

УДК 519.86

JEL Classification A10, B23, C10

DOI 10.33111/sedu.2022.51.107.119

*Коцюба Олексій Станіславович\**

### **ТЕОРЕТИКО-ЙМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В ЕКОНОМІЧНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ У ПЕРСПЕКТИВІ ІСТОРИЧНОГО ШЛЯХУ ЙОГО РОЗВИТКУ**

**Анотація.** Стаття присвячена проблемі моделювання невизначеності у сфері економіки та бізнесу на основі теорії ймовірностей. Конкретно, мета дослідження полягала в огляді особливостей, потенціалу та обмежень теорії ймовірностей як засобу кількісного аналізу та моделювання невизначеності в економічній діяльності з точки зору історичного шляху її становлення та розвитку. У межах цього розглянуто вузлові події зародження та розвитку теорії ймовірностей, ключові аспекти процесу обґрунтування її логічних основ та побудови як суто математичної дисципліни. Особливу увагу приділено питанню розмежування стохастичної і нестохастичної невизначеності у площині практичних ситуацій прийняття економічних рішень. Як один із важливих методологічних акцентів роботи виступає теза, що в разі, якщо ситуація прийняття економічного рішення обтяжена нестохастичною невизначеністю, різного походження, виправданим і корисним вбачається звернення до експертного підходу. При цьому як системотвірні складові теоретичного базису останнього виокремлюються теорія суб'єктивних ймовірностей, теорія нечітких множин та інтервальний аналіз.

**Ключові слова:** невизначеність; стохастична невизначеність; нестохастична невизначеність; теорія ймовірностей; об'єктивна ймовірність; суб'єктивна ймовірність; теорія нечітких множин; інтервальний аналіз.

**Вступ.** Проблема невизначеності у сфері економіки та бізнесу належить до числа найфундаментальніших. Існування невизначеності зумовлює систематичний ризик неефективного управління, коли одержані результати не відповідають поставленим цілям та завданням. Звідси дотримання принципу раціональності під час здійснення економічної діяльності означає обов'язкове урахування факторів невизначеності та ризику.

Першим науковим підходом до кількісного моделювання невизначеності, який протягом тривалого в історичному вимірі періоду часу зберігав статус ексклюзивного, є теорія ймовірностей. Предмет теоретико-ймовірнісної методології становить невизначеність, яка концептуалізується як стохастичність, або випадковість. Сферою правомірного використання теорії ймовірностей виступають події, які припускають повторюваність в однорідних умовах, і для

---

\* **Коцюба Олексій Станіславович** – доктор екон. наук, доцент, професор кафедри бізнес-економіки та підприємництва, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана (м. Київ, Україна), ORCID 0000-0002-8159-0772, [kotsyuba.oleksiy@kneu.edu.ua](mailto:kotsyuba.oleksiy@kneu.edu.ua)

яких також властива так звана *статистична стійкість*, іншими словами, стійкість частот [11].

У багатьох випадках ситуація прийняття економічного рішення не відповідає правилам застосування традиційних імовірнісно-статистичних методів. Усвідомлення обмеженості теоретико-імовірнісного підходу на основі частотно-статистичної методології як засобу опису невизначеності привело до створення концепції так званих суб'єктивних імовірностей, які не мають частотної основи, а розуміються як рівень упевненості або віри зацікавленої особи (суб'єкта прийняття рішення, експерта) у тому, що аналізована подія матиме місце. У зіставленні з суб'єктивною ймовірністю ймовірність, якою оперує звичайна або традиційна теорія ймовірностей, прийнято називати об'єктивною, або фізичною [24].

Залежно від способу представлення виокремлюють кількісну та якісну суб'єктивну ймовірність. Кількісна суб'єктивна ймовірність являє собою ймовірнісну міру на множині подій, яка задовольняє таку ж систему аксіом, що й об'єктивна ймовірність. Тобто з формальної позиції кількісна суб'єктивна ймовірність нічим не відрізняється від об'єктивної ймовірності [24].

За теперішнього часу проблемі моделювання невизначеності в межах здійснення економічної діяльності присвячено велику кількість наукових робіт. У числі тих з них, які були підготовлені й побачили світ протягом останніх десятиліть, а також містять значущі узагальнення та методичні розробки, можна назвати дослідження, авторами яких є Г. І. Великоіваненко [7], П. І. Верченко [6; 8], В. В. Вітлінський [7–9], Ю. П. Зайченко [14], А. Б. Камінський [15], А. В. Матвійчук [22], С. І. Наконечний [9], А. В. Сігал [8], О. І. Ястремський [31] та ін. Разом з тим складність феномена невизначеності, відсутність сьогодні якоїсь єдиної методології його математичного моделювання зумовлюють доцільність подальших досліджень у цьому напрямі.

**Постановка завдання.** За мету пропонованої публікації ставиться огляд особливостей, потенціалу та обмежень теорії імовірностей як засобу кількісного аналізу та моделювання невизначеності в економічній діяльності, який передбачається здійснити у контексті історичного шляху її становлення та розвитку.

