

Висновок. Таким чином, дослідження станів екосистем може здійснюватися на основі математичних моделей, реалізованих за допомогою інформаційних систем. Чисельне розв'язування системи рівнянь (5) дає змогу досліджувати динаміку станів екосистем та ставити відповідні прогнози. Система моделювання станів екосистем використовується, з одного боку, для прогнозування станів екосистем за наявності в банку даних початкових умов, а з іншого боку, для прогнозування шляхом порівняння з еталонними даними прогнозу, що містяться в банку даних і які отримані також шляхом реалізації математичних моделей при заданих початкових умовах. Для повного дослідження станів екосистем необхідно використовувати сучасне інформаційне забезпечення.

Література

1. Богобожий В.В. Принципи моделювання та прогнозування в екології / В.В. Богобожий, К.Р. Чурбанов, П.Б. Палій, В.М. Шмандій. – К., 2004. – 215 с.
2. Мунтян В.І. Економічна безпека України / В.І. Мунтян. – К., 1999. – 462 с.
3. Одрехівський М.В. Оцінка ефективності валеологічних інновацій / М.В. Одрехівський, О.О. Одрехівська // Валеологія: сучасний стан, напрямки та перспективи розвитку : матеріал. Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків. – 2003. – Т. 3. – С. 17-20.
4. Одрехівський Н.В. Оценка и прогнозирование состояния экологической безопасности территории / Н.В. Одрехівський, Л.С. Угрин. – Дрогобыч, 2006. – 236 с.

Одрехівський Н.В., Угрин Л.Е. Математическое моделирование процесса оценки и информационное прогнозирование состояний экосистем

Раскрыты особенности экосистем. Осуществлена оценка показателей влияния на окружающую среду. Рассмотрены механизмы, которые определяют динамические свойства процессов, происходящих в определенной среде. Исследована возможность создания математической модели для оценки состояний экологической безопасности территории, и ее дальнейшее использование для прогнозирования состояний экосистем с помощью информационных систем.

Ключевые слова: экосистема, моделирование процессов, теория марковских цепей, дифференциальные уравнения Колмогорова.

Odrekhivsky N.V., Uhryn L.Ye. Mathematical modelling process, assessment and information forecasting states ecosystems

Researched the peculiarities of ecosystems. Made assess of the parameters impact on the environment. Considered the mechanisms which determine dynamic properties of processes in an environment. Researched the opportunity to create a mathematical model to estimate the environmental safety of the territory and its subsequent use to predict states ecosystems using information systems.

Keywords: ecosystem modelling, the theory of Markov chains, Kolmogorov differential equations.

УДК 330.46:658.2 Доц. Ю.А. Стадник, канд. екон. наук; ст. викл. О.В. Жумік, канд. фіз.-мат. наук – Львівська державна фінансова академія

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ПОРТФЕЛЮ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ

Розглянуто багатокритеріальну задачу оптимізації формування портфеля інвестиційних проєктів, критеріями якої є значення таких показників інвестиційних проєктів, як чиста теперішня вартість, внутрішня норма доходності, період окупності інвестицій. Наведено приклад реалізації моделі розглянутої задачі.

Ключові слова: багатокритеріальна задача оптимізації формування портфеля інвестиційних проєктів, чиста теперішня вартість, внутрішня норма доходності.

Постановка проблеми та її актуальність. Формування ефективної інвестиційної політики, грамотне управління інвестиційною діяльністю підприємства є особливо актуальним в умовах трансформаційної економіки, оскільки саме інвестиції виступають одним із найважливіших засобів для її стабілізації та є надійним механізмом соціально-економічних перетворень, що призводять до підвищення якісних показників господарської діяльності.

