

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА/АБО РИЗИКУ

*Підвищення ефективності управлінських рішень пов'язане з необхідністю врахування багатокритеріальності та невизначеності моделі вибору. Стаття присвячена систематизації видів невизначеності, моделей і методів прийняття рішень в умовах невизначеності (або ризику), а також порівняльному аналізу функціональних можливостей і обмежень програмних продуктів, що їх реалізують. Застосування сучасних інформаційних технологій та інтегрованих в них моделей і методів дозволяє одночасно врахувати весь комплекс ринкових факторів та умов функціонування реальних систем і знаходити найвигідніші для функціонування суб'єктів господарювання, підвищення їх конкурентних переваг варіанти рішень.*

*Ключові слова: невизначеність, оцінка ризику, модель, методи статистичного аналізу, програмний продукт.*

YUSHCHENKO N.

Chernihiv State National University

## ECONOMIC-MATHEMATICAL TOOLS FOR DECISION MAKING IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY AND / OR RISK

*Increasing the effectiveness of management decisions is associated with the need to take into account the multi-criteriaity and uncertainty of the choice model. The article is devoted to the systematization of types of uncertainty, models and methods of decision-making under conditions of uncertainty (or risk), as well as comparative analysis of functional capabilities and limitations that implement them, software products. The use of modern information technologies and integrated models and methods allows simultaneously to take into account the entire complex of market factors and operating conditions of real systems and to find the most suitable solutions for the functioning of economic entities and enhance their competitive advantages.*

*Key words: uncertainty, risk assessment, model, methods of statistical analysis, software product.*

**Постановка проблеми.** Досягнення високоефективної діяльності в усіх сферах – важлива передумова забезпечення економічного зростання, підвищення до рівня європейських стандартів життя та виходу України на провідні позиції у світі, що є метою Стратегії сталого розвитку „Україна – 2020” [1]. Ефективність діяльності залежить від ефективності управління. Управлінське рішення – це вибір альтернативи, здійснений керівником в рамках його посадових повноважень та компетенції, направлений на досягнення цілей керованої системи (організації) [2, с. 10-11]. Рішення на всіх рівнях ієрархії управління повинні відповідати вимогам обґрунтованості, цілеспрямованості, законності, ефективності, своєчасності, комплексності. Крім того, при виборі рішень слід враховувати такі аспекти як правовий, соціальний, економічний, екологічний, політичний, організаційний, психологічний, науковий, технічний, технологічний та ін. [3].

Підвищення ефективності рішень, що приймаються, принципово пов'язане з необхідністю врахування багатокритеріальності та невизначеності моделі вибору. Задачі прийняття рішень в умовах невизначеності (рис. 1) мають місце, коли інформація, необхідна для прийняття рішень, є неточною, неповною, не кількісною, багатокритеріальною, а формальні моделі досліджуваної системи дуже складні або відсутні [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Моделям, методам і алгоритмам прийняття рішень в умовах взаємодії, протидії та конфлікту, нечіткої інформації, невизначеності та ризику присвячені дисертації Михалевича В.М., Момот В.С., Музичук А.А., Скачкова О.М., Цюпко І.В. та ін. українських науковців (табл. 1).

**Виділення невирішеної раніше частини проблеми.** Вивчення наукових і навчально-методичних праць підтверджує необхідність розвитку досліджень економіко-математичного інструментарію обґрунтування управлінських рішень в умовах невизначеності.

**Формулювання цілей статті.** Головною метою цієї роботи є систематизація моделей і методів прийняття рішень в умовах невизначеності та/або ризику й порівняльний аналіз функціональних можливостей програмних продуктів, що їх реалізують.

**Виклад основного матеріалу.** Акт цілеспрямованої дії на керовану підсистему (об'єкт управління), що базується на вхідній зовнішній і внутрішній інформації, з врахуванням зовнішніх збурювальних факторів і у результаті виконання інформаційних процедур, з метою досягнення поставленої раніше мети, називається прийняттям рішення, а процес формування цього рішення – процесом прийняття рішення.

Залежно від зв'язку між альтернативними варіантами дій та наслідками задачі прийняття рішень можуть бути розподілені на детерміновані (коли наслідок однозначно визначається обраним планом дій) та не детерміновані (коли вибір одного з допустимих планів дій може приводити до кількох з множини можливих наслідків), причому конкретний наслідок визначатиметься залежно від стану, в якому перебуватиме зовнішнє середовище. У разі недетермінованості розрізняють задачі прийняття рішень в

умовах невизначеності, коли розподіл ймовірностей на множині можливих станів природи або на множині можливих наслідків невідомий; задачі прийняття рішень в умовах ризику, коли розподіл ймовірностей на множині можливих станів природи чи множині можливих наслідків або відомий, або може бути оцінений.

Таблиця 1

**Розподіл дисертацій, присвячених прийняттю рішень в умовах невизначеності та ризику, в розрізі спеціальностей за 1999–2016 рр., Україна [8, 9]**