**Результати.** У працях Б. В. Гнеденка [11; 12], А. М. Колмогорова [12], Л. Є. Майстрова [20; 21], О. Б. Шейніна [29], А. М. Ширяєва [30] проведено історичну реконструкцію виникнення й розвитку теорії імовірностей. Використання як інформаційно-теоретичної основи здобутків цих досліджень дає змогу представити як результат даної роботи таке.

Якщо обмежуватися європейською традицією, то ще давніми греками в різний спосіб, тією чи іншою мірою осмислювалися поняття випадку, випадковості, випадкового і необхідного, можливого і дійсного, закону, причинності. Демокрит виключає існування випадковості в сенсі безпричинності, тобто безпричинного виникнення чого-небудь, але визнає випадковість як відсутність будь-якої доцільності в неорганічній природі [1, с. 145–148]. У Аристотеля поняття випадку є складовою його філософського вчення про чотири

причини. Результат випадкової події згідно з Аристотелем залежить від невеликих змін у ланцюгу попередніх подій [29, с. 285]. Випадок у власному значенні пов'язується ним з ненавмисністю і розглядається як те, що супроводжує здійснення мети в межах діяльності людини як свідомої істоти [28, с. 398–399]. Епікур, дотримуючись атомістичного вчення натурфілософії, пояснював усі явища природи різними поєднаннями атомів. Не визнаючи детермінованості усіх подій у світі, він збагатив погляди давньогрецької цивілізації на випадковість ідеєю про спонтанні відхилення атомів [20, с. 19–21; 25].

Поняття ймовірності стосовно феномена випадковості у скільки-небудь близькому до нинішніх уявлень значенні античні мислителі, судячи з усього, не розробляли. Разом з тим аналіз тодішньої філософсько-наукової проблематики в термінах імовірності у філософів Давньої Греції присутній. Так, космологія Платона, викладена у його праці «Тімей», вибудовується з використанням поняття ймовірності, яке сучасні дослідники і коментатори інтерпретують як так звану логічну ймовірність, що слід розуміти як ступінь підтвердження деякої думки різнорідними аргументами. Аналогічний підхід до вживання слів, які позначали у давньогрецькій мові ймовірність, дослідники знаходять у Аристотеля [27, с. 36; 29, с. 285].

Таким чином, хоча концептуальні конструкції випадковості є значущою складовою філософсько-наукових учень античного світу, представники його інтелектуального про шарку не дійшли до ідеї відповідного аналізу ймовірності як кількісної міри можливості настання випадкової події. Навряд чи даний факт можна пояснити якоюсь однією чи кількома причинами. Лише зауважимо з цього приводу, що дві випадкові процедури, які добре знали давні греки, – азартні ігри та жеребкування – вони розглядали не з позицій випадковості, а пов'язували із знаком долі [27, с. 32].

Прогрес у теоретичному розробленні феномена випадковості, який простежується після епохи античності протягом Середньовіччя та початку Нового часу полягав у появі спроб його кількісного аналізу в межах азартних ігор. В цей період стосовно випадкових явищ тогочасними дослідниками формулюються і розглядаються такі задачі або типи задач [11; 21]:

- підрахунок числа можливих різних комбінацій випадання очок (граней) при киданні кількох (двох, трьох) гральних костей;
- визначення числа підпорядкованих певній умові можливих комбінацій випадання очок (граней) при киданні кількох гральних костей;
- розділ ставки між гравцями в разі передчасного завершення гри.

Особливе місце у зародженні теорії ймовірностей посідає творчість Б. Паскаля і П. Ферма. Більше того, згідно з поширеною (але не односпайною) думкою відлік у виникненні теорії ймовірностей слід вести від переписки цих вчених, основу якої склала зазначена вище задача про розділ ставки. У коментованій переписці кожний з них, незалежно один від одного, вперше в історії дійшов її розв'язку, який з позицій сучасної теоретико-ймовірнісної методології є правильним. Додатково до наведеного Б. Паскаль істотно просунувся у розвитку комбінаторики, ув'язуючи значення її математичного апарату з імовірнісною

проблематикою. У «Трактаті про арифметичний трикутник» він виклав правила використання інструментарію комбінаторного аналізу для задачі розділу ставки [11; 21].

Однією з вагомих складових процесу визрівання теорії ймовірностей виступили результати та нові підходи, якими супроводжувався розвиток статистики, основними питаннями якої у той час були народжуваність, смертність, розрахунки для страхування життя тощо. У дослідженнях зі статистики народонаселення Дж. Граунта, В. Петті, Х. Гюйгенса, Е. Галлея реалізуються важливі постановки задач, відкриваються цікаві демографічні закономірності, вводяться і використовуються інструментальні новації, зокрема, поняття ймовірної тривалості життя, середні величини, частки. Підводячи впритул до важливих понять і концептуальних конструкцій теорії ймовірностей та математичної статистики, роботи названих вчених мали велике значення для появи цих математичних дисциплін [11; 20; 29].

