

УДК 519.853

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОРТФЕЛЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ОБЛАЧНЫЕ ИТ-СЕРВИСЫ

Разумников С.В.

ЮТИ ТПУ «Юргинский технологический институт», филиал Национального исследовательского Томского политехнического университета», Юрга, e-mail: demolove7@inbox.ru

Определение оптимального портфеля инвестиций – важная и весьма распространенная финансовая задача, которую можно решать в сфере страхования, банковского дела, инвестирования, где идет речь о поиске оптимального варианта распределения некоторой суммы денег на отдельные части. В статье рассматриваются особенности определения оптимального портфеля инвестиций применительно к облачным ИТ-сервисам посредством использования нелинейного программирования. Приводится конкретный пример определения такого портфеля. Создана экономико-математическая нелинейная модель определения оптимального портфеля инвестиций в три облачных ИТ-сервиса на основе использования модели Шарпа (по заданной статистике доходов находится среднее значение доходов, их дисперсии и ковариации) с учетом минимизации риска. Найдено решение средствами табличного процессора Excel при помощи встроенного сервиса «Поиск решения». Сделаны выводы об оптимальности распределения портфеля инвестиций в облачные ИТ-сервисы.

Ключевые слова: нелинейная модель, портфель инвестиций, облачные ИТ-сервисы, информационные технологии, моделирование

USE OF NONLINEAR MODEL FOR DEFINITION OF THE OPTIMUM PORTFOLIO OF INVESTMENTS INTO CLOUDY IT SERVICES

Razumnikov S.V.

ЮТИ ТПУ «Yurga Technological Institute (branch) of National research Tomsk Polytechnic University», Yurga, Russia, (652050, Yurga, Kemerovo Region, Leningradskaya St., 26), e-mail: demolove7@inbox.ru

Definition of an optimum portfolio of investments – an important and very widespread financial task which can be solved in the sphere of insurance, banking, investment where there is a speech about search of optimum option of distribution of some sum of money for separate parts. In article features of definition of an optimum portfolio an investment in relation to cloudy IT services by means of use of nonlinear programming are considered. The concrete example of definition of such portfolio is given. The economic-mathematical nonlinear model of definition of an optimum portfolio of investments into three cloudy IT services on the basis of use of model of Sharp (on the set statistics of the income there is an average value of the income, their dispersions and covariance) taking into account risk minimization is created. The decision means of the tabular Excel processor by means of the built-in Decision Search service is found. Conclusions are drawn on an optimality of distribution of a portfolio of investments into cloudy IT services.

Keywords: nonlinear model, portfolio of investments, cloudy IT services, information technologies, modeling

Успешное выполнение многих экономических задач полностью зависит от эффективного использования ресурсов предприятия (оборудования, рабочей силы, денег, товаров, сырья, и др.). Именно эффективное использование и ограничения этих ресурсов будет определять итоговый результат его деятельности.

Экономическая сущность методов оптимизации заключается в том, что, имея в наличии определенные ресурсы, выбирается определенный способ их распределения (использования), обеспечивающий максимум (или минимум) интересующего ЛПП (лица принимающего решение) показателя [3].

Трудности, которые могут возникнуть при решении задач математического программирования:

1) вид функциональной зависимости критерия эффективности, который также называется целевой функцией, от независимых переменных;

2) размерность задачи, а именно количество независимых переменных;

3) вид и количество ограничений, удовлетворяющих независимым переменным.

Современные информационные технологии по оптимизации решений могут применяться для большого круга практических задач, которые включают формулировку (построение) математической модели, а также математические методы и программное обеспечение для решения таких задач, методы математического анализа оптимальности решений.

Оптимизационными задачами нелинейного программирования являются математические модели, которые содержат нелинейные зависимости от переменных.