Шифр і назва спеціальності	Бібліографічний опис	Захищені дисертації, кількість
01.05.02 Математичне моделювання та обчислювальні методи	Кравець П. О. Математичні та програмно-алгоритмічні засоби моделювання ігрових задач вибору варіантів рішень в умовах невизначеності : дис. ... канд. техн. наук : 01.05.02 / Кравець Петро Олексійович ; Державний ун-т „Львівська політехніка”. – Л., 2000. – 210 с.	2
	Михалевич В. М. Проблема невизначеності в задачах прийняття рішення та принцип гарантованого результату : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра фіз.-мат. наук : 01.05.02 / Михалевич Вадим Михайлович ; Нац. акад. наук України, Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова. – К., 2013. – 43 с.	
01.05.04 Системний аналіз і теорія оптимальних рішень	Музичук А. А. Прийняття оптимальних рішень на основі аналізу скінченних послідовностей в умовах невизначеності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. фіз.-мат. наук : 01.05.04 / Музичук Андрій Анатолійович ; Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. – К., 2009. – 20 с.	2
	Пономаренко В. П. Методи і моделі прийняття багатокритеріальних рішень в умовах ризику : автореф. на здобуття наук. ступеня дис. канд. техн. наук : 01.05.04 / Пономаренко Володимир Петрович ; Харківський національний ун-т радіоелектроніки. – Х., 2009. – 18 с.	
05.13.03 Системи і процеси керування	Колодяжний В. В. Керування стохастичними об'єктами в умовах невизначеності на основі нечітких нейромережкових моделей : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.13.03 / Колодяжний Віталій Володимирович ; Харківський національний ун-т радіоелектроніки. – Х., 2002. – 20 с.	1
05.13.06 Інформаційні технології	Стрелець В. Є. Інформаційна технологія діагностування авіаційних систем в умовах невизначеності вхідних даних : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.13.06 / Стрелець Вікторія Євгенівна ; Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського „Харків. авіац. ін-т”. – Харків, 2014. – 20 с.	1
05.13.07 Автоматизація процесів керування	Шуфнарів М. А. Система інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності при керуванні об'єктами природокористування : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.13.07 / Шуфнарів Мар'яна Антонівна ; Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2014. – 20 с.	1
05.13.22 Управління проектами та розвиток виробництва	Павлов Ф. І. Оцінка і аналіз ефективності реалізації складних проектів в умовах невизначеності і ризику [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.13.22 / Павлов Федір Іванович ; Придніпровська держ. академія будівництва та архітектури. – Д., 2006. – 18 с.	1
08.00.04 Економіка та управління підприємствами	Скачков О. М. Удосконалення методів ціноутворення в умовах невизначеності ринкової кон'юнктури : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04 / Скачков Олександр Миколайович ; Державний вищий навчальний заклад „Київський національний економічний ун-т ім. Вадима Гетьмана”. – К., 2007. – 229 с.	5
	Макарюк О. В. Обґрунтування управлінських рішень в умовах неповної визначеності в системі менеджменту підприємства : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04 / Макарюк Олексій Васильович ; Сум. держ. ун-т. – Суми, 2008. – 221 с.	
	Луців О. Р. Конкурентна стратегія підприємства в умовах невизначеності (на прикладі молокопереробної галузі) : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04 / Луців Ольга Романівна ; Терноп. нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя. – К., 2011. – 227 с.	
	Стригуль Л. С. Інвестиційна привабливість підприємства в умовах невизначеності конкурентного середовища : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04 / Стригуль Лариса Станіславівна ; ПВНЗ „Європ. ун-т”. – К., 2012. – 281 с.	
	Литвинов О. І. Стратегічний розвиток торговельного підприємства в умовах невизначеності зовнішнього середовища : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : 08.00.04 / Литвинов Олександр Ігорович ; Харків. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2015. – 22 с.	
08.00.11 Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці	Коцько О. Я. Моделювання споживання домогосподарств за умов невизначеності інформації : дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : 08.00.11 / Коцько Ольга Ярославівна ; Львів. нац. ун-т ім. І. Франка. – Л., 2009. – 285 с.	2
	Нужна С. А. Математичне моделювання та управління діяльністю сільськогосподарських підприємств в умовах невизначеності : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.11 / Нужна Світлана Анатоліївна ; Держ. вищ. навч. закл. „Київ. нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана”. – К., 2009. – 258 с.	
08.03.02 Економіко-математичне моделювання	Цюпко І. В. Адаптація методів нечіткого моделювання до умов функціонування сільськогосподарських підприємств : дис. ... канд. екон. наук : 08.03.02 / Цюпко Ірина Володимирівна ; Львівський національний ун-т ім. Івана Франка. – Л., 2005. – 185 с.	1

Шифр і назва спеціальності	Бібліографічний опис	Захищені дисертації, кількість
08.06.01 Економіка, організація і управління підприємствами	Момот В. Є. Стратегія підприємства в умовах невизначеності середовища господарювання (Методологічний аспект) : дис. ... д-ра екон. наук : 08.06.01 / Момот Володимир Євгенович; Дніпропетровський ун-т економіки та права. – Д., 2004. – 492 с.	3
	Романюк Н. М. Удосконалення механізму планування виробничої програми малих підприємств в умовах невизначеності середовища господарювання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня. канд. екон. наук : 08.06.01 / Романюк Наталя Миколаївна ; Національний гірничий ун-т. – Д., 2005. – 18 с.	
	Соломянюк Н. М. Оцінка впливу оточуючого середовища на стратегічні плани підприємства в умовах невизначеності (на прикладі підприємств пивоварної галузі України) : дис. ... канд. екон. наук : 08.06.01 / Соломянюк Наталя Миколаївна ; Національний ун-т харчових технологій. – К., 2005. – 217 с.	
08.07.04 Економіка транспорту і зв'язку	Гненний О. М. Оцінка ефективності інвестиційних проектів на залізничному транспорті в умовах невизначеності і ризиків : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : 08.07.04 / Гненний Олег Миколайович ; Українська держ. академія залізничного транспорту. – Х., 2004. – 21 с.	1
25.00.02 Механізми державного управління	Шкуратова І. І. Державне управління розвитком аграрного сектора регіону в умовах невизначеності і ризику : дис. ... канд. наук з держ. упр. : 25.00.02 / Шкуратова Ірина Іванівна; НАН України, Рада по вивч. продукт. сил України. – К., 2009. – 201 с.	1
<b>Разом</b>		<b>21</b>