Вузловою подією в генезисі теорії ймовірностей стала підготовка та опублікування у 1713 р. трактату Я. Бернуллі «Мистецтво припущень». Є достатньо підстав вважати, що починаючи з результатів, представлених у цьому дослідженні, теорія ймовірностей виникла або оформилася як наука [20, с. 82–101; 21, с. 67–89]. У своєму творі Я. Бернуллі дає, хоча й у недосконалій формі, класичне визначення ймовірності, і, що особливо важливо, широко ним оперує. Також у «Мистецтві припущень» чітко простежується ідея про статистичний варіант визначення ймовірності. Отже, у розглядуваній праці присутні, нехай і різною мірою, дві концепції ймовірності – класична та статистична [11, с. 402–405]. Справедливості заради слід зауважити, що з наведеною оцінкою внеску Я. Бернуллі у формування класичного визначення ймовірності погоджуються не всі. Так, згідно з позицією Л. Є. Майстрова йому належить заслуга введення лише статистичної концепції ймовірності [20, с. 94–96]. Знаменним здобутком «Мистецтва припущень» є формулювання і доведення у ньому твердження, відомого нині як перша гранична теорема (теорема Я. Бернуллі), або закон великих чисел у формі Я. Бернуллі. У подальшому проблематика, пов'язана з граничними теоремами, висунулася на перший план. Як вчених, які зробили вагомий внесок у становлення теорії ймовірностей у межах аналізованого історичного періоду, можна також назвати П. Р. Монмора, А. Муавра, М. Бернуллі (племінник Я. Бернуллі), Д. Бернуллі (племінник Я. Бернуллі), Л. Ейлера, Ж. Л. Бюффона, Ж. Л. Даламбера, Т. Байеса, П. С. Лапласа, К. Ф. Гаусса, С. Д. Пуассона та ін. [11; 20; 21].

На початку ХХ ст. потреби розвитку теорії ймовірностей, а також її застосувань (передусім у статистичній фізиці) привели до необхідності ревізії й уточнення її логічних основ, побудови теорії ймовірностей як аксіоматизованої наукової дисципліни. Зазначена проблема була проголошена як програмна Д. Гільбертом у його доповіді на II Міжнародному математичному конгресі (Париж, 6–12 серпня 1900). Протягом двох десятиліть після доповіді Д. Гільберта було здійснено кілька спроб логічного обґрунтування теорії ймовірностей, авторами яких є Р. Леммель (1904), У. Броггі (1907), С. Н. Бернштейн (1917), Р. фон Мізес (1919) [20, с. 217–220; 30, с. 923–924].

Перша ґрунтовно опрацьована аксіоматика теорії ймовірностей належить С. Н. Бернштейну [12, с. 701–702; 20, с. 220–226]. Його результати у цій сфері були оприлюднені у 1917 р. у статті «Досвід аксіоматичного обґрунтування теорії ймовірностей» [2, с. 10–60]. Роботу над цією проблемою С. Н. Бернштейн продовжував і у подальшому. Запропонована ним аксіоматика була покладена в основу навчального посібника з теорії ймовірностей для фізико-математичних та технічних спеціальностей вищої школи під його авторством, який витримав чотири видання (перше – у 1927 р., останнє – у 1946 р.) [4].

Вихідне припущення системи аксіом С. Н. Бернштейна [12, с. 702; 19, с. 216] полягає у можливості якісного порівняння подій за ступенем їх більшої, меншої, або рівної ймовірності. Числове ж значення ймовірності з'являється як похідна характеристика. Зазначений підхід згідно з його скороченим викладенням у згаданому вище навчальному посібнику реалізується за допомогою трьох аксіом [4, с. 1–29]:

- 1) аксіома порівняння ймовірностей;
- 2) аксіома про несумісні події;
- 3) аксіома про суміщення подій.

Слід підкреслити, що у своїх побудовах С. Н. Бернштейн стоїть на позиції аксіоматизації теорії ймовірностей як суто математичної дисципліни. Його погляди щодо цього серед іншого чітко фіксує доповідь, зроблена ним у 1927 р., в якій він, зокрема, зазначив таке [3, с. 6]: «Суто математична теорія ймовірностей може не цікавитися, чи має коефіцієнт, який називається математичною ймовірністю, яке-небудь практичне значення, суб'єктивне чи об'єктивне. Єдина вимога, яка має бути дотримана, це – відсутність суперечностей, а саме: різні способи обчислення зазначеного коефіцієнта за наявної умови і дотримання прийнятих аксіом мають приводити до одного й того самого значення».

Поряд з безсумнівною значущістю системи аксіом С. Н. Бернштейна на шляху логічного обґрунтування теорії ймовірностей, вона ще не мала необхідного рівня досконалості й залишала неясності стосовно поняття ймовірності та сфер його застосування [20, с. 225–226].

Р. фон Мізес є автором так званого частотного (ще кажуть – статистичного, емпіричного) підходу до обґрунтування теорії ймовірностей. Свою концепцію він виклав у праці «Ймовірність та статистика», уперше виданої у 1919 р., Р. фон Мізес інтерпретує теорію ймовірностей як природничу, а не математичну, дисципліну. Внаслідок чого цей вчений не доводить свою аксіоматизацію до повністю формалізованого рівня [20, с. 226–227; 30, с. 925].