Під час розроблення та реалізації інвестиційної політики підприємства визначають пріоритетні напрямки інвестиційної діяльності та встановлюють оптимальний з певної точки зору розподіл ресурсів між ними, тобто здійснюють формування оптимального портфеля інвестиційних проєктів. Основною метою формування інвестиційного портфеля є забезпечення реалізації розробленої інвестиційної політики підприємства шляхом підбору найбільш ефективних і надійних інвестиційних вкладень, якими можуть бути інструменти фінансового ринку, нерухомість, депозити тощо. У процесі формування інвестиційного портфеля основними завданнями інвестора є визначення інвестиційних характеристик варіантів вкладення та пропорцій розподілу коштів між ними за різними критеріями економічної ефективності відповідно до основних цілей інвестиційної політики та об'єктивних інвестиційних обмежень. Для вирішення цих завдань широко застосовують економіко-математичні методи та моделі, зокрема: оптимізацію критеріальних показників ефективності проєктів, модель чутливості реагування, модель арбітражної оцінки, регресійні та імітаційні моделі оцінки ефективності інвестицій та інші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженні завдань оптимізації інвестиційної діяльності підприємств із застосуванням економіко-математичного інструментарію вагомим є внесок як вітчизняних (А.А. Алексєєв, В.В. Вітлінський, В.В. Гнатушенко, Н.І. Костіна, А.В. Мертенс, О.С. Олексюк, О.І. Ястремський та інші), так і зарубіжних (С.В. Валдайцев, Дж. Ван Хорн, М.В. Грачова, В.В. Ковальов та інші) вчених. Основну увагу в опублікованих за цією проблемою роботах приділено питанням аналізу фінансових інвестицій, а питання формування оптимального портфеля реальних інвестицій на основі поєднання принципів багатокритеріальності відбору проєктів та врахування об'єктивних обмежень інвестиційної діяльності підприємства є недостатньо вивченими як у науковому, так і в організаційно-практичному аспекті, а тому й надалі залишаються актуальними для подальших досліджень.

У цій роботі зосередимося на розгляді процесу багатокритеріальної оптимізації портфеля інвестиційних проєктів відповідно до основних цілей інвестиційної політики підприємства.

Мета і завдання статті. Метою цього дослідження є постановка та реалізація багатокритеріальної задачі оптимізації формування інвестором портфеля реальних інвестицій в умовах становлення ринкової економіки. У роботі вирішуємо завдання формалізації проблеми формування портфеля інвестиційних проєктів у вигляді багатокритеріальної оптимізаційної задачі та її реалізації зі застосуванням методики багатокритеріальної оптимізації.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до обраної інвестиційної політики і особливостей здійснення інвестиційної діяльності, підприємством визначає ті чи інші цілі інвестування: максимізація зростання капіталу; максимізація зростання доходу; мінімізація інвестиційних ризиків; забезпечення ліквідності інвестиційного портфеля. Врахування пріоритетних цілей під час формування інвестиційного портфеля полягає у визначенні відповідних нормативних показників, які слугують критерієм у виборі вкладень для інвестиційного портфеля та його оцінкою.

Основним завданням портфельного інвестування є поліпшення умов інвестування шляхом надання сукупності фінансових активів таких інвестиційних характеристик, які були б недосяжні з позиції окремо взятої інвестиції і можливі тільки за їх вдалої комбінації. Формування інвестиційного портфеля здійснюється на основі всесторонньої якісної та кількісної оцінки кожного із представлених до розгляду реальних проектів. Оцінка інвестиційних проектів та формування інвестиційного портфеля на основі принципу багатокритеріальності відбору дає змогу врахувати основні цілі інвестиційної стратегії підприємства, а також завдання інвестиційної діяльності, що виникають під впливом змін зовнішніх і внутрішніх чинників під час її здійснення. При цьому виконується ранжування цілей інвестиційної діяльності за їх значущістю.

Для ефективного формування портфеля інвестиційних проектів важливе значення мають також принципи:

- врахування об'єктивних обмежень інвестиційної діяльності підприємства, таких як обсяги інвестиційної діяльності, що передбачаються відповідно до інвестиційної стратегії; напрями та форми галузевої і регіональної диверсифікації інвестиційної діяльності; потенціал формування власних інвестиційних ресурсів; можливості залучення позикового капіталу до фінансування окремих інвестиційних проектів; основні державні нормативні вимоги до реалізації інвестиційних проектів;
- забезпечення нерозривності зв'язку інвестиційної, операційної та фінансової діяльності підприємства шляхом синхронізації основних параметрів інвестиційної програми з відповідними параметрами виробничої і фінансової програм і комплексного формування грошових потоків за даними видами діяльності у межах визначених часових періодів;
- забезпечення внутрішньої збалансованості інвестиційної програми за основними показниками, що досягається, передусім, шляхом встановлення ефективного співвідношення таких найважливіших її параметрів, як рівень прибутковості, ризику та ліквідності.