Прокопенко Т.О. наводить класифікацію невизначеностей залежно від ендогенних, екзогенних факторів та від рівня невизначеності [7]. З точки зору дослідження операцій розрізняють невизначеність цілей, невизначеність знань про зовнішнє оточення, невизначеність дій реального супротивника або партнера. З системних позицій невизначеність класифікується наступним чином: об'єктивна невизначеність – неповна інформація щодо параметрів ситуації, які не залежать від учасників досліджуваної системи; суб'єктивна невизначеність – неповна інформація про принципи поведінки інших суб'єктів, тобто в активно змінюваних параметрах; внутрішня невизначеність відносно параметрів, що описують учасників системи; зовнішня невизначеність щодо зовнішніх (відносно системи) параметрів; невизначеність природи (стану природи) – зовнішня об'єктивна невизначеність; ігрова невизначеність – внутрішня суб'єктивна невизначеність.

Види невизначеності можуть накладатися один на інший, зокрема, врахування фізичної невизначеності може ускладнитися виникненням лінгвістичної невизначеності в описанні розподілу ймовірностей.

Детерміновані моделі прийняття рішень застосовують в разі невизначеності тоді, коли рівень невизначеності незначний і нею можна знехтувати, або ж коли достатнім є наближене рішення.

Коробчук Т. І. [10] пропонує формалізовану схему процесу прийняття рішення в умовах невизначеності:

$$\{F, B, Z, T, X, W, Q\},$$

де F – моделювання та діагностика проблемної ситуації; B – система обмежень (умови, в яких треба прийняти рішення); Z – мета, або множина цілей, яких треба досягти; T – фактор часу; X – множина допустимих рішень; W – система переваг оцінювача; Q – критерій вибору прийнятого рішення.

Прийняття рішень в умовах невизначеності полягає у пошуку або максимізації вигоди (дохід, прибуток, корисність), або мінімізації витрат (втрат). До найбільш поширених методів прийняття рішень в умовах невизначеності належать метод платіжної матриці – один з методів статистичної теорії рішень, метод теорії корисності, метод теорії перспектив, метод аналізу ієрархій. До евристичних методів відносяться метод компенсації (для попарного порівняння альтернатив) і метод зваженої суми оцінок критеріїв (для оцінки в балах кожної альтернативи).

Прийняття рішень у разі невизначеності нерозривно пов'язане з ризиком (табл. 2). Ризик виникає тільки в умовах невизначеності, невизначеність породжує ризик. Згідно стандартів з управління ризиками ISO Guide 73:2009 „Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards” [11] та ISO/IEC 31010:2009 „Risk management – Risk assessment techniques” [12] ризик визначається як наслідок впливу невизначеності на досягнення поставлених цілей.

Згідно Project Management Body of Knowledge [13] управління ризиками – це процеси, що пов'язані з виявленням, аналізом ризиків та прийняттям рішень, які включають максимізацію позитивних та мінімізацію негативних наслідків настання ризикових подій. Отже, ризик – це діяльність, пов'язана з подоланням невизначеності в ситуації вибору, в процесі якої існує можливість кількісно та якісно оцінити ймовірність досягнення прогнозованого результату або відхилення від цілі [14].

Оцінка ризику – це процес, що охоплює ідентифікацію ризику, аналіз ризику і порівняльну оцінку ризику. Рівень ризику – це міра ризику або комбінації декількох видів ризику, що характеризується наслідками та їх правдоподібністю (ймовірністю). Для оцінки ймовірності використовуються хронологічні

дані для ідентифікації події або ситуації, що сталися в минулому і допускають можливість екстраполяції їх появи в майбутньому; методи прогнозування, такі як аналіз дерева помилок і аналіз дерева подій; експертні оцінки в структурованому процесі оцінки ймовірності. За умови існування декількох альтернативних варіантів дій, оцінка ризику повинна бути виконана для кожного з них.

Стандартами [11, 12] означені такі групи методів оцінки ризику як метод спостереження (метод експертних оцінок), аналіз сценаріїв, функціональний аналіз, статистичний аналіз (марківський аналіз, метод Монте-Карло, байєсівський аналіз).