Як базову теоретичну настанову Р. фон Мізес постулює, що поняття ймовірності має сенс лише в межах масових явищ [23, с. 14]: «Отже, твердо покладемо: за допомогою раціонального поняття ймовірності, яке становить виключну основу обчислення ймовірностей, ми вважаємо за можливе охопити лише такі випадки, в яких справа стосується явища, яке припускає багаторазове повторення; явища, яке здійснюється у величезній кількості екземплярів; якщо говорити з фізичної точки зору – практично необмеженого ряду однорідних спостережень». Структура масових явищ, для яких можливе викорис-

тання ймовірнісної методології, формалізується у частотній концепції за допомогою поняття колективу. Колектив – це масове чи повторюване явище, яке має задовольняти такі дві вимоги (положення) [23, с. 37]:

1) для відносних частот появи деякої ознаки, яка є предметом аналізу, існує певне граничне значення;

2) для довільних підпоследовностей, які можуть бути одержані на основі початкової сукупності (последовності), зазначене граничне значення залишається незмінним.

Згідно з Р. фон Мізесом, про ймовірність можна говорити лише в разі наявності конкретної сукупності явищ або подій, які утворюють колектив. Ймовірність, яка пов'язана з аналізованою ознакою в межах даного колективу, дорівнює границі відносних частот, зазначених у першому з наведених двох положень. Друге положення являє собою спробу виразити випадковість як структурну характеристику колективу, виходячи з трактування її змісту як іррегулярності, непередбачуваності майбутніх реалізацій досліджуваної ознаки елементів колективу на основі її попередніх реалізацій [27, с. 95–96; 30, с. 925–926].

З моменту появи частотна концепція викликала бурхливу дискусію. Як її хиби та недоліки зазначалося, зокрема, про змішання в ній емпіричної і теоретичної складових, теоретичну обмеженість пропонованого в ній визначення ймовірності, формально-логічну некоректність вимог, на яких ґрунтується поняття колективу. Разом з тим недоліки розглядуваної концепції аніскільки не зменшують позитивних наслідків її появи. В цілому значення частотного підходу для становлення та розвитку теорії імовірностей оцінюється як дуже велике. По-перше, ідеї Р. фон Мізеса виявилися винятково важливими для обґрунтування застосувань теорії імовірностей. По-друге, критичний аналіз та осмислення частотної концепції послужили потужним імпульсом для постановок нових завдань і наукових пошуків у напрямках, заданих її акцентами, методологічними настановами та теоретичними конструкціями [13; 20, с. 229–231; 26].

Починаючи з 1920-х років розроблення теорії імовірностей зазнає впливу з боку ідей теорії множин і теорії функцій. У результаті відповідних зіставлень з'ясовуються аналогії між мірою множини та ймовірністю події, інтегралом і математичним сподіванням та ін. Зазначені аналогії висвітили можливий шлях для обґрунтування теорії імовірностей, вбудовування її у загальну систему математичних дисциплін. Глибокий аналіз досягнутого рівня та тенденцій розвитку математики і теорії імовірностей, наполегливі багаторічні зусилля у цьому напрямі дозволили А. М. Колмогорову сформулювати аксіоматику теорії імовірностей, яка ґрунтується на теорії множин та теорії міри. Нині аксіоматика А. М. Колмогорова є загальноприйнятою (парадигмальною) [20, с. 233–234].

Уперше аксіоматика А. М. Колмогорова була представлена у 1933 р. у монографії німецькою мовою «Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung» («Основні поняття теорії імовірностей») [37]. У 1936 р. був виданий її переклад

російською мовою [17]. У подальшому ця робота кілька разів перевидавалася (див., наприклад, [18]).

Як вихідні в розглядуваній системі аксіом виступають поняття випадкової події та її ймовірності. Конкретніше, в межах концепції А. М. Колмогорова ймовірність формалізується як міра  $P$ , задана на вимірному просторі  $(\Omega, \mathcal{F})$ , де елементи множини  $\Omega$  інтерпретуються як елементарні події, а елементи сімейства підмножин  $\mathcal{F}$  – як випадкові події (скорочено – події) (строго кажучи, множина  $\mathcal{F}$  являє собою  $\sigma$ -алгебру підмножин  $\Omega$ ).

Для ймовірності (ймовірнісної міри)  $P$  справедливо [16, с. 13]:

- 1)  $P(A) \geq 0$  для будь-якої події  $A \in \mathcal{F}$ ;
- 2)  $P(\Omega) = 1$ ;
- 3) для будь-якого зліченного набору попарно несумісних подій  $A_1, A_2, A_3, \dots \in \mathcal{F}$  виконується рівність:

$$P\left(\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i\right) = \sum_{i=1}^{\infty} P(A_i).$$

Трійка  $(\Omega, \mathcal{F}, P)$  утворює ймовірнісний простір.

Аксіоматика А. М. Колмогорова абстрагована від якоїсь конкретної змістовної інтерпретації ймовірності. Маючи високий ступінь математичного узагальнення, вона припускає перехід до різних змістовних схем.

Нехай  $C$  – деякий комплекс умов (експериментальна ситуація), який передбачає необмежене число повторень,  $A$  – подія, яка може відбутися чи не відбутися в результаті здійснення умов  $C$ .