Для врахування названих принципів оцінку інвестиційних альтернатив доцільно здійснювати із застосуванням критеріальних показників ефективності інвестиційних проектів і процедуру формування інвестиційного портфеля виконати із застосуванням багатокритеріальної оптимізаційної задачі. Основними критеріальними показниками, що застосовуються для оцінки ефективності інвестиційних проектів, є чиста теперішня вартість (*NPV*) та внутрішня норма доходності (*IRR*). Побудова зазначених критеріїв ґрунтується на оцінці чистого грошового потоку, що в концепції фінансового аналізу визначається як загальна сума попередніх витрат, що повертаються інвестору, внаслідок реалізації інвестиційного проекту (в експлуатаційній його фазі).

Показник чистої приведеної вартості дає змогу порівняти вартість майбутніх доходів від реалізації інвестиційного проекту дисконтовану до часу початку впровадження проекту з сумою інвестиційних витрат за проектом. Розраховується цей показник за формулою

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - C^0 \quad (1)$$

у випадку миттєвого здійснення вкладень, або, коли вкладення здійснюються поетапно протягом декількох років, за формулою

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t^0}{(1+r)^t}, \quad (2)$$

де: B_t – фінансовий підсумок у році t з урахуванням початкових інвестицій; r – ставка дисконтування; n – тривалість життєвого циклу проекту; C^0 – обсяг загальних інвестиційних витрат проекту; C_t^0 – інвестиційні витрати у році t ; B_t – грошовий потік у році t , підрахований без початкових інвестицій.

Показник внутрішньої норми доходності (*IRR*) характеризує ставку дисконту, за якої дисконтована вартість чистого грошового потоку за інвестиційним проектом дорівнює теперішній вартості інвестиційних витрат за ним і на практиці розраховується за допомогою формули

$$IRR = A + \frac{a(B-A)}{(a-b)}, \quad (3)$$

де: A – величина ставки дисконту, за якої *NPV* позитивна; B – величина ставки дисконту, за якої *NPV* негативна; a – величина позитивної *NPV*, за величини ставки дисконту A ; b – величина *NPV*, за величини ставки дисконту B .

Позитивне інвестиційне рішення про реалізацію проекту на основі показника внутрішньої норми доходності приймається за умови, що значення цього показника перевищує ставку дисконту, яка дорівнює мінімальному рівню норми прибутку на ринку капіталу з урахуванням відповідного рівня інвестиційного ризику.

Показник терміну окупності інвестицій визначає час, протягом якого грошовий потік, одержаний інвестором від втілення проекту, досягає величини вкладених у проект фінансових ресурсів. Формула для розрахунку цього показника має такий вигляд:

$$PBP = \frac{C^0}{B_s}, \quad (4)$$

де: *PBP* – період окупності інвестицій за проектом; B_s – середньорічна сума дисконтованого чистого грошового потоку за інвестиційним проектом.

Розглянемо приклад реалізації задачі формування портфеля інвестиційних проектів, критеріями якої візьмемо названі критеріальні показники. Значення чистої теперішньої вартості, внутрішньої норми доходності та періоду окупності умовних об'єктів інвестування, що використовуються для розв'язування багатокритеріальної оптимізаційної задачі, наведено в табл. 1.

Табл. 1. Значення критеріальних показників об'єктів інвестування

Критерій (f_k)	Об'єкт інвестування (x)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
NVP , (тис. грн.)	1250	2200	950	2530	2820	2950	2800	3420
IRR , (%)	32,7	28,5	31,4	43,4	36,8	40,4	33,6	42,6
PBP (роки)	3,7	4	3,5	4,8	4,2	5,1	4,1	5,5

Склав автор.