Основні фактори, від яких залежить вид невизначеності				
Невідомість – фактично відсутня інформація про задачу. Це можливо на початковій стадії дослідження				
Недостовірність, якщо в процесі збирання інформації на певному етапі виявляється, що зібрано не всю можливу інформацію або одержати інформацію з певних причин неможливо. Часто така невизначеність пов'язана з тим, що процес збирання інформації (вивчення задачі прийняття рішення) тимчасово припинено, ресурсів для збору інформації недостатньо	Неповнота	– є не вся потрібна інформація		
	Недостатність	– є не вся потрібна інформація		
	Недовизначеність – для деяких елементів є не точні описи, а тільки множини, до яких вони належать			
	Неадекватність – певні елементи задачі описано лише за аналогією з уже розв'язуваними, є лише заміщувальний опис			
Неоднозначність	Фізична невизначеність – причина можливої неоднозначності опису елементів задачі прийняття рішення – зовнішнє середовище	Випадковість (стохастична невизначеність) – пов'язана з наявністю у зовнішньому середовищі декількох можливостей, кожна з яких реалізується випадково		
		Неточність – пов'язана з неточністю вимірювань величини за допомогою фізичних приладів		
	Лінгвістична невизначеність – причина можливої неоднозначності опису – природна (в окремому випадку – фахова) мова опису задачі прийняття рішення, що використовується особою чи групою осіб, які приймають (ухвалюють) рішення та впроваджують його. Цей вид невизначеності зумовлений необхідністю оперувати скінченною кількістю слів і обмеженням набором структурних фраз (речень, абзаців, текстів) для описання впродовж скінченного часу нескінченної множини різноманітних ситуацій, що виникають у процесі прийняття рішень	Полісемія (невизначеність значень слів) – породжена множинністю значень слів (понять і відношень) мови	Омонімія – об'єкти задачі прийняття рішень, що відображаються одним і тим же словом, суттєво різняться	
			Нечіткість – об'єкти задачі прийняття рішень подібні	
		Невизначеність змісту фраз – лінгвістична невизначеність, породжена неоднозначністю змісту фраз	Прагматична – невизначеність спричинена неоднозначністю використання синтаксично та семантично зрозумілої інформації для досягнення певних цілей діяльності	Поверхнева, коли окремі слова фраз зрозумілі, але неясний зміст усієї фрази
			Семантична	Глибинна – не зрозумілі окремі слова фрази, але загальний зміст зберігається
	Невизначеність мети, що веде до виникнення багатокритеріальних задач прийняття рішення	Синтаксична, коли уточнивши синтаксис можна зрозуміти зміст фрази. Класичний приклад, „стратити не можна помилувати” – (стратити не можна, помилувати) або ж (стратити, не можна помилувати)		
	Багатоособовість (прийняття колективних рішень)			

Рис. 1. Види невизначеності, що виникають в задачах прийняття рішень [5, с. 17-18; 6, с. 237-238]

Так, методи статистичного аналізу дозволяють здійснити кількісну оцінку ризику. Зокрема, методом Байєса [15] ще до того, як будуть отримані дані, особа, яка приймає рішення, розглядає ступені своєї довіри до можливих моделей і представляє їх у вигляді ймовірностей. Як тільки дані отримано, теорема Байєса дозволяє розрахувати нову множину ймовірностей, що представляють нові ступені довіри до можливих моделей, які враховують нову інформацію із даних, що надійшли. Із трьох етапів оцінки ризику,

що охоплюють ідентифікацію ризику, аналіз ризику і порівняльну оцінку ризику, розглянуті методи покривають тільки останній етап. Тобто жоден з методів статистичного аналізу не забезпечує підтримку всіх складових процесу оцінки ризику.

Таблиця 2

## Тенденції в означенні поняття ризику

Підхід	Приклади визначень	Примітки
Ототоження з поняттям небезпеки	Ризик – можлива небезпека будь-якого несприятливого результату. Джерело: <a href="https://uk.wikipedia.org/wiki/Ризик">https://uk.wikipedia.org/wiki/Ризик</a> (значення)	–
Ризик як можливість або вірогідність несприятливої події або процесу	Ризик – можливість несприятливого результату в умовах невизначеності. Джерело: Нужна С. А. Математичне моделювання та управління діяльністю сільськогосподарських підприємств в умовах невизначеності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : 08.00.11 / Світлана Анатоліївна Нужна; Київ. нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана. – Київ, 2010. – 23 с. Небезпека, можливість збитку. Джерело: Webster : словник [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <a href="https://www.merriam-webster.com/thesaurus/risk">https://www.merriam-webster.com/thesaurus/risk</a> Ризик – можливість або вірогідність факту або події, яку можна розглядати як якість зло або якийсь збиток. Джерело: Grand Larousse : французький енциклопедичний словник [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <a href="http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/grand">http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/grand</a>	Дана тенденція в означенні ризику успадкована з цивільного права, а точніше – з практики страхування, де під ризиком розуміють вірогідність (шанс) настання небажаних наслідків. Натомість у проблемах кількісного оцінювання екологічного ризику та ризику професійних захворювань термін „ризик” розглядають як синонім термінів „імовірність” і „частота” [6, с. 239]
Двовимірний підхід	Підхід до означення ризику несприятливої події з урахуванням не тільки ймовірності цієї події, але й усіх її можливих наслідків. Імовірність події чи процесу в цьому разі – один з компонентів ризику, а міра наслідків (збитку) – інший	Таке означення ризику застосовується для його кількісного оцінювання
Психометричний підхід до ризику за використанням його багатовимірного означення	Багатовимірний підхід до означення ризику ґрунтується на багатьох чинниках, від яких залежить сприйняття ризику та які впливають на прийняття пов'язаних з ним рішень. Ці чинники, виявлені психологами, мають якісний характер. Щоб порівнювати їх вплив, їх оцінюють в ранговій шкалі з подальшим опрацюванням	Це означення корисне для виявлення пріоритетів осіб, які приймають рішення, у їх відношенні до сукупності небезпечних подій або процесів

