

УДК 658.152:338.24

ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ПАКЕТАМИ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ

Л.О. Кирилова, к.ф.-м.н.

І.В. Мамонтова

Одеський національний економічний університет, Одеса, Україна

Кирилова Л.О., Мамонтова І.В. Задача оптимального управління пакетами інвестиційних проектів.

Побудовано економіко-математичну модель задачі оптимізації управління пакетами виробничих інвестицій. Модель забезпечує максимальну ефективність усього пакету при заданому обмеженні на його ризик у кожний момент часу. Це дозволяє розраховувати оптимальні розміри траншів, та за результатами цих розрахунків приймати управлінські рішення щодо керування ходом реалізації інвестицій. Результат проілюстровано на прикладі пакету реальних інвестиційних проектів.

Ключові слова: пакет виробничих інвестицій, ефективність, ризик, оптимізаційна задача

Кирилова Л.А., Мамонтова И.В. Задача оптимального управления пакетами инвестиционных проектов.

Построена экономико-математическая модель задачи оптимизации управления пакетами производственных инвестиций. Модель обеспечивает максимальную эффективность всего пакета при заданном ограничении на его риск в каждый момент времени. Это позволяет рассчитывать оптимальные размеры траншей, и по результатам этих расчетов принимать управленческие решения по управлению ходом реализации инвестиций. Результат проиллюстрирован на примере реальных инвестиционных проектов.

Ключевые слова: пакет производственных инвестиций, эффективность, риск, оптимизационная задача

Kirillova L.A., Mamontova I.V. The problem of optimal management of investment project packages.

The economic and mathematical model of the problem of management optimization of production's investment packages has been built. Model provides the maximum efficiency of all package with the assigned limitation to its risk at each time point. This allows you to calculate the optimal sizes of these tranches and allow you to make administrative decisions based on results of these calculations for management progress of the investments. The result has been illustrated on example of real investment projects.

Keywords: package of production investments, effectiveness, risk, optimization problem

Оскільки створення та функціонування вільних (або спеціальних) економічних зон (ВЕЗ або СЕЗ) у першу чергу передбачає залучення до них інвестицій, то, цілком природно, що надзвичайно актуальними будуть задачі ефективного управління інвестиційними процесами в ВЕЗ. А для вирішення таких задач необхідне застосування економіко-математичних методів та моделей, розрахунків за цими моделями, прогнозування за ними і видача рекомендацій для прийняття економічно ефективних, науково обґрунтованих рішень. Сучасні економічні реалії ставлять перед керуючими (координуючими) органами проблеми управління не тільки окремими інвестиціями, а й задачі акумуляції значних фінансових ресурсів і ефективного управління цими ресурсами за рахунок реалізації комплексу інвестиційних проектів. Зазначимо, що однією із головних проблем становлення та розвитку ВЕЗ в Україні, як показує низка досліджень, була відсутність на місцях у цих зонах органів управління інвестиціями. Суб'єктами, що приймають рішення, були органи центральної влади, а це не сприяло ефективній роботі у самих зонах. Саме тому науковці виступають за створення у ВЕЗ спеціальних органів, які б займались інвестиційними питаннями.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Останнім часом задачі оптимізації пакетами різних фінансових інструментів досить часто застосовуються в економічних дослідженнях. Вирішенню таких задач сприяє розвиток комп'ютерних технологій. Зокрема, в роботах [1] та [2] побудовані математичні моделі, які дають змогу проводити оптимізацію структури портфеля цінних паперів та управління ним в часі із врахуванням цілей інвестиційної діяльності та ступеня її агресивності. В [1] розроблено адаптивні процедури прогнозування курсів цінних паперів при використанні методів нейронних мереж. В роботі [3] запропоновано модель впливу регіону на інвестиційний процес та метод розрахунку комплексного показника інвестиційної привабливості регіону. Створено модель поведінки інвестора та диверсифікації його портфелю на макроекономічному регіональному

рівні. У [3] проведено дослідження впливу на темпи економічного розвитку основних важелів державного регулювання, серед яких найбільш впливовими виявились методи фіскального регулювання економіки. Розроблено концепцію моделювання податкової політики на основі функції корисності платника податків.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Зауважимо, що дослідженню процесів управління портфелями фінансових інвестицій присвячено достатньо багато робіт різних авторів. Але задачі оптимізації управління пакетами виробничих інвестицій або комплексами бізнес-проектів, якщо і розглядалися, то дуже рідко. Метою даної роботи є

Метою статті є побудова математичної моделі, яка би дозволила керувати пакетами виробничих інвестицій у кожний фіксований момент часу.