Методика багатокритеріальної оптимізації складається з кількох етапів. На першому етапі виконується відсів неефективних планів та визначення меж варіації значень кожної з цільових функцій на множині ефективних планів. Зазначимо, що у нашому випадку усі плани можна вважати ефективними, оскільки жоден із них не є строго пріоритетнішим від іншого.

Далі здійснюється побудова узагальненої адитивної функції цінності за формулою $u = \sum_{k=1}^p \alpha_k f_k(x)$, де вагові коефіцієнти α_k обчислюються за формулами $\alpha_k = \frac{1}{y_k^* - y_k^0}$, $k = \overline{1, p}$, де y_k^* , y_k^0 – межі варіації значень k -ї цільової функції. Характеристику множини ефективних об'єктів інвестування та вагові коефіцієнти функції цінності представлено в табл. 2.

Табл. 2. Характеристика множини ефективних об'єктів інвестування, вагові коефіцієнти функції цінності

Номер k	Цільова функція	Значення цільової функції на множині ефективних маршрутів		Вагові коефіцієнти
		y_k^*	y_k^0	
1	NVP , (тис. грн) (до максимуму)	3420	950	$\alpha_1 = \frac{1}{3420 - 950} = \frac{1}{2470}$
2	IRR , (%) (до максимуму)	43,4	28,5	$\alpha_2 = \frac{1}{43,4 - 28,5} = \frac{1}{14,9}$
3	PBP , (роки) (до мінімуму)	3,5	5,5	$\alpha_3 = \frac{1}{3,5 - 5,4} = -\frac{1}{-1,9}$

Розрахував автор на основі даних табл. 1.

Наступним етапом є обчислення показників цінності кожного з об'єктів інвестування, знайдені значення яких наведено в табл. 3.

Табл. 3. Характеристика цінності інвестиційних проектів

Об'єкт інвестув.	1	2	3	4	5	6	7	8
$NVP/50$	0,506073	0,890688	0,384615	1,024291	1,1417	1,194332	1,133603	1,384615
$IRR/170$	2,194631	1,912752	2,107383	2,912752	2,469799	2,711409	2,255034	2,85906
$PBP/$	-1,85	-2,25	-1,75	-2,4	-2,1	-2,55	-2,45	-2,75
Всього	0,850704	0,80344	0,741998	1,537043	1,511499	1,355741	1,038637	1,493676

Розрахував автор на основі даних табл. 1 та табл. 2

Як видно з табл. 3, найкращі показники цінності мають четвертий, п'ятий, восьмий та шостий інвестиційні проекти. На останньому етапі бага-

токритеріальної оптимізації особою, що приймає інвестиційне рішення (ОПР), виконується оцінка задовільності отриманих результатів на основі показників цінності інвестиційних проектів та меж варіації критеріальних показників. Нехай ОПР не вважає оцінки інвестиційних проектів $f(x^4)$, $f(x^5)$, $f(x^8)$, $f(x^6)$ задовільними та вводить припустимі рівні для критерію чистої теперішньої вартості та періоду окупності. Значення припустимого рівня для показника NVP становить 3000 тис. грн, а для показника PBP – 4,6 роки.

Для визначення реальності встановлених припустимих рівнів критеріальних показників розв'язується однокритеріальна задача (5):

$$\left. \begin{aligned} t \rightarrow \max, \\ \frac{f_k(x) - \xi_k}{y_k^* - \xi_k} \geq t, \quad k = \overline{1, p}, \\ x \in X, \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} t \rightarrow \max, \\ NVP, \text{ тис. грн.} \geq 3000 + t(3420 - 3000), \\ PBP, \text{ роки} \leq 4,6 - t(4,6 - 3,5), \\ x \in X, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

для кожного критерію і серед знайдених t вибирається найбільше. Таке максимальне значення t у цьому випадку становить -0,476, тому первісні припустимі рівні можна вважати нереальними і їх корекцію здійснювати в бік послаблення. Реальні рівні, що відповідають первісним, мають значення:

$$\xi_1^* = 3000 + 420 \cdot (-0,476) = 2800 \text{ тис. грн}, \quad \xi_2^* = 4,6 - 1,1 \cdot (-0,476) = 5,12 \text{ роки}.$$