Останнім часом у практиці оцінки надійності та ризиків [16] набули поширення метод оцінки ризику на основі генетичних алгоритмів [17], суть якого полягає в тому, що алгоритм дозволяє досить швидко і надійно знаходити серед величезної кількості можливих варіантів реалізації проекту такі, де термін або фінансові показники мінімальні при раніше заданих умовах. Спочатку будується модель процесу, готуються і вводяться вхідні дані (середня тривалість окремих процесів, діапазон розкиду в меншу і більшу сторону і закон розподілу). Закони розподілу також задаються для решти параметрів. Основна частина вхідної інформації вводиться за результатами аналізу вхідних даних. Після цього задаються умови розгалуження процесу та вводиться інформація щодо модифікації вхідних умов. В результаті на виході отримується не одна величина шуканого параметру, наприклад, термін завершення проекту, а розподіл можливих значень. Недоліком даного методу є відсутність прогнозування виконання плану робіт; метод на основі використання альтернативної стохастичної мережевої моделі [18], що включає аналіз стохастичного графу за допомогою імітаційної моделі і являє собою комбінацію алгоритму Форда-Фалкерсона для встановлення максимальної довжини шляху, логічно виправданих розрахунків, а також елементів методу статистичних випробувань. Недоліком даного методу є те, що оцінка виконання йде до початку проекту, а в реальному часі – не працює; метод когнітивних карт [19] полягає в побудові когнітивних карт і здійсненні на їх основі моделювання різних сценаріїв розвитку подій, що дозволяє спрогнозувати настання тих чи інших подій, які можуть негативно позначитися на результатах діяльності.

Підходи до прийняття рішень в умовах невизначеності та нечіткості детально викладені, наприклад, в [6, с. 229–339, 20, с. 84–116, 21, с. 214–258].

Таблиця 3

## Моделі і методи прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику

[22, с. 88–90, 23, с. 222–226, 2, с. 122–127]

Назва методу	Математична модель	Зміст підходу
Моделі і методи прийняття рішень в умовах невизначеності без використання числових значень ймовірностей наслідків. Приймається гіпотеза про те, що з однаковим ступенем ймовірності може встановитися будь-який з $m$ станів зовнішнього середовища – всі події рівноймовірні		
Моделі і методи матриці цінності альтернатив (табл. 4)		
Максимінний критерій Вальда (песимістичний)	$u^{(B)} = \max_{i=1}^n \left( \min_{j=1}^m (u_{ij}) \right) = \max_{i=1}^n (u_i^{\min})$	Обережний підхід до вибору рішення. Використовується закон Паддера. Обирається кращий з гірших альтернативних варіантів рішень (за якого песимістична оцінка найбільша)
Максимаксний критерій (оптимістичний)	$u^{(M)} = \max_{i=1}^n \left( \max_{j=1}^m (u_{ij}) \right) = \max_{i=1}^n (u_i^{\max})$	Ігноруючи можливі втрати, перевага надається кращому з кращих варіантів дій, тобто обирається альтернатива з найбільшою оптимістичною оцінкою

Назва методу	Математична модель	Зміст підходу
Критерій Гурвіца (критерій песимізму-оптимізму або зважений підхід)	$u^{(Г)} = \max_{i=1}^n (\bar{u}_i),$ де $\bar{u}_i = (1-\alpha)u_i^{\min} + \alpha u_i^{\max}, i = \overline{1;n}$ – вираз, згідно з яким оцінюються альтернативи; $0 \leq \alpha \leq 1$ – коефіцієнт оптимізму: значення $\alpha = 0$ відповідає песимістичній оцінці (критерію Вальда); значення $\alpha = 1$ відповідає оптимістичній оцінці (максимаксному критерію); значення $0 < \alpha < 1$ відповідають зваженому підходу	Обирається альтернатива з найбільшою зваженою (з урахуванням гіршого й кращого значень) оцінкою
Критерій Лапласа	$u^{(Л)} = \max_{i=1}^n (\bar{u}_i),$ де $\bar{u}_i = \frac{\sum_{j=1}^m u_{ij}}{m}, i = \overline{1;n}$	Обирається альтернатива з найбільшою зваженою оцінкою. При цьому альтернативи оцінюються з урахуванням всього діапазону цінностей, а не тільки найгіршого і/або найкращого значень
Моделі і методи матриці загрози альтернатив		
Мінімаксний критерій Севіджа	$u^{(С)} = \min_{i=1}^n \left( \max_{j=1}^m (u_{ij}) \right) = \min_{i=1}^n (u_i^{\max})$	Спрацьовує закон Мерфі: „Якщо якась неприємність може трапитись, вона трапляється”. Обирається альтернатива, для якої найбільша загроза мінімальна
Моделі і методи прийняття рішень в умовах ризику, коли відомі (наприклад, експертна оцінка) ймовірності всіх $m$ станів зовнішнього середовища $p_j, j = \overline{1;m}$ . При цьому робиться припущення, що зовнішнє середовище є пасивним і не створює протидії особі, яка приймає рішення		
Критерій Байєса-Лапласа	$u^{(БЛ)} = \max_{i=1}^n (\bar{u}_i),$ де $\bar{u}_i = \sum_{j=1}^m p_j u_{ij}, i = \overline{1;n}$ – оцінки кожної можливої альтернативи	Серед всіх математичних очікувань $u_i$ альтернатив обирається альтернативний варіант рішення з найбільшою цінністю (найменшою загрозою)
Критерій Ходжеса-Лемана	$u^{(ХЛ)} = \max_{i=1}^n (\bar{u}_i),$ де $\bar{u}_i = (1-\beta)u_i^{\min} + \beta u_i, i = \overline{1;n}$ – оцінки альтернативних варіантів дій; $0 \leq \beta \leq 1$ – коефіцієнт довіри для отриманих ймовірностей $p_j$ , тобто до експертів; $u_i$ – оцінки, встановлені за критерієм Байєса-Лапласа. Значення $\beta = 0$ відповідає повній недовірі до експертів і песимістичній оцінці (критерію Вальда); значення $\beta = 1$ відповідає повній довірі до експертів і оцінці за критерієм Байєса-Лапласа	За значеннями $\bar{u}_i, i = \overline{1;n}$ обирається альтернатива з найбільшою оцінкою