Виклад основного матеріалу дослідження

Реалізуються $n \geq 3$ інвестиційних проектів, для яких попередньо розраховані наступні параметри: об'єми необхідних інвестицій $Inv_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, n-1$; дисконтовані терміни окупності t_{ok} ; показники ефективності (внутрішні норми прибутковості $R_i(t)$) та ризиковості $r_i(t)$ даних виробничих інвестиційних проектів. Розглядається також залишок наявного об'єму капіталу $Inv_n(t)$, який вважається безризиковим ($r_n(t) = 0$) інвестиційним проектом із внутрішньою нормою прибутковості рівною ставці банківського депозиту (або інших безризикових фінансових інструментів). Як у більшості економічних процесів, спостереження за станом реалізації комплексу проектів та їх управління (коригування) відбувається через деякі фіксовані проміжки часу. Тому вважатимемо, що час змінюється дискретно з лагом 1, тобто $t = 0, 1, 2, \dots$. Окрім того, необхідні для реалізації кожного проекту інвестиції не «поглинаються» миттєво у повному обсязі, а надходять певними траншами.

З огляду на постановку завдання виникає задача оптимального управління пакетом інвестицій, а саме: необхідно для кожного моменту часу $t = 0, 1, 2, \dots$ визначити обсяги фінансування проектів (транші) $Inv_i(t)$, які забезпечували б максимальну ефективність (норму прибутковості) усього пакету $R_p(t)$ при заданому обмеженні S_p на його ризик.

Для побудови математичної моделі введемо наступні позначення:

$$w_i(t) = \frac{Inv_i(t)}{\sum_{i=1}^n Inv_i(t)} - \text{частки інвестицій у дані}$$

проекти (які легко переводяться у об'єми фінансування – транші), $R_i(t)$ – внутрішні норми прибутковості (IRR), а $r_i(t)$ – ризиковості проектів на момент часу t . У якості ризиковості розуміється стандартне відхилення норми прибутковості від середньоочікуваної $R_i(t)$, тобто, $r_i(t) = \sqrt{\text{Var}R_i(t)}$. У загальному випадку окремі проекти можуть бути взаємопов'язаними (залежними один від одного), тому позначимо $r_{ij}(t) = \text{Covar}R_i(t)R_j(t)$ – коваріації між ними. Якщо задати обмеження на ризик пакета інвестицій S_p , то математичною моделлю даної задачі буде наступна оптимізаційна задача: необхідно максимізувати ефективність (прибутковість) пакета

$$R_p(t) = \sum_{i=1}^n w_i(t)R_i(t) \rightarrow \max$$

при заданому обмеженні на його ризик

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n w_i^2(t)r_i^2(t) + \sum_{i \neq j} w_i(t)w_j(t)r_{ij}(t)} \leq S_p$$

та виконанні очевидних обмежень на частки інвестицій

$$w_i(t) \geq 0, i = \overline{1, n}; \quad \sum_{i=1}^n w_i(t) \leq 1.$$

За отриманою моделлю легко розраховуються оптимальні розміри траншів на кожний із моментів часу $t = 0, 1, 2, \dots$. За результатами розрахунків приймаються управлінські рішення щодо керування ходом реалізації пакетів інвестиційних проектів.

В обмеженнях умови на частки інвестування $w_i(t) \geq 0, i = 1, \dots, n$ означають, що деякі, як правило високоефективні, проекти фінансуються ($w_i(t) > 0, i = 1, \dots, p$), а для інших, зазвичай малоприбуткових, фінансування призупиняється ($w_i(t) = 0, i = p-1, \dots, n$). Тому при необхідності обов'язкової реалізації деякого проекту (який, можливо, не достатньо ефективний економічно, але є соціально значимим) обмеження можна модифікувати, накладаючи додаткову умову $w_k(t) > 0$.