За А. М. Колмогоровим, зв'язок з реальністю (емпіричним світом) для запропонованої ним теоретико-мірної концепції ймовірності забезпечується на основі її узгодженості з такими двома принципами [10, с. 25–26; 18, с. 12–14]:

1) можна бути практично впевненим, що якщо комплекс умов  $C$  буде відтворений велику кількість разів, то відносна частота здійснення події  $A$  буде дуже мало різнитися від  $P(A)$ ;

2) якщо значення  $P(A)$  є дуже малим, то можна бути практично впевненим, що при одноразовій реалізації комплексу умов  $C$  подія  $A$  не відбудеться.

Результати викристалізування теорії ймовірностей як математичної дисципліни не могли не стимулювати, серед іншого, процеси ревізії та уточнення її потенціалу та обмежень стосовно економіко-управлінської проблематики. У цьому аспекті цінні загальнометодологічні висновки належать О. С. Вентцель [5].

Розрізняючи стохастичну і нестохастичну невизначеності, О. С. Вентцель осмислює стохастичну невизначеність в задачах підтримки прийняття рішень як «доброякісну», тоді як нестохастична невизначеність розцінюється цим вченим як «дурна». О. С. Вентцель зазначає у зв'язку з першою: «Стохастична невизначеність – це майже визначеність, якщо тільки відомі ймовірнісні характеристики випадкових факторів, які входять до складу задачі» [5, с. 36]. Що ж стосується нестохастичної невизначеності, то О. С. Вентцель характе-

ризує її як ситуацію, яка не може бути вивчена й описана ймовірнісно-статистичними методами, і виокремлює два випадки, коли вона може спостерігатися [5, с. 36]:

1) розподіли ймовірностей для невизначених факторів (параметрів) аналізованої задачі в принципі існують, але на момент прийняття рішення не можуть бути одержані;

2) розподіли ймовірностей для невизначених факторів (параметрів) досліджуваної задачі не існують взагалі.

Окрему увагу О. С. Вентцель приділяє експертному підходу на основі суб'єктивних імовірностей, який розцінюється цим автором як корисний, а часом єдино можливий, коли доводиться стикатися з нестохастичною невизначеністю. Зауважимо, що сьогодні експертний підхід до підтримки прийняття економіко-управлінських рішень окрім теорії суб'єктивних імовірностей містить у своєму складі й інші математичні теорії, зокрема, теорію нечітких множин [32] та інтервальний аналіз [38]. Пріоритетними сферами використання експертної методології на основі зазначених теорій в межах проблематики з управління діяльністю підприємств є задачі маркетингового аналізу, бюджетування, фінансового аналізу, оцінювання економічної ефективності заходів з реального інвестування, формування оптимального портфеля фінансових інвестицій [32–36].

**Висновки.** Підбиваючи підсумки представленого дослідження, можна констатувати таке.

Теорія ймовірностей являє собою історично перший науковий підхід до кількісного аналізу й моделювання невизначеності. Сферою її дії виступає невизначеність, яка трактується як випадковість (стохастичність). Як можна впевнитися з результатів проведеного у цій роботі історичного екскурсу, передумовою для набуття теорією ймовірностей особливого значення як засобу для підтримки прийняття економічних рішень в умовах невизначеності слугує, по-перше, особливе місце, яке посідає феномен випадковості у людській життєдіяльності, а по-друге, як наслідок першого, тривалий, протягом століть процес формування її математичного апарату.

Одне з ключових питань становлення й розвитку теорії ймовірностей як математичної дисципліни пов'язане з формалізацією поняття ймовірності. У межах загальноприйнятої на цей час аксіоматики, яка ґрунтується на теорії множин та теорії міри, поняття ймовірності позбавлене якоїсь конкретної змістовної інтерпретації.

Суто з теоретичної позиції потенціал теорії ймовірностей охоплює ситуації, параметри яких являють собою випадкові величини. У практичній же площині, якщо розподіли ймовірностей для невизначених параметрів розглядуваного економіко-управлінського завдання в принципі існують, але на момент прийняття рішення не можуть бути одержані, то невизначеність, якою обмежена така проблемна ситуація, виступає як нестохастична.

У разі якщо невизначеність, що супроводжує розглядувану проблемну ситуацію, має нестохастичний характер, тоді як можливий засіб підтримки прийняття рішення виступає експертний підхід. Останній за теперішнього часу містить у складі низку математичних теорій, зокрема, теорію суб'єктивних імовірностей, теорію нечітких множин, інтервальний аналіз.



На завершення доцільно додати, що актуальним напрямом подальших наукових розвідок за порушеною у статті проблематикою є створення деякої узагальненої методології, яка б давала змогу з єдиних теоретичних позицій ефективно моделювати комбіновані варіанти невизначеності.