Висновки. Реальним припустимим рівням задовольняють три ефективних інвестиційних проекти: п'ятий, шостий та сьомий. Їх оцінки мають значення $f(x^5) = \begin{bmatrix} 2820 \text{ тис. грн} \\ 36,8\% \\ 4,2 \text{ роки} \end{bmatrix}$, $f(x^6) = \begin{bmatrix} 2950 \text{ тис. грн} \\ 40,4\% \\ 5,4 \text{ роки} \end{bmatrix}$ та $f(x^7) = \begin{bmatrix} 2800 \text{ тис. грн} \\ 33,6\% \\ 4,1 \text{ роки} \end{bmatrix}$ відповідно. Ці проекти можуть бути рекомендовані ОПР для включення в інвестиційний портфель.

Постановка та реалізація багатокритеріальної задачі формування портфеля інвестиційних проектів дають змогу визначити проекти, які характеризуються кращими показниками цінності за кількома критеріями оцінювання і врахувати пріоритети та обмеження інвестора під час прийняття інвестиційних рішень.

Література

1. Ван Хорн Дж.К. Основы финансового менеджмента / Дж.К. Ван Хорн, Дж. М. Вахович. – Изд. 11-ое, [перераб. и доп.]: пер. с англ. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2001. – 992 с.
2. Дані біржового списку фондової біржі ПФТС. [Електронний ресурс]. – Доступний за <http://www.pfts.com/>
3. Паславська І.М. Модель оптимізації прийняття фінансово-інвестиційних рішень / І.М. Паславська // Формування ринкової економіки в Україні: проблеми економічної кібернетики: наук. зб. – Львів: Вид-во "Інтерек". – 2008. – Вип. 18. – С. 151-157.

Стадник Ю.А., Жумик О.В. Многокритериальная оптимизация портфеля инвестиционных проектов

Рассмотрена многокритериальная задача оптимизации формирования портфеля инвестиционных проектов, критериями которой являются значения таких показателей инвестиционных проектов, как чистая нынешняя стоимость, внутренняя норма

доходности, период окупаемости инвестиций. Приведен пример реализации модели рассмотренной задачи.

Ключевые слова: многокритериальная задача оптимизации формирования портфеля инвестиционных проектов, чистая нынешняя стоимость, внутренняя норма доходности.

Stadnyk Yu.A., Zhumik O.V. The multicriterion task of optimization of investment projects portfolio

The multicriterion task of optimization of investment projects portfolio is examined in the article. The objective functions of task are the values of criterion indexes of investment projects: net present cost, internal norm of profitability, period of return on investments. The example of realization of multicriterion task of construction of investment projects portfolio with the application of methodology of multicriterion optimization is described in the article.

Keywords: the multicriterion task of optimization of investment projects portfolio, net present value, internal rate of return.

УДК 631:331.4

Доц. Л.О. Тисовський, канд. фіз.-мат. наук –
НЛТУ України, м. Львів;
аспір. В.М. Степанишин – НУ "Львівська політехніка"

**МОДЕЛЮВАННЯ ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ
ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ
ДЕРЖКОМЛІСГОСПУ УКРАЇНИ**

Наведено зведену таблицю щодо травматизму на підприємствах Державного комітету лісового господарства за 2000-2009 рр. і на цій основі визначено причини та встановлено основні фактори, що впливають на рівень травматизму в галузі. Досліджено взаємозв'язок коефіцієнта частоти травматизму від об'єму заготовленої деревини (в т.ч. з летальними наслідками). Методами багатофакторного аналізу побудовано лінійне рівняння множинної регресії між кількістю травм і видами робіт.

Ключові слова: виробничий травматизм, коефіцієнт частоти виробничого травматизму, рівняння множинної регресії, коефіцієнт множинної кореляції, частковий коефіцієнт еластичності, стандартизований коефіцієнт регресії.

Постановка проблеми. Статистичне дослідження причин, наслідків та обставин виробничого травматизму (зокрема із летальними наслідками) на підприємствах окремих галузей господарського комплексу є теоретичною основою для формування комплексу заходів із запобігання травматизму в галузі та зниження його рівня.