У якості ілюстрації розглянемо приклад пакету реальних інвестиційних проектів, які реалізовувались у місті Одеса за розробленими бізнес-планами.

Маємо наявний капітал об'ємом 200000 тис. \$, який будемо розподіляти у пакеті, що складається із 12 виробничих інвестиційних проектів та залишку наявного об'єму капіталу, який

вважається безризиковим інвестиційним проектом із внутрішньою нормою прибутковості, рівною

ставці банківського депозиту (у нашому випадку $R_{13} = 8\%$), параметри яких наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Основні показники інвестиційного пакету

№ проекту	Дискontований термін окупності t_{ok} (місяців)	Необхідний об'єм інвестицій Inv (тис. \$)	Внутрішня норма дохідності R (%)	Ризиковість r (%)
1	35	9740	59	10,4
2	34	10280	38	8,3
3	85	11690	20	6,5
4	24	6495	28	7,3
5	46	3255	35	8
6	38	793	39	8,4
7	50	55697	55	10
8	29	3750	56	10,1
9	78	2055	15	6
10	60	4469	24	6,9
11	103	5200	16	6,1
12	89	3750	24	6,9

Розрахунки проводились для початкового моменту часу ($t = 0$). Окрім того, проекти реалізовувались незалежно один від одного, тому коваріації між ними $r_{ij} = \text{Covar}R_i R_j = 0, i \neq j$. Початкові частки інвестицій (транші)

визначались, як $w_i = \frac{Inv_i}{\sum_{i=1}^{13} Inv_i} = \frac{Inv_i}{200000}$.

Дістаємо спрощену оптимізаційну задачу пошуку w_i^{opt} , що максимізують прибутковість інвестиційного пакету

$$R_p = \sum_{i=1}^{13} w_i R_i \rightarrow \max$$

при заданих обмеженнях на його ризик

$$\sqrt{\sum_{i=1}^{13} w_i^2 r_i^2} \leq S_p,$$

за умови

$$\sum_{i=1}^{13} w_i \leq 1.$$

За допомогою сервісної програми MS Excel «Пошук розв'язку» проведемо імітаційні розрахунки за вищевказаною математичною моделлю, у яких будемо змінювати обмеження на ризик пакета інвестицій S_p від 0,6% до 6% з кроком 0,2%. У результаті розрахунків отримаємо таблиці оптимальних часток фінансування інвестиційних проектів, які забезпечують максимальні прибутковості пакету при заданих обмеженнях на його ризик.

Нижче розглянемо найбільш цікавий, на наш погляд, фрагмент розрахунків за оптимізаційною моделлю, а саме, випадок, коли обмеження на

ризик пакета коливається від 1,8% до 3%, а прибутковість – від 28,64% до 41,77%.

Аналіз вищевказаних результатів та діаграми показує, що ризик пакету цілком прийнятний, а прибутковість є високою (наближається до найбільш рентабельних інвестиційних проектів). У випадку, коли ризик не перевищує 2,4-2,6%, ефективність пакету коливається у межах 35,3-37,8 %, а частки інвестицій розподіляються практично рівномірно. Окрім того, коли прибутковість пакету перевищує 35,3%, усі фінансові ресурси спрямовуються виключно у реальні інвестиції (частка безризикової складової, тобто залишку інвестиційного капіталу, обнуляється). Зауважимо, що при збільшенні прибутковості пакету понад 41,77%, також припиняється фінансування деяких низькорентабельних проектів. Суб'єкт, що приймає рішення, здійснюючи моніторинг пакету інвестицій через деякі проміжки часу, в залежності від ситуації та свого ставлення до співвідношення ефективність-ризик, може приймати оптимальні рішення по управлінню інвестиційними проектами (коригуючи їх фінансування). Запропонована модель дозволяє враховувати ситуацію, коли у рамках пакету інвестицій є проекти, фінансування яких здійснюється пріоритетно (наприклад, якісь значимі для соціально-економічного розвитку регіону, але неприбуткові). Тоді, як відзначалось вище, до умови невід'ємності часток усіх інвестицій необхідно додати для такого проекту умову.

Часто у ВЕЗ законодавчо встановлюються пільги на певні види діяльності (наприклад, пільговий режим експортно-імпортних операцій, повне або часткове звільнення від оподаткування прибутку тощо).