Решение задач нелинейного программирования по сложности сильно превосходит решение задач линейной модели. Из-за этого долгое время на практике экономического управления линейные модели оптимизации весьма успешно использовались даже в случае нелинейности. В одних ситуациях такая нелинейность не сильно выделялась и ею пренебрегали, а в других – проводи-

лась линеаризация соотношений, обладающих нелинейностью, или применялись такие специальные приемы, как, например, построение аппроксимационных моделей, благодаря чему могли достигаться необходимые требования. Тем не менее весьма часто встречаются такие задачи, нелинейность для которых является существенной, и эти методы аппроксимации будут неэффективны, поэтому нелинейность нужно учитывать в явном виде [3].

В отличие от линейного моделирования не существует какого-либо одного или нескольких алгоритмов, которые будут эффективны для решения каких-либо нелинейных задач. Один алгоритм может быть эффективен для решения задачи определенного вида, но совсем неприемлем для задачи другого вида. В связи с этим существуют алгоритмы для решения каждого типа задач. Важно отметить, что даже компьютерные программы, которые ориентированы на решение определенного вида задач, не будут гарантировать правильность решения каких-либо задач такого типа, и правильность оптимальности решения необходимо проверять в каждом конкретном случае [5].

Задачу с нелинейной моделью оптимизации в общем виде можно представить в отыскании следующего вектора неизвестных переменных (1):

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

который позволял бы обращать в максимум (минимум) функцию (2):

$$Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2)$$

и удовлетворял бы следующей системе ограничений (3):

$$\begin{cases} \phi_i((x_1, x_2, \dots), x_n) \leq b_i & i = 1, 2, \dots, m_1; \\ \phi_i((x_1, x_2, \dots), x_n) = b_i, & i = m_1 + 1, \dots, m, \end{cases} \quad (3)$$

где на некоторые из них или на все переменные накладывается условие не отрицательности.

Определение оптимального портфеля инвестиций – важная и весьма распространенная финансовая задача, которую можно решать в сфере страхования, банковского дела, инвестирования и т.д., где идет речь о поиске оптимального варианта распределения некоторой суммы денег на отдельные части [3].

С появлением компьютеров и развитием средств связи начинают появляться новые информационные технологии и новые терминологии, которые входят в нашу повседневную рабочую и личную жизнь. В последние несколько лет все большую популярность приобретают облачные вычисления [7].

Ключевым моментом для возможности предоставления облачных сервисов широкому спектру устройств является создание

двусторонней информированности между облаком и клиентом. Очевидно, что с одной стороны не все клиентские устройства имеют одинаковые возможности, с другой – облако в разных ситуациях имеет разную доступность для клиентских устройств. Поэтому единая модель предоставления сервисов не может быть эффективной [1]. Несоответствие между способом доставки сервиса и возможностями устройства может негативно повлиять на производительность труда сотрудников, функциональность и безопасность системы, лишить смысла инвестиции, сделанные для развития облачных сервисов [8, 2].

Рассмотрим случай, когда инвестор хочет вложить определенную сумму денег в некоторое количество облачных ИТ-сервисов (ИТ) и хочет определить, какую именно часть из этой суммы лучше всего вложить в каждый вид сервиса. Выбранный ИТ-сервис будет носить название «инвестиционный портфель».

В задаче данного типа можно применить метод оптимизации – нелинейное программирование. Возможны следующие альтернативные варианты [3, 5]:

- 1) минимизация риска с ограничением на доход;
- 2) максимизация дохода с ограничением на риск.

Набор частей суммы инвестирования в инвестиционном менеджменте называется **портфелем** (portfolio). Оптимальный портфель – это такой набор, в который инвестор включает то, что считает для себя лучшим с учетом доходности вложений и возможным риском потерь [6].

Доходом, который мы получим за определенный период времени от вложения инвестиций, выросший за этот период до некой величины, будет число (положительное или отрицательное), которое вычисляется по следующей формуле:

$$P = \frac{Sp - Si}{Si}, \quad (4)$$

где P – доход; Sp – сумма, полученная за определенный период; Si – инвестированная сумма.