Цілі досліджень. Метою дослідження є аналіз стану виробничого травматизму на підприємствах Державного комітету лісового господарства України за останні 10 років та розроблення на основі методів статистичного аналізу математичних моделей, що дають змогу оцінити вплив окремих факторів на відповідну результуючу ознаку.

Виклад основного матеріалу. У роботі [1] на основі щорічного державного статистичного спостереження форма №7-гнів "Звіт про травматизм на виробництві" (2000-2009 рр.) проведено системний аналіз виробничого травматизму на підприємствах Державного комітету лісового господарства України та виокремлено основні причини і фактори, що призводять до не-

щасних випадків. Результати статистичного аналізу можна представити у вигляді зведеної табл. 1.

Табл. Статистичні дані виробничого травматизму на підприємствах Держкомлісгоспу України

Рік	Кількість травм	Смертьних	Коеф. частоти	К.ч. смерт.	Заготовля, тис. м ³	Витрати, всього, грн	Витрати на 1 особу	Кількість працівників	Переїрки всього	Перевірки на 1 особу
2000	167	13	1,7	0,14	9559	3267337	34	95260	4747	14,2
2001	142	13	1,5	0,14	11026	7892286	83	94999	4984	14,9
2002	174	10	1,9	0,11	10153	8622998	95	91016	5358	16
2003	146	16	1,6	0,18	11048	10680591	119	89580	5894	17,6
2004	129	9	1,5	0,1	12117	13150914	149	88000	6696	20
2005	132	16	1,5	0,18	12094	15378119	177	87027	7661	23
2006	154	12	1,9	0,15	12747	17712303	221	80064	8156	25
2007	129	16	1,7	0,21	13403	22262021	297	74931	9411	28,1
2008	93	9	1,4	0,13	12393	22124869	330	67058	10336	30,7
2009	80	10	1,3	0,16	11475	22687737	374	60668	10399	31,1

Рік	Професія (посада)						Стаж роботи за фахом				Вид робіт					
	лісоруб	водій	вертальник	стропальник	ПП, майстер	інші	1-5 років	5-10 років	10-15 років	більше 15 років	лісоочісні	транспорту	нижньокладські	деревообробні	ремонтні	інші
2000	58	35	33	18	9	14	77	35	22	33	56	34	18	31	15	13
2001	54	27	31	17	6	7	89	19	17	17	50	29	16	30	9	8
2002	59	31	33	19	13	19	90	34	21	29	59	33	18	41	15	8
2003	54	26	27	15	14	10	76	28	18	24	46	26	15	32	13	14
2004	44	25	23	13	9	15	62	29	17	21	44	20	12	36	6	11
2005	53	22	25	11	8	13	79	18	14	21	45	27	15	20	11	14
2006	57	29	26	14	13	15	96	25	16	17	55	32	17	18	13	19
2007	45	26	23	13	11	11	71	24	15	19	53	26	13	15	11	11
2008	25	19	10	10	16	13	58	13	10	12	39	21	10	10	7	6
2009	25	18	10	5	16	6	37	19	11	13	33	15	7	10	8	7

Зрозуміло, що переважна більшість величин в табл. мають випадковий (стохастичний) характер. Тому наступним етапом досліджень є встановлення певного кількісного чи функціонального зв'язку між окремими факторами та вивчення їх взаємовпливу. У роботі [2] наведено основні співвідношення кореляційно-регресійного аналізу та детально досліджено взаємозв'язок між об'ємом заготовленої деревини та коефіцієнтом частоти загального травматизму (травматизму із смертельним наслідком). Так, враховуючи числові дані табл. 1, отримуємо такі залежності коефіцієнта частоти травматизму (коефіцієнта частоти смертельних випадків) від об'єму заготовленої деревини (рис. 1, 2).

Коефіцієнти кореляції в цьому випадку є досить малими (0,013 – для загального травматизму; 0,411 – для травматизму із летальними наслідками), що свідчить про відсутність лінійного зв'язку між досліджуваними факторами. Показано, що найкраще в розглядуваному випадку криву кореляції пред-