### **Література**

1. Асмус В. Ф. Античная философия. Изд. 2-е, доп. Москва: Высшая школа, 1976. 543 с.
2. Бернштейн С. Н. Собрание сочинений: в 4 т. / Акад. наук СССР. Москва: Наука, 1952–1964. Т. 4: Теория вероятностей. Математическая статистика. (1911–1946). 577 с.
3. Бернштейн С. Н. Современное состояние теории вероятностей. Москва; Ленинград: Гос. техн.-теоретич. изд-во, 1933. 43 с.
4. Бернштейн С. Н. Теория вероятностей. Москва; Ленинград: Гос. изд-во, 1927. VI, 363 с.
5. Вентцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. Москва: Наука, 1980. 208 с.
6. Верченко П. І. Багатокритеріальність і динаміка економічного ризику (моделі та методи): монографія. Київ: КНЕУ, 2006. 272 с.
7. Вітлінський В. В., Великоіваненко Г. І. Ризикологія в економіці та підприємстві: монографія. Київ: КНЕУ, 2004. 480 с.
8. Вітлінський В. В., Верченко П. І., Сігал А. В., Наконечний Я. С. Економічний ризик: ігрові моделі: навч. посіб. / ред. В.В. Вітлінський. Київ: КНЕУ, 2002. 446 с.
9. Вітлінський В. В., Наконечний С. І. Ризик у менеджменті: навч. посіб. Київ: Борисфен-М, 1996. 336 с.
10. Вовк В. Г., Шейфер Г. Р. Вклад А. Н. Колмогорова в основания теории вероятностей. Проблемы передачи информации. 2003. Т. 39, вып. 1. С. 24–35.
11. Гнеденко Б. В. Очерк истории теории вероятностей. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей: учебник. Изд. 6 е, перераб. и доп. Москва: Наука, 1988. Доп. С. 386–440.
12. Гнеденко Б. В., Колмогоров А. Н. Теория вероятностей. Математика в СССР за тридцать лет: 1917–1947: сб. статей / под ред. А. Г. Куроша, А. И. Маркушевича, П. К. Рашевского. Москва; Ленинград: ОГИЗ, 1948. С. 701–727.
13. Григорян А. А. Теория вероятностей Р. фон Мизеса: история и философско-методологические основания. Историко математические исследования / РАН, Ин-т истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова. Москва: Наука, 1999. Вторая серия, вып. 3(38). С. 194–216.
14. Зайченко Ю. П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах: учеб. пособ. Киев: ИД “Слово”, 2008. 344 с.
15. Камінський А. Б. Моделювання фінансових ризиків: монографія. Київ: Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, 2006. 303 с.
16. Карташов М. В. Імовірність, процеси, статистика: посібник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2008. 494 с.

17. Колмогоров А. Н. Основные понятия теории вероятностей / пер. с нем. Г. М. Бавли. Москва; Ленинград: ОНТИ НКТП СССР, 1936. 80 с.
18. Колмогоров А. Н. Основные понятия теории вероятностей. 2-е изд. Москва: Наука, 1974. 120 с.
19. Колмогоров А. Н., Сарманов О. В. О работах С. Н. Бернштейна по теории вероятностей. Теория вероятностей и ее применения. 1960. Т. 5, вып. 2. С. 215–221.
20. Майстров Л. Е. Развитие понятия вероятности / АН СССР, Ин-т истории естествознания и техники. Москва: Наука, 1980. 269 с.
21. Майстров Л. Е. Теория вероятностей. Исторический очерк / АН СССР, Ин-т истории естествознания и техники. Москва: Наука, 1967. 379 с.
22. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: монографія. Київ: КНЕУ, 2011. 439 с.
23. Мизес Р. Вероятность и статистика / пер. с нем. под ред. А. Я. Хинчина. Москва; Ленинград: Гос. изд-во, 1930. VI, 253 с.
24. Наумов Г. Е., Подиновский В. В., Подиновский Вик. В. Субъективная вероятность: способы представления и методы получения. Техническая кибернетика. 1991. № 5. С. 94–109.
25. Санженок А. А. Философская полемика между стоиками и эпикурейцами: необходимость и случайность. Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Философия. Новосибирск, 2014. Т. 12, вып. 3. С. 145–153.
26. Хинчин А. Я. Учение Мизеса о вероятностях и принципы физической статистики. Успехи физических наук. Москва, 1929. Т. IX, вып. 2. С. 141–166.
27. Чайковский Ю. В. О природе случайности: монография / Институт истории естествознания и техники РАН. 2-е изд., испр. и доп. Москва: Центр системных исследований, 2004. 280 с.
28. Чаньшев А. Н. Философия Древнего мира: учеб. для вузов. Москва: Высшая школа, 1999. 703 с.
29. Шейнин О. Б. Теория вероятностей до П. Л. Чебышева. Историко-математические исследования / АН СССР, Ин-т истории естествознания и техники; отв. ред. А. П. Юшкевич. Москва: Наука, 1978. Вып. XXIII. С. 284–306.
30. Ширяев А. Н. Очерк истории становления математической теории вероятностей. Ширяев А. Н. Вероятность: в 2 кн. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: МЦНМО, 2007. Кн. 2. С. 914–937.
31. Ястремський О. І. Основи теорії економічного ризику: навч. посіб. Київ: АртЕк, 1997. 248 с.
32. Bede V. Mathematics of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2013. XII, 276 p.
33. Buckley J. J., Eslami E., Feuring T. Fuzzy Mathematics in Economics and Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2002.
34. Fuzzy Engineering Economics with Applications / ed. C. Kahraman. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. X, 387 p.
35. Gil-Aluja J. Fuzzy Sets in the Management of Uncertainty. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2004. XIII, 420 p.
36. Gil-Lafuente A.M. Fuzzy Logic in Financial Analysis. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. XIV, 451 p.
37. Kolmogoroff A. Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Berlin: Springer-Verlag, 1933. 62 s.