Таблиця 4

**Матриця<sup>1</sup> цінності (загрози) альтернатив**

Порядковий номер альтернативного варіанту дій (рішення)	Номер стану зовнішнього середовища					
	1	2	...	j	...	m
1	$u_{11}$	$u_{12}$	...	$u_{1j}$	...	$u_{1m}$
2	$u_{21}$	$u_{22}$	...	$u_{2j}$	...	$u_{2m}$
...	...	...	...	...	...	...
i	$u_{i1}$	$u_{i2}$	...	$u_{ij}$	...	$u_{im}$
...	...	...	...	...	...	...
n	$u_{n1}$	$u_{n2}$	...	$u_{nj}$	...	$u_{nm}$

Можливість приймати ефективні і своєчасні управлінські рішення в таких умовах надають сучасні інформаційні системи і технології, що базуються на застосуванні математичного, програмного і апаратного забезпечення. Знання особливостей, переваг та недоліків різноманітних процедур і технологій прийняття рішень (табл. 5) дозволяє обирати належний спосіб дій у конкретних проблемних ситуаціях [24, 25].

<sup>1</sup> Величина  $u_{ij}$  позначає або можливу користь (виграш, цінність) від прийняття i-го рішення в разі реалізації j-го стану зовнішнього середовища, або можливі втрати (загрозу, програш) від затвердженого рішення

**Порівняльна характеристика програмних продуктів для аналітичних потреби менеджерських структур при ухваленні управлінських рішень в умовах невизначеності**

Найменування, розробник, доступ до електронного ресурсу	Функціональні можливості	Обмеження
<p><b>Asta Powerproject</b> від Elecosoft UK Ltd – провідної міжнародної компанії-розробника програмного забезпечення для управління проектами і ресурсами, що представлена у 84 країнах світу. Режим доступу : <a href="http://www.pmssoft.ru/">http://www.pmssoft.ru/</a></p>	<p>Надає можливість розрахувати та врахувати ризики при реалізації проектів</p>	<p>Не дозволяє задавати та коригувати обмеження щодо виконання проектів</p>
<p><b>Project Expert</b> від Про-Инвест Консалтинг (Росія) Режим доступу : <a href="http://www.pro-invest.com">http://www.pro-invest.com</a></p>	<p>До основних операцій належать: оцінка ризиків, аналіз чутливості та безбитковості. На основі імітаційної моделі грошових потоків Project Expert забезпечує можливість проведення аналізу проекту з урахуванням ризиків і невизначеностей його виконання. Система дозволяє проаналізувати отриману сукупність результатів статистичними методами і визначити ступінь ризику, пов'язану з реалізацією проекту. При використанні невизначених даних є можливість отримати не тільки оцінку ефективності проекту, але і можливий інтервал її коливань, кількісні характеристики невизначеності та сталості проекту</p>	<p>Перевантажений інтерфейс програми</p>
<p><b>@ RISK</b> від AmoSoft (2011 р.), статус програми – умовно-безкоштовна, ціна 380 руб. Режим доступу : <a href="http://www.amosoft.net">www.amosoft.net</a></p>	<p>Використовуючи генетичні алгоритми або механізм OptQuest разом з функціями RISK, модуль RISKOptimizer, що об'єднує моделювання методом Монте-Карло з останніми технологіями пошуку рішень для оптимізації будь-яких електронних таблиць з невизначеними значеннями, допоможе особі, яка приймає рішення, визначити кращий розподіл ресурсів (активів), найефективніший розклад і багато ін. В RISK 6 розкладу Microsoft Project використаний гнучкіший інтерфейс RISK для Excel, додані прості в інтерпретації діаграми Торнадо для визначення джерел ризику, поліпшені параметри діаграм і підбір розподілів, а також реалізовані нові функції розподілів. У Промислової версії – представлений більш швидкий механізм пошуку рішень OptQuest для RISKOptimizer і додано моделювання з метою прогнозування часових рядів</p>	<p>Витрати і доходи розділені на різні вкладки</p>
<p><b>RISKOLGY</b> від C/S Solutions; ICE Inc.; Palisade Software; M; Risk Services &amp; Technology Режим доступу : <a href="http://www.systemsguild.com/riskology">http://www.systemsguild.com/riskology</a></p>	<p>Для використання Riskology на комп'ютері повинен бути встановлений Excel або будь-яка інша програма для роботи з електронними таблицями, сумісна з Excel. Riskology був створений з використанням MS Office X, тому бажана версія Excel не нижче 2002. Книга складається з 13 листів. Можливості: переключення факторів ризику; заміна даних „за умовчанням” власними; додавання власних ризиків; моделювання методом Монте-Карло; плановані удосконалення</p>	<p>Riskology не є засобом оцінювання проекту за параметрами, не надає інформацію про тривалість проекту, його вартість. Все, що він може – це дати інформацію про те, який запас часу буде необхідний для того, щоб подолати вплив всіх некерованих ризиків проекту. Користувачеві все одно знадобиться програма параметричного оцінювання для того, щоб обчислити найоптимістичнішу дату завершення проекту. Саме ця дата і стане одним із входів для Riskology</p>
<p>RiskyProject Professional 6.0 Режим доступу : <a href="http://riskyproject-professional.updatestar.com/ru">http://riskyproject-professional.updatestar.com/ru</a></p>	<p>RiskyProject – це програмне забезпечення управління ризиками проекту та аналіз ризиків – графіка. RiskyProject інтегрується з Microsoft Project, а також може виконуватись у вигляді окремого додатку. Дозволяє складати графік проекту в RiskyProject, Microsoft Project або імпортувати дані з інших програм управління проектами, включаючи Oracle Primavera, Safran проекту, MindManager та інше програмне забезпечення. Надає можливість визначити різні ризики, що впливають розклад, вартість, якість, продуктивність, безпеку й інші параметри як на рівні проекту, так і для кожного окремого завдання або ресурсу. Інформація щодо розподілу проектів за тривалістю завдань, вартістю, термінами початку і завершення разом з графіком проекту, використовується в аналізі ризику – графік Монте-Карло, спеціальна діаграма Ганта, що ілюструє невизначеність в тривалості завдань, старт і фініш. RiskyProject також допомагає відстежувати проекти з ризиками і невизначеностями</p>	<p>–</p>