Значение риска в практике инвестирования находится методом измерения величины возможного разброса дохода инвестиционного портфеля от его среднего значения. Такой разброс в статистике носит название вариации или дисперсии. Он находится по формуле (1):

$$P_{иск} = \sum_1^n D_n \cdot Si_n^2 + 2 \sum_1^n K_{nm} \cdot Si_n \cdot Si_m, \quad (5)$$

где D_n – дисперсия n -го облачного ИТ-сервиса; $Si_{n,m}$ – сумма инвестиции в n -й об-

ланный сервис; K_{nm} – ковариация облачного ИТ-сервиса.

Статистические данные доходов от применения облачных ИТ-сервисов

Ме- сяцы	Доход		
	ИТ-сервис 1	ИТ-сервис 2	ИТ-сервис 3
1	3,0%	2,5%	4,9%
2	1,3%	2,0%	2,0%
3	2,6%	2,6%	1,9%
4	-1,6%	-2,2%	-2,8%
5	-2,1%	1,4%	6,9%
6	3,6%	1,7%	-3,5%
7	3,8%	3,1%	1,3%
8	8,9%	3,5%	7,2%
9	9,0%	9,5%	2,1%
10	8,3%	9,0%	1,1%
11	3,5%	-2,2%	0,6%
12	1,6%	7,5%	90,8%

Начальные данные для нашей задачи содержатся в таблице по статистике доходов для всех предполагаемых для использования облачных ИТ-сервисов, собранной за год. Из этой таблицы можно получить следующее:

1. Среднее значение от дохода применяемого ИТ-сервиса.

2. Дисперсию (вариацию) от дохода определенного ИТ-сервиса;

$$\begin{aligned} \text{Риск} = D_{\text{ИТ1}} \cdot Si_{\text{ИТ1}}^2 + D_{\text{ИТ2}} \cdot Si_{\text{ИТ2}}^2 + D_{\text{ИТ3}} \cdot Si_{\text{ИТ3}}^2 + 2 \cdot (K_{\text{ИТ12}} \cdot Si_{\text{ИТ1}} \cdot Si_{\text{ИТ2}} + \\ + K_{\text{ИТ13}} \cdot Si_{\text{ИТ1}} \cdot Si_{\text{ИТ3}} + K_{\text{ИТ23}} \cdot Si_{\text{ИТ2}} \cdot Si_{\text{ИТ3}}) \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (6)$$

при ограничениях:

- 1) сумма частей портфеля = 100%;
- 2) вложения в облачный ИТ-сервис $1 \leq 50\%$;
- 3) сумма дохода = 5%;
- 4) все неизвестные ≥ 0 .

$$\begin{cases} Si_{\text{ИТ1}} + Si_{\text{ИТ2}} + Si_{\text{ИТ3}} = 100\%, \\ Si_{\text{ИТ1}} \cdot P_{\text{ср1}} + Si_{\text{ИТ2}} \cdot P_{\text{ср2}} + Si_{\text{ИТ3}} \cdot P_{\text{ср3}} = 5\%, \\ Si_{\text{ИТ1}} \leq 50\% \\ Si_{\text{ИТ1,2,3}} \geq 0. \end{cases}$$

Вычисляем средний доход с помощью функции Excel СРЗНАЧ, дисперсию с помощью функции ДИСПР и ковариацию с помощью КОВАР. Получив значения дисперсии для трех видов облачных ИТ-сервисов и ковариаций, можно вычислить риск, т.е. значение целевой функции.

При помощи сервиса «Поиск решения» в программе Excel находим инвестиционный портфель и значение риска. Для этого устанавливаем целевую ячейку, изменяемые ячейки, вводим ограничения в соот-

3. Ковариацию от дохода определенного ИТ-сервиса. Это число, которое будет характеризовать зависимость дохода от двух облачных ИТ-сервисов, которые определенным образом связаны между собой, а также влияют друг на друга.

Один из вариантов решения данной задачи – это использовать модель Шарпа, т.е. при заданной статистике доходов находим среднее значение доходов, их дисперсии и ковариации.