38. Moore R.E., Kearfott R.B., Cloud M.J. Introduction to interval analysis. Philadelphia: SIAM, 2009. XI, 223 p.

### References

1. Asmus, V. F. *Antychnaia fylosofyia*. [Ancient Philosophy]. Moskva: Visshaia shkola, 1976. [in Russian].
2. Bernshtein, S. N. *Sobrane sochynenyi*. [Collected works]. Nauka, 1952–1964. T. 4: *Teoryia veroiatnostei. Matematycheskaia statystyka*. [Theory of Probability. Math statistics]. (1911–1946). [in Russian].
3. Bernshtein, S. N. *Sovremennoe sostoianye teoryy veroiatnostei*. [Modern State of Probability Theory]. Moskva; Lenynhrad: Hos. tekhn.-teoretich. yzd-vo, 1933. [in Russian].
4. Bernshtein, S. N. *Teoryia veroiatnostei*. [Probability Theory]. Moskva; Lenynhrad: Hos. yzd-vo, 1927. [in Russian].
5. Venttsel, E. S. *Yssledovanye operatsyi. Zadachy, pryntsypy, metodolohyia*. [Research operations. Tasks, principles, methodology]. Moskva: Nauka, 1980. [in Russian].
6. Verchenko P. I. *Bahatokryterialnist i dynamika ekonomichnoho ryzyku (modeli ta metody)*. [Rich criteria and dynamics of economic risk (models and methods)]. Kyiv: KNEU, 2006. [in Ukrainian].
7. Vitlinskyi, V. V., Velykoivanenko, H. I. *Ryzykologhiia v ekonomitsi ta pidpriemnytstvi*. [Rhsicology in economics and pidpriemnytstvi]. Kyiv: KNEU, 2004. [in Ukrainian].
8. Vitlinskyi, V. V. (ed.), Verchenko, P. I., Sihal, A. V., and Nakonechnyi, Ya. S. *Ekonomichnyi ryzyk: ihrovi modeli*. [Economic risk: game models]. Kyiv: KNEU, 2002. [in Ukrainian].
9. Vitlinskyi, V. V., Nakonechnyi, S. I. *Ryzyk u menedzhmenti*. [Risk in management]. Kyiv: Borysfen-M, 1996. [in Ukrainian].
10. Vovk, V. H., Sheifer, H. R., and Vklad, A. N. “Kolmohorova v osnovanyia teoryy veroiatnostei”. *Problemy peredachi informatsii* T. 39, vol. 1 (2003): 24–35. [in Russian].
11. Hnedenko B. V. *Kurs teoryy veroiatnostei*. [Probability theory course]. Moskva: Nauka, 1988: 386–440. [in Russian].
12. Hnedenko, B. V., Kolmogorov, A. N. *Teoryia veroiatnostei. Matematyka v SSSR za trydtsat let: 1917–1947*. [Kolmogorov, Theory of Probability. Mathematics in the USSR for thirty years: 1917–1947]. Moskva; Lenynhrad: OHYZ, 1948: 701–727. [in Russian].
13. Hryhorian, A. A. “Teoriya veroyatnostey R. fon Mizesa: istoria i filosofsko-metodologicheskoye osnovaniia. Istoriko-matematicheskoye issledovaniya”. [“Probability theory of R. von Mises: history and philosophical and methodological foundations. Historical Mathematical Research”]. *Vtoraia seryia* 3(38) (1999): 194–216. [in Russian].
14. Zaichenko, Yu. P. *Nechetkiye modeli i metody v intellektualnykh sistemakh*. [Fuzzy models and methods in intelligent systems]. Kyev: YD “Slovo”, 2008. [in Russian].
15. Kaminskyi, A. B. *Modeliuvannia finansovykh ryzykiv*. [Modeling financial risks]. Kyiv: Kyiv. nats. un-t im. Tarasa Shevchenka, 2006. [in Ukrainian].
16. Kartashov, M. V. *Imovirnist, protsesy, statystyka*. [Imovirnist, processes, statistics]. Kyiv: Vydavny-cho-polihrafichnyi tsentr “Kyivskyi universytet”, 2008. [in Ukrainian].
17. Kolmogorov, A. N. *Osnovnyie ponyatiya teorii veroiatnostei*. [Basic concepts of probability theory]. Moskva; Lenynhrad: ONTY NKTP SSSR, 1936. [in Russian].
18. Kolmogorov, A. N. *Osnovnyie ponyatiya teorii veroiatnostei*. [Basic Concepts of Probability Theory]. Moskva: Nauka, 1974. [in Russian].