Для наочності подамо дані розрахунків у вигляді діаграми (рис. 1):

Таблиця 2. Результати розрахунків оптимальних часток пакету інвестицій при обмеженнях на його ризик від 1,8% до 3%

№ проекту	Ризик пакету (%)	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
	Прибутковість пакету (%)	28,64	30,93	33,23	35,52	37,81	39,90	41,77
Оптимальні частки								
1		0,0740	0,0823	0,0904	0,098	0,1077	0,1229	0,1364
2		0,0684	0,0759	0,0836	0,0911	0,0988	0,1059	0,1123
3		0,0446	0,0495	0,0545	0,0594	0,0623	0,0508	0,0408
4		0,0589	0,0653	0,0719	0,0784	0,0842	0,0833	0,0823
5		0,0662	0,0735	0,0808	0,0882	0,0955	0,1006	0,1052
6		0,0689	0,0766	0,0843	0,0920	0,0997	0,1074	0,1144
7		0,0737	0,0819	0,0901	0,0983	0,1073	0,1214	0,1342
8		0,0737	0,0819	0,0901	0,0983	0,1074	0,1218	0,1348
9		0,0305	0,0339	0,0373	0,0407	0,0410	0,0200	0,0008
10		0,0526	0,0585	0,0644	0,0702	0,0748	0,0691	0,0640
11		0,0337	0,0375	0,0413	0,0450	0,0460	0,0270	0,0101
12		0,0528	0,0585	0,0644	0,0702	0,0748	0,0691	0,0641

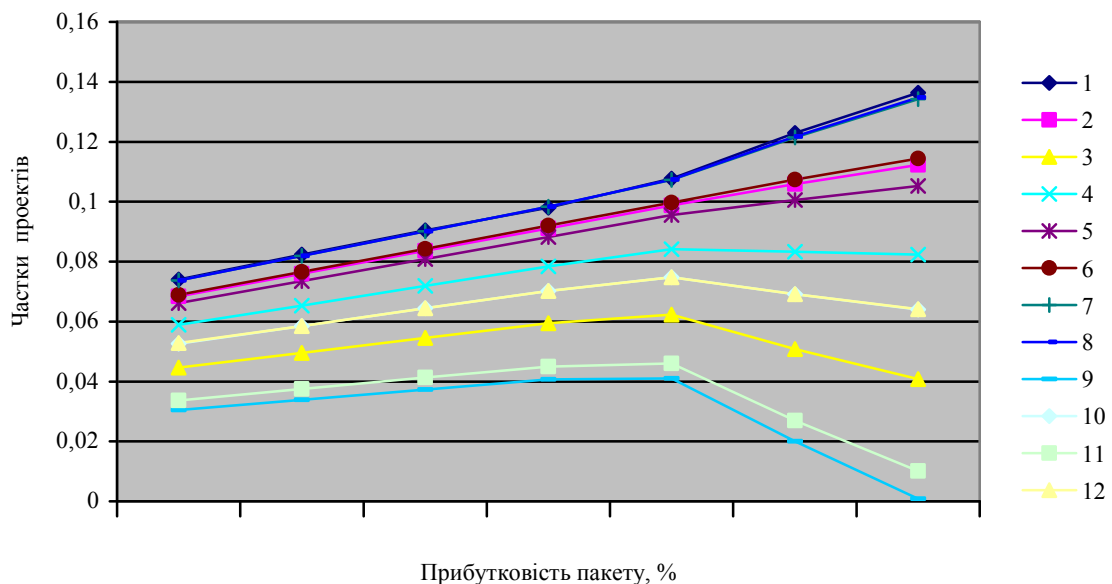


Рис. 1. Оптимальні частки проектів у пакеті інвестицій

Припустимо, що для наших інвестиційних проектів встановлюється певний пільговий режим. Це, очевидно, призведе до збільшення (за рахунок пільг) чистих грошових потоків повернення коштів від інвестиційних вкладень, що потягне за собою покращення основних показників виробничих інвестиційних проектів, зокрема, їхні $R_i(t)$ – внутрішні норми прибутковості (IRR) при незмінних показниках ризиковості проектів. Нехай для розглянутого вище прикладу усі виробничі інвестиційні проекти реалізуються у пільговому режимі. Проведемо імітаційні розрахунки знаходження оптимальних часток фінансування проектів (які максимізують прибутковість пакету інвестицій при заданих

обмеженнях на його ризиковість), збільшуючи $R_i, i = 1, 2, \dots, 12$; на 1%, 3%, 5%, 7%, 9%. При цьому для безризикової складової, очевидно, $R_{13} = 8\%$ – залишиться незмінною. Для порівняльного аналізу наведемо табл. 3.