Найменування, розробник, доступ до електронного ресурсу	Функціональні можливості	Обмеження
<p>„ЕвА – Аналіз ризиків” від компанії „ЕДС Плюс” (2014 р.), ціна – 25 000 руб. Режим доступу : <a href="http://www.edspplus.ru/eva.html">http://www.edspplus.ru/eva.html</a></p>	<p>Аналіз чутливості, метою якого є визначення ступеня впливу зміни вихідних даних проекту на його фінансовий результат, і який полягає у визначенні критичних меж зміни факторів, наприклад, наскільки максимально можна знизити обсяги продажів або ціни на продукцію (товари, роботи, послуги), щоб чистий приведений дохід (NPV) був додатним; сценарний підхід – дозволяє на основі експертних оцінок передбачати можливі результати за кожним імовірним сценарієм, встановлювати ризик недосягнення наперед заданої величини („зону ризику”); можливе обчислення VaR – value at risk.</p> <p>Метод Монте-Карло (аналіз довірчого інтервалу) – у моделюванні Монте-Карло беруть участь, як правило, знайдені при аналізі чутливості фактори, параметри, що найбільше впливають на результат; проводиться оцінка впливу сукупної їх зміни на результат. Користувач задає число таких експериментів і закон розподілу відповідної випадкової величини; одержаний графік характеризує щільність розподілу підсумкової випадкової величини.</p> <p>Інструмент „Підбір розподілу” (аналіз фактичних даних) – проводиться автоматизований підбір параметрів обраних розподілів або підбір параметрів вручну; гістограма щільності розподілу вихідних даних, графіки відповідних законів розподілів розташовані безпосередньо в інтерфейсі цього інструменту.</p> <p>Регресійний аналіз</p>	<p>Максимальна кількість параметрів при аналізі чутливості – 10; максимальне число сценаріїв – 3; максимальна кількість параметрів для сценарного аналізу – 5; максимальна кількість параметрів для методу Монте-Карло – 3; мінімальна кількість доступних розподілів – 4</p>
<p><b>WebCab Portfolio for Delphi</b> від <a href="#">WebCab Components</a> Режим доступу : <a href="http://webcab-portfolio-for-delphi.en.softonic.com/">http://webcab-portfolio-for-delphi.en.softonic.com/</a></p>	<p>Застосування теорії Markowitz та моделі оцінки фінансових активів (CAPM) для аналізу та складання оптимального портфеля з / без оцінки майна відносно теорії Маркова з використанням функції ризику, повернення та інвестицій, або відносно моделі оцінки капіталу при заданих ризику, доходу та оцінці ринкового портфелю. Також включає оцінку продуктивності, розширені класи та методи, включаючи обчислення рівнянь та інтерполяційних процедур, аналізу ефективності капіталу, ринкового портфелю та CML. До функцій утиліти відносяться: загальні процедури інтерполяції для вивчення ефективності портфеля; SolveFrontier – для обчислення ефективності граничної можливості щодо ризику, повернення та інвестиційних функцій; MaxRange – максимальний діапазон ефективності граничної можливості; AssetParameters – оцінка матриці, повернення, волатильності, ризику і варіацій портфелю; оцінка продуктивності – пропонує певну кількість процедур для доступу до повернення і ризику налаштованого повернення (Treynors Measure, Sharpes Ratio)</p>	<p>Програма тільки з англійським інтерфейсом, платна</p>

У якості універсального підходу при прийнятті рішень в умовах невизначеності та для врахування в моделях факторів, що важко формалізуються, може застосовуватись імітаційне моделювання [26] на базі систем AnyLogic [27], E-net Modeling System [28], GPSS World [29], MvStadium [27] й ін.

**Висновок.** Застосування систем підтримки прийняття рішень дозволяє суб'єкту управління підвищити ефективність прийняття рішень завдяки моделюванню та автоматизації інформаційних процедур. Однак, якими б досконалими не були інформаційні технології, вони не здатні повністю замінити людину [30]. Неможливо приймати ефективні рішення, опираючись тільки на формальні наукові методи. Наука і технічні засоби з одного боку, а досвід, знання та інтуїція особи, яка приймає рішення, – з другого, мають поєднуватися і доповнювати одне одного, тобто справджуватися відомий принцип зовнішнього доповнення.

Застосування сучасних інформаційних технологій та інтегрованих в них моделей і методів, що дозволяють одночасно врахувати весь комплекс ринкових факторів та умов функціонування реальних систем, виявляти закономірності, будувати прогнози їх подальшого розвитку і знаходити найкращий варіант рішень на користь найвигідніших для функціонування суб'єктів господарювання, підвищення їх конкурентних переваг.

#### Література

1. Стратегія сталого розвитку „Україна – 2020” : Указ Президента України № 5/2015 від 12.01.2015 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5/2015>
2. Лубенець С. В. Моделі і методи прийняття рішень в аналізі та аудиті : навч. посіб. / Лубенець С. В. – Львів : ПП „Магнолія 2006”, 2010. – 261 с.
3. Ющенко Н. Л. Економіко-математичні моделі в управлінні та економіці : навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Н. Л. Ющенко. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2016. – 278 с.