19. Kolmogorov, A. N., Sarmanov, O. V. “O rabotakh S. N. Bernshteina po teoryy veroyatnosti”. [On the works of S.N. Bernstein on the theory of probability]. *Teoriya veroyatnosti i yeye primeneniya* T. 5, vol. 2 (1960): 215–221. [in Russian].
20. Maistrov, L. E. *Razvitiye poniatiya veroyatnosti*. [Development of the concept of probability]. Moskva: Nauka, 1980. [in Russian].
21. Maistrov, L. E. *Teoriya veroyatnosti. Istoriycheskiy ocherk*. [Probability Theory. Historical essay]. Moskva: Nauka, 1967. [in Russian].
22. Matviichuk, A. V. *Shtuchnyi intelekt v ekonomitsi: neironni merezhi, nechitka lohika*. [Piece intelligence in the economy: neural networks, fuzzy logic]. Kyiv: KNEU, 2011. [in Ukrainian].
23. Mizes, R. *Veroyatnost i statistika*. [Probability and statistics]. Moskva; Lenynhrad: Hos. yzd-vo, 1930. [in Russian].
24. Naumov, H. E., Podynovskyi, V. V., and Podynovskii, Vik. V. “Subiektivnaya veroyatnost: sposoby predstavleniya i metody polucheniya”. [Subjective probability: methods of representation and methods of obtaining]. *Tekhnicheskaya kibernetika* 5 (1991): 94–109. [in Russian].
25. Sanzhenakov, A. A. “Fylosofskaya polemika mezhdou stoikami i epikureytsami: neobkhodimost i sluchaynost”. [“Philosophical controversy between the Stoics and Epicureans: necessity and chance”]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universyteta*. Seryia: Fylosofyia T. 12, vol. 3 (2014): 145–153. [in Russian].
26. Khynchyn, A. Ya. “Ucheniye Mizesa o veroiatnostyakh i printsipy fizicheskoy statistiki”. [Mises’ doctrine of probabilities and principles of physical statistics]. *Uspekhi fizicheskikh nauk* T. IX, vol. 2 (1929): 141–166. [in Russian].
27. Chaykovskiy, Yu. V. *O pryrode sluchainosti*. [On the nature of randomness]. Moskva: Tsentr sistemnykh issledovaniy, 2004. [in Russian].
28. Chanyshhev, A. N. *Filosofiya Drevnego mira*. [Philosophy of the Ancient World]. Moskva: Vysshaia shkola, 1999. [in Russian].
29. Sheinyn, O. B. *Teoriya veroyatnostey do P. L. Chebysheva. Istoriko-matematicheskkiye issledovaniya*. [Probability Theory before P.L. Chebyshev]. *Historical and mathematical research* Vol. XXIII (1978): 284–306. [in Russian].
30. Shyriayev, A. N. *Veroyatnost*. [Probability]. Moskva: MTsNMO, 2007. [in Russian].
31. Iastremskiy, O. I. *Osnovy teorii ekonomichnoho ryzyku*. [Fundamentals of the theory of economic risk]. Kyiv: ArtEk, 1997. [in Ukrainian].
32. Bede, B. *Mathematics of Fuzzy Sets and Fuzzy Logic*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2013.
33. Buckley, J. J., Eslami, E., and Feuring, T. *Fuzzy Mathematics in Economics and Engineering*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2002.
34. Kahraman, C. (ed.) *Fuzzy Engineering Economics with Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.
35. Gil-Aluja, J. *Fuzzy Sets in the Management of Uncertainty*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2004.
36. Gil-Lafuente, A. M. *Fuzzy Logic in Financial Analysis*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.
37. Kolmogoroff, A. *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*. Berlin: Springer-Verlag, 1933.
38. Moore, R. E., Kearfott, R. B., and Cloud, M. J. *Introduction to interval analysis*. Philadelphia: SIAM, 2009.

## **THEORETICAL-PROBABLIC APPROACH TO THE MODELING OF UNCERTAINTY IN ECONOMIC ACTIVITY FROM THE PERSPECTIVE OF THE HISTORICAL PATH OF ITS DEVELOPMENT**

***Oleksiy Kotsyuba***

D. Sc. (Economics), Associate Professor,  
Professor of the Department  
of Business Economics and Entrepreneurship,  
Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman (Ukraine)  
ORCID 0000-0002-8159-0772

**Abstract.** The article is devoted to the problem of modeling uncertainty in the field of economics and business based on probability theory. Specifically, the purpose of the study was to review the features, potential and limitations of probability theory as a means of quantitative analysis and modeling of uncertainty in economic activity from the point of view of the historical path of its formation and development. As part of this, the key events of the origin and development of probability theory, key aspects of substantiating its logical foundations and building it as a purely mathematical discipline were considered. Particular attention was paid to the issue of distinguishing between stochastic and non-stochastic uncertainty in the plane of practical situations of economic decision-making. As one of the important methodological emphases of the work, the thesis that when the situation of making an economic decision is burdened by non-stochastic uncertainty of one or another origin, it is justified and useful to turn to an expert approach. At the same time, the theory of subjective probabilities, the theory of fuzzy sets, and interval analysis stand out as the system-forming components of the theoretical basis of the latter.

**Keywords:** uncertainty; stochastic uncertainty; non-stochastic uncertainty; probability theory; objective probability; subjective probability; fuzzy set theory; interval analysis.

*Стаття надійшла до редакції 3.10.2022*