірки карт на різних етапах гри у блек-джек [14]. Будуючи стратегію на більш ймовірних комбінаціях за однакових ставок учасників та розумній інвестиційній частці (критерій Келі, [15]), довгий час перемагав казино США та Європи. Сьогодні підходи Е. Торпа широко використовуються в ігрових стратегіях та на фондових ринках.

Звичайна лотерея для звичайних гравців є антидомінантною (тобто програшною на великій дистанції) унаслідок суттєвого зменшення призової суми на користь організаторів, комісій з продажу білетів та податків на виграш. Проте в окремих лотереях (типу "6 з 49") існує правило переносу нереалізованого джек-поту в наступні розіграші та його погашення для білетів з меншою кількістю вгаданих номерів. У результаті лотерея перетворюється у домінуючу і при великій кількості придбаних білетів можна сподіватись на значний прибуток. Цим скористався математик Дж. Селбі, аналізуючи лотерею *WinFall* (США, [16]) з так званим "переливом" джек-поту, і у короткий термін став мільонером.

З меншим ефектом, але досить активно стратегія пошуку домінуючих нестаціонарних лотерей використовується на фінансових ринках і відома як *value betting (VB)*. *VB* полягає в аналізі ринкових подій через СІМ-оцінки ризику, а рішення щодо інвестування приймається трейдером за умови $r(Lt) < \frac{P}{A}$. Одним з напрямів пошуку домінуючості є вивчення зв'язаних (висококорельованих) ринків. Для прикладу розглянемо динаміку вартості бінарного опціону *Breakeven Rate* на очікувану інфляцію, який обчислюють, спираючись на біржові котирування звичайних казначейських облігацій та інших інструментів інфляції. Протягом "ковідного" року намітилась досить наочна тенденція корельованості *Breakeven Rate* з базовим біржовим інструментом – індексом *S&P 500* (рис. 3). Однак в основу такої дещо дивної узгодженості покладено інший чинник: стрімке зростання емісії долара США в зазначений період з 3.2 трлн до більше як 5.2 трлн дол. США (рис. 4).

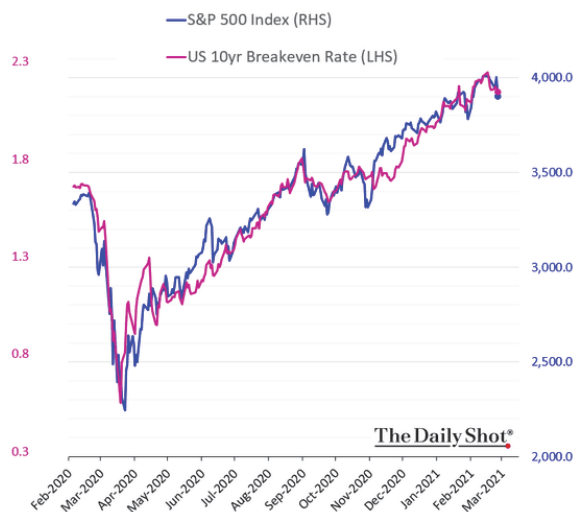


Рис. 3. Динаміка вартості угод на очікувану інфляцію та основного біржового індексу *S&P 500* (США, лютий 2020 р. – лютий 2021р.)

Джерело: The Daily Shot Brief [17].

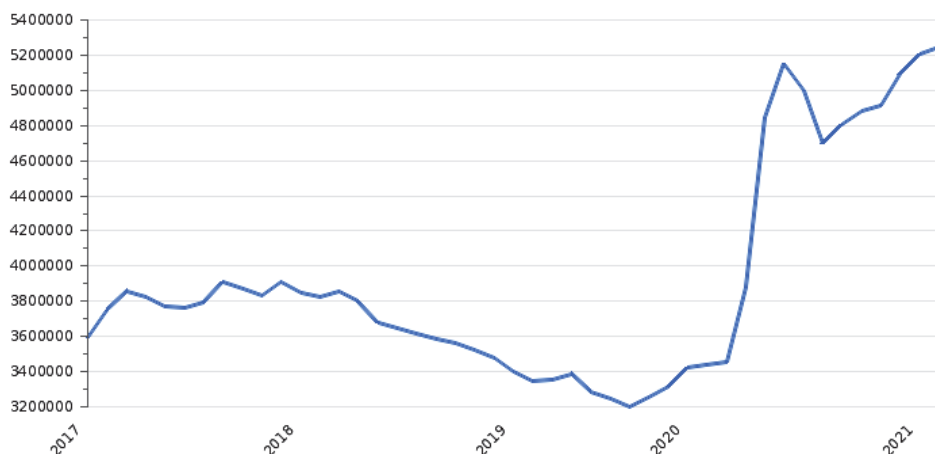


Рис. 4. Зміни обсягу грошового агрегату М0 (США) під час президентської каденції Д. Трампа

Джерело: Take-profit.org [18].