4. Пономаренко В. П. Методи і моделі прийняття багатокритеріальних рішень в умовах ризику : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 01.05.04 / Пономаренко Володимир Петрович ; Харківський національний ун-т радіоелектроніки. – Х., 2009. – 18 с.
5. Вітлінський В. В. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком : навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. / В. В. Вітлінський, П. І. Верченко. – К. : КНЕУ, 2000. – 292 с.
6. Катренко А. В. Теорія прийняття рішень / Катренко А. В., Пасічник В. В., Пасько В. П. – К. : Видавнича група ВНУ, 2009. – 448 с.
7. Прокопенко Т. О. Класифікація невизначеностей в управлінні організаційно-технологічними об'єктами / Т. О. Прокопенко // Информационные технологии и системы управления. – 2014. – № 6/4(20). – С. 23–25.
8. Сайт державної наукової установи „Український інститут науково-технічної експертизи та інформації” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.uintai.kiev.ua/>
9. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe)
10. Коробчук Т. І. Модель прийняття рішень в умовах невизначеності / Т. І. Коробчук // IX Междунар. науч.-практ. Интернет-конф. „Наука в информационном пространстве” (10-11 октября 2013 г.). – Луцьк. нац. тех. ун-т, 2013.
11. Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards : ISO Guide 73:2009 // ISO standard. – ISO / TMBG Technical Management Board – groups, 2009. – 15 p.
12. Risk management – Risk assessment techniques : IEC 31010:2009 // ISO standard. – ISO / TC 262 Risk management, 2009. – 176 p.
13. PMBOK Guide and Standards [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards>
14. Лобанов А. А. Энциклопедия финансового риск-менеджмента / А. А. Лобанов, А. В. Чугунов. – М. : Альпина Паблишер, 2003. – 786 с.
15. Коршунов Ю. М. Математические основы кибернетики : учебн. пос. для вузов / Коршунов Ю. М. – М. : Энергия, 1980. – 424 с.
16. Методы количественной оценки рисков [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://studme.org/45514/ekonomika/metody\\_kolichestvennoy\\_otsenki\\_riskov](http://studme.org/45514/ekonomika/metody_kolichestvennoy_otsenki_riskov)
17. Назимко В. В. Учет рисков в сетевом планировании развития горных работ при отработке выемочного участка угольной шахты / В. В. Назимко, И. В. Назимко, А. А. Яйцов // Наукові праці ДонНТУ. Серія: економічна. – 2010. – Випуск 38-3. – С. 94–103.
18. Астанина Л. А. Альтернативные стохастические графы в проектном менеджменте / Л. А. Астанина, Л. В. Кирина // Сборник научных трудов Sworld. – Т. 24. Экономика. – ЦИТ : 212-568, 2012. – С. 71–78.
19. Вергунова І. М. Системне моделювання в економіці. Блок 2 (для студентів за напрямом підготовки 8.04030203 – соціальна інформатика) / Вергунова І. М. – К. : ФОП Корзун Д. Ю., 2013. – 106 с.
20. Методи та системи підтримки прийняття рішень в управлінні еколого-економічними процесами підприємств : навч. посіб. / [Пономаренко В. С., Павленко Л. А., Беседовський О. М. та ін.]. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2012. – 272 с.
21. Ус С. А. Моделі й методи прийняття рішень : навч. посіб. / С. А. Ус, Л. С. Коряшкіна. – Д. : НГУ, 2014. – 300 с.
22. Голов С. Ф. Управлінський облік / Голов С. Ф. – К. : Лібра, 2003. – 704 с.
23. Карагодова О. О. Дослідження операцій : навч. посіб. / Карагодова О. О., Кігель В. Р., Рожок В. Д. – К. : Центр навчальної літератури, 2007. – 256 с.
24. Ющенко Н. Л. Інформаційні технології прийняття рішень за недетермінованих умов / Н. Л. Ющенко // Облік, оподаткування і контроль : теорія та методологія [Електронний ресурс] : зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. [м. Тернопіль, 30 черв. 2017 р.] / редкол. : Bartosiewicz Sławomir, Henning Dräger, Korzeb Zbigniew [та ін.]. – Тернопіль : ТНЕУ, 2017. – С. 312–315. Режим доступу : <http://dspace.tneu.edu.ua/handle/316497/21894>
25. Ющенко Н. Л. Моделі і методи аналізу вигід і витрат у прийнятті рішень / Н. Л. Ющенко, А. М. Міщенко // Вісник Хмельницького національного університету. Серія „Економічні науки” : науковий журнал / Хмельн. нац. ун-т. – Хмельницький : Хмельн. нац. ун-т, 2016. – № 2, Т. 1 (234). – С. 97–104.
26. Томашевський В. М. Моделювання систем / Томашевський В. М. – К. : Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.
27. Программные продукты [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://simulation.su/static/ru-soft.print>
28. Казимир В. В. Розподілене моделювання в EMS на основі архітектури HLA / В. В. Казимир, Г. А. Сіра // Математичні машини і системи, 2011. – № 4. – С. 125–135.
29. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS / Шрайбер Т. Дж. – М. : Машиностроение, 1980. – 589 с.
30. Кігель В. Р. Математичні методи ринкової економіки : навч. посіб. / Кігель В. Р. – К. : Кондор, 2003. – 158 с.

Надійшла: 01.09.2017; рецензент: д. е. н., проф. Ільчук В.П.