Аналізуючи отримані дані, бачимо, що при тих самих обмеженнях на ризик інвестиційного пакету від 1,8% до 3% з кроком 0,2% ефективності (прибутковості) пакету зростають приблизно на таку саму кількість відсотків, на яку збільшуються ефективності проектів за рахунок пільг. Окрім того, раніше «пропадає» безризикова складова.

Таблиця 3. Результати розрахунків оптимальних часток пакету інвестицій у пільговому режимі

Ризик пакету (%)	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
Прибутковість пакету (%) без пільг	28,64	30,93	33,23	35,52	37,81	39,90	41,77
Прибутковість пакету (%) з 1% пільгою	29,34	31,71	34,09	36,46	38,81	40,90	42,77
Прибутковість пакету (%) з 3% пільгою	30,77	33,31	35,84	38,37	40,81	42,90	44,77
Прибутковість пакету (%) з 5% пільгою	32,24	34,93	37,62	40,32	42,81	44,90	46,77
Прибутковість пакету (%) з 7% пільгою	33,72	36,58	39,44	42,30	44,81	46,90	48,77
Прибутковість пакету (%) з 9% пільгою	35,23	38,25	41,28	44,29	46,81	48,90	50,77

Висновки

В роботі побудовано економіко-математичну модель задачі оптимізації управління пакетами виробничих інвестицій, яка забезпечує максимальну ефективність усього пакету при заданому обмеженні на його ризик. Особливістю побудованої моделі, на відміну від попередніх досліджень, є те, що вона присвячена виробничим інвестиціям, та її динамічність, тобто присутність у моделі змінної часу t . Завдяки цьому побудована модель дає можливість розраховувати оптимальні

обсяги траншів у дані бізнес-проекти у кожному моменті часу, тобто керувати ходом реалізації пакетів інвестиційних проектів.

В якості ілюстрації, для прикладу реальних інвестиційних проектів, модель програмно реалізовано засобами MS Excel. Аналіз розрахунків може дати змогу органам, що займаються інвестиційними питаннями, приймати рішення щодо управління інвестиційним портфелем, у кожному фіксований моменті часу.

Список літератури:

1. Матвійчук А.В. Оптимізаційне управління структурою портфеля цінних паперів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.03.02 «Економіко-математичне моделювання» / Андрій Вікторович Матвійчук / Технолог. ун-т Поділля. – Хмельницький, 2003. – 20 арк.
2. Смалюк Г.Ф. Моделювання прийняття ризикових рішень з формування інвестиційного портфеля: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.03.02 «Економіко-математичне моделювання» / Галина Федорівна Смалюк / Хмельницький: ТУП, 2003. – 19 арк.
3. Плахтій М.О. Моделювання інвестиційних процесів на регіональному рівні в Україні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.03.02 «Економіко-математичне моделювання» / Максим Олександрович Плахтій, – Київ: Б.в., 2004. – 18 арк.
4. Скрипник А.В. Моделювання податкової політики у трансформаційній економіці: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра екон. наук: спец. 08.03.02 «Економіко-математичне моделювання» / Андрій Васильович Скрипник / Київ, 2004. – 32 арк.

Надано до редакції 15.04.2015

Кирилова Людмила Олександрівна / Liudmila O. Kyrylova
kirilloval@bk.ru

Мамонтова Ірина Вікторівна / Irina V. Mamontova
Erenem@mail.ru

Посилання на статтю / Reference a Journal Article:

Задача оптимального управління пакетами інвестиційних проектів [Електронний ресурс] / Л. О. Кирилова., І. В. Мамонтова // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2015. – № 4 (20). – С. 77-81. – Режим доступу до журн.: <http://economics.opu.ua/files/archive/2015/n4.html>