У поєднанні із зростанням інших грошових агрегатів (наприклад, у США: $\frac{M3}{M0} \approx 3.7$ разів на січень 2021 р.) графік (див. рис. 4) показує, що напрям ринкової аналітики – СІМ-оцінки – орієнтується першочергово на грошову емісію держави, яка, в свою чергу, формує поведінку біржових індексів. Якщо раніше такі індекси сприймалися як індикатори економічного розвитку та напрямів інвестування, то сьогодні це більше показник девальвації валюти і рівня кумулятивної (накопиченої) інфляції.

Висновки. Ще донедавна теорія ймовірностей (з іншими спорідненими) належала до фундаментальних, але дещо обмежених у прикладному розумінні дисциплін, спрямованих на аналіз надійності складних систем та процесів в умовах невизначеності, і ґрунтувалась на статистичних та аналітико-статистичних процедурах обчислення ймовірнісних показників (ймовірності, ризику, профілактичних регламентів тощо). Оволодіння цим апаратом передбачало значні зусилля до виходу на пристойний фаховий рівень. Навіть в умовах розвинутого виробничого сектора економіки (індустріального суспільства) потреби в таких фахівцях були відносно невеликими. З початку ХХІ ст. ситуація кардинально змінилась. По-перше, з'явилась біржова модель щодо торгівлі прогнозами (*Betfair*), яка стала еталоном для всіх подібних бірж. По-друге, з 2008 р. на Чиказькій біржі *СВОЕ* стандартизовано інноваційний фінансовий інструмент – бінарний опціон, прив'язаний до базового активу, який стрімко поширився в світі. Маса трейдерів включились у торгівлю бінарними опціонами. Планувальні департаменти корпорацій, бізнесу та державних структур тепер аналізують ціни угод на біржах опціонів та бінарних опціонів щодо визначення трендів на сировину та енергоносії. Таким чином, виникла потреба

у проведенні теоретико-ймовірнісного навчання в напрямках інтерпретації, оцінки, застосування аналітичних методів та прогнозування великих інформаційних масивів (*Big Data*) біржового та макроекономічного характеру.

Таким чином, викладання дисциплін, які ґрунтуються на теоретико-ймовірнісних постулатах, потребує суттєвого доповнення завдяки впровадженню новітніх методик аналізу інформаційного фону суспільно значущих недетермінованих подій в економічній, соціальній, фінансовій сфері (що в статті має назву "фінансове моделювання") щодо визначення оптимального напрямку розвитку та інвестиційної діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний сайт *Stanford.edu*. URL: <https://plato.stanford.edu/entries/probability-interpret> (дата звернення 27.03.2021).
2. Офіційний сайт Australian National University. URL: <https://philosophy.cass.anu.edu.au>, <https://philpapers.org/browse/interpretation-of-probability> (дата звернення 25.03.2021).
3. Arnold Baise. Probability, Objectivity, and Induction. 2013. *Journal of Ayn Rand Studies*, 13 (2):81-95.
4. Fairfield, Tasha; Charman, Andrew E. (15 May 2017). Explicit Bayesian Analysis for Process Tracing: Guidelines, Opportunities and Caveats. *Political Analysis* 25 (3): 363–380. DOI:10.1017/pan.2017.14.
5. Rowbottom, Darrell (2017). Probability. Cambridge: Polity.
6. Rowbottom, Darrell. Group Level Interpretations of Probability: New Directions. 2013. *Pacific Philosophical Quarterly* 94 (2):188-203.
7. Gillies, Donald (2018). *Philosophical theories of probability*. London New York: Routledge.
8. Котляр В. Ю., Смирнова О. В. Проблеми моделювання соціально-економічних систем. *Бізнес Інформ*. 2020. № 2. С. 8-15.
9. Котляр В. Ю., Смирнова О. В. Моделі прогнозування цін фінансових інструментів. *Глобалізаційні виклики розвитку національних економік: матеріали МНПК*. Ч. 2. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2016. С. 703-712.
10. Сайт Action. URL: <https://static-web-prod.sprtactn.co>, <https://static-web-prod.sprtactn.co/general/roxy-roxborough-las-vegas-sports-consultants> (дата звернення 25.03.2021).
11. Офіційний сайт біржи *Betfair*. URL: <https://www.betfair.com/exchange> (дата звернення 4.03.2021).
12. Смирнова О. В., Котляр В. Ю. О некоторых моделях биржевой торговли на высокорискованных финансовых рынках. *Кибернетика и системный анализ*. 2019. № 4. С. 158-165.
13. Котляр В. Ю., Смирнова О. В. Нові підходи до інвестиційного аналізу на високоризикованих фінансових ринках. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*. 2015. № 5-6 (82-83). С. 193-201.
14. Edward O. Thorp. The Kelly criterion in blackjack, sports betting, and the stock market. *The 10th International Conference on Gambling and Risk Taking*. Montreal, 1997. June. 40 p.
15. Смирнова О. В., Котляр В. Ю. Стратегії інвестування на фінансових ринках. *Товари і ринки*. 2018. №1 (25). С. 145-154.

16. Сайт Хабр. URL: <https://habr.com/ru/company/vdsina/blog/540264> (дата звернення 16.01.2021).
17. Офіційний сайт компанії *The Daily Shot Brief*. URL: https://dailyshotbrief.com/the-daily-shot-brief-february-26th-2021/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=the-daily-shot-brief-february-26th-2021 (дата звернення 12.02.2021).
18. Офіційний сайт компанії *take-profit.org*. URL: <https://take-profit.org/statistics/money-supply-m1/united-states> (дата звернення 14.02.2021).

Стаття надійшла до редакції 10.03.2021.

Shchetinina O., Smyrnova O., Kotliar V. Financial modeling: probability theoretic approaches.

Background. A large number of significant socio-economic events occur under the influence of unique factors. Formal application of probabilistic and statistical methods in such cases leads to analytical conclusions without sufficient scientific justification. Financial modeling reflects modern approaches to the probability interpretation, provides introduction and systematization of risk indicators, and the necessity of improving theoretical and probabilistic disciplines of economic orientation.

Analysis of recent research and publications has shown that despite significant investigations, financial modeling is not theoretically complete scientific direction in terms of economic risk indicators and derivative characteristics, important scientific and practical problems remain unresolved in the analysis of socio-economic phenomena in uncertainty and implementation of modern achievements of scientists to the process.

The **aim** of the article is to study theoretical and probabilistic concepts of socio-economic processes in conditions of uncertainty and uniqueness based on the financial modeling methods.

Materials and methods. Analytical and statistical methods, methods of mathematical statistics and probability theory are used in the research process. Information database is data from trading sessions of world stock markets.

Results. Theoretical and probabilistic concepts, including interpretations of probability and risk are considered through formalization of the analysis process by the subject of the socio-economic phenomenon in conditions of uncertainty. Models of typical stationary, dynamic, parity and dominant lotteries with introduced risk indicators are built. Risk is interpreted as the ratio of negative and favorable factors of the phenomenon information background. Relevant indicators are illustrated and calculated using various socio-economic and financial cases. Subjective-probabilistic modeling (SPM) in relation to decision-making in the financial market is studied as the development of Bayesian subjectivism. It has been shown that group consensus SPM-assessments of risk generate specific derivative financial instruments such as binary options, index derivatives, crypto-assets, etc.

Conclusion. The results of the study showed the application effectiveness of financial modeling methods of risks assessment in financial markets, the prospects of relevant development in the field of financial engineering.

Teaching economic disciplines, which are based on theoretical and probabilistic postulates, statistical and analytical-statistical procedures for calculating probabilistic indicators (probability, risk, prevention regulations, etc.), requires significant addition using the introduction of new methods of information analysis of social background, financial sphere to determine the optimal direction of development and investment activities.

Keywords: risk ratio, probability interpretation, binary options, financial modeling, high-risk financial markets, subjective-probabilistic modeling.

REFERENCES

1. Oficijnyj sajt *Stanford.edu* [Official site *Stanford.edu*]. *plato.stanford.edu*. Retrieved from <https://plato.stanford.edu/entries/probaility-interpret> (accessed on 27 March 2021) [in English].
2. Oficijnyj sajt Australian National University [Official site Australian National University]. *Philp apers.org*. Retrieved from <https://philosophy.cass.anu.edu.au>, <https://philpapers.org/browse/interpretation-of-probability> (accessed on 25 March 2021) [in English].
3. Arnold, Baise (2013). Probability, Objectivity, and Induction. *Journal of Ayn Rand Studies*, 13 (2):81-95 [in English].
4. Fairfield, Tasha; Charman, Andrew E. (2017, 15 May). Explicit Bayesian Analysis for Process Tracing: Guidelines, Opportunities and Caveats. *Political Analysis* 25 (3): 363–380. DOI:10.1017/pan.2017.14 [in English].
5. Rowbottom, Darrell (2017). Probability. Cambridge: Polity [in English].
6. Rowbottom, Darrell (2013). Group Level Interpretations of Probability: New Directions. *Pacific Philosophical Quarterly*, 94 (2):188-203 [in English].
7. Gillies, Donald (2018). Philosophical theories of probability. London New York: Routledge [in English].
8. Kotljар, V. Ju., & Smyrnova, O. V. (2020). Problemy modeljuvannja social'no-ekonomichnyh system [Problems of of socio-economic systems modeling]. *Biznes Inform – Business Inform*, 2, 8-15 [in Ukrainian].
9. Kotljар, V. Ju., & Smyrnova, O. V. (2016). Modeli prognozuvannja cin finansovyh instrumentiv [Forecasting models of the financial instruments prices]. *Globalizacijni vyklyky rozvytku nacional'nyh ekonomik – Globalization challenges of national economies development: Proceedings of the Conference Title. Part 2*. Kyiv: Kyiv. nac. toг.-ekon. un-t [in Ukrainian].
10. Sajt Action [website Action]. *static-web-prod.sprtactn.co*. Retrieved from <https://static-web-prod.sprtactn.co>, <https://static-web-prod.sprtactn.co/general/roxy-roxborough-lasvegas-sports-consultants> (accessed on 25 March 2021) [in English].
11. Oficijnyj sajt birzhy *Betfair* [Official website of *Betfair* exchange]. *www.betfair.com*. Retrieved from <https://www.betfair.com/exchange> (accessed on 04 March 2021) [in English].
12. Smirnova, O. V., & Kotljар, V. Ju. (2019). O nekotoryh modeljah birzhevoj toгovli na vysokoriskovannyh finansovyh rynkah [On some models of exchange trading in high-risk financial markets]. *Kibernetika i sistemnyj analiz – Cybernetics and Systems Analysis*, 4, 158-165 [in Ukrainian].
13. Kotljар, V. Ju., & Smirnova O. V. (2015). Novi pidhody do investycijnogo analizu na vysokoryzkovanyh finansovyh rynkah [New approaches to investment analysis in high-risk financial markets]. *Zovnishnja toгovlja: ekonomika, finansy, pravo – Foreign trade: economics, finance, law*, 5-6, 193-201 [in Ukrainian].
14. Edward O., Thorp (1997). The Kelly criterion in blackjack, sports betting, and the stock market. *The 10th International Conference on Gambling and Risk Taking*. Montreal. June [in English].
15. Smyrnova, O. V., & Kotljар, V. Ju. (2018). Strategii' investuvannja na finansovyh rynkah [Investment strategies in financial markets]. *Tovary i rynky – Commodities and Markets*, 1 (25), 145-154 [in Ukrainian].
16. Sajt Habr [Website Habr]. *habr.com*. Retrieved from <https://habr.com/ru/company/vdsina/blog/540264> (accessed on 16 January 2021) [in English].
17. Oficijnyj sajt kompanii' *The Daily Shot Brief* [Official site of the company *The Daily Shot Brief*]. *dailyshotbrief.com*. Retrieved from https://dailyshotbrief.com/the-daily-shot-brief-february-26th-2021/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=the-daily-shot-brief-february-26th-2021 (accessed on 12 February 2021) [in English].
18. Oficijnyj sajt kompanii' *take-profit.org* [Official site of the company *take-profit.org*]. *take-profit.org*. Retrieved from <https://take-profit.org/statistics/money-supply-m1/united-states> (accessed on 14 February 2021) [in English].