Рассмотрим задачу построения нелинейной модели оптимизации, основанной на модели Шарпа, с учетом минимального риска.

Постановка задачи. Инвестирования касаются три вида облачных ИТ-сервиса, для которых известна доходность только за 12 месяцев, а статистические данные (дисперсия и ковариация), которые являются оценками риска, необходимо найти с приведенной статистики доходности ИТ, а затем определить те значения оптимального портфеля, которые обеспечат минимум риска. При этом зафиксируем ограничения: на величину дохода в значении 5% и на величину первого облачного ИТ-сервиса, чтобы было не больше чем 50% от общей суммы.

Составим экономико-математическую модель (4) оптимального распределения инвестиций в облачные технологии (ИТ-сервисы).

ветствующие адреса ячеек. Результат решения приведен на рисунке.

Результат вычисления показал, что с учетом риска, равного 0,51%, распределение инвестиций будет следующим: на ИТ-сервис № 1 пойдет 50% инвестирования, на ИТ-сервис № 2 пойдет 23,21%, на ИТ-сервис № 3 – 26,79%. Отчет по устойчивости определяет теневые цены ограничений в виде множителя Лагранжа.

Заключение

Исходя из всего изложенного, можно сформулировать основные выводы, на которых построен смысл оптимальности распределения портфеля инвестиций в облачные ИТ-сервисы:

1) рынок имеет в своем составе некоторое число активов, доходности каждого из которых для определенного периода являются случайными величинами [4];

2) инвестор может, например, исходя из полученных статистических данных, оценить ожидаемые (средние) значения доходности и их попарные ковариации, и степени ожидаемой диверсификации риска;

	A	B	C	D	E	F	G
1	Оптимальный портфель инвестиций в облачные ИТ-сервисы						
2	Статистика						
3		Доход			Дисперсия		
4	Месяц	ИТ 1	ИТ 2	ИТ 3	ИТ 1	ИТ 2	ИТ 3
5	Январь	3,0%	2,5%	4,9%	0,0012	0,0013	0,0612
6	Февраль	1,3%	2,0%	2,0%	Ковариация		
7	Март	2,6%	2,6%	1,9%	ИТ1-ИТ2	ИТ1-ИТ3	ИТ2-ИТ3
8	Апрель	-1,6%	-2,2%	-2,8%	0,0008	-0,0012	0,0034
9	Май	-2,1%	1,4%	6,9%			
10	Июнь	3,6%	1,7%	-3,5%			
11	Июль	3,8%	3,1%	1,3%			
12	Август	8,9%	3,5%	7,2%			
13	Сентябрь	9,0%	9,5%	2,1%			
14	Октябрь	8,3%	9,0%	1,1%			
15	Ноябрь	3,5%	-2,2%	0,6%			
16	Декабрь	1,6%	7,5%	90,8%			
17	Ср. доход	3,49%	3,20%	9,38%			
18	Оптимизация						
19		ИТ 1	ИТ 2	ИТ 3	Сумма	Огр-ние	
20	Портфель	50,00%	23,21%	26,79%	100%	100%	Мн. Лагр.
21	Доход	1,75%	0,74%	2,51%	5%	5%	0,48%
22		0,51%			=Риск		

Результат решения

3) инвестор в состоянии сформировать любые возможные (для этой модели) портфели из имеющихся активов на рынке. Доходность от этих портфелей будет также являться случайной величиной;

4) сравнение выбранных портфелей будет основываться только на 2 критериях: риске и средней доходности;

5) инвестор не будет склоняться к риску: из двух возможных портфелей с одинаковой или схожей доходностью он обязательно остановится на портфеле с меньшим риском.

Список литературы

1. Москаленко А. Облачно и мобильно: Что может спасти российский ИТ-рынок? // InLine group, 24.01.2013, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inlinegroup.ru/events/press-releases/5635.php>. Дата обращения: 08.04.2013.
2. Смирнов А., Тульбович Е. Методы контроля расходов на ИТ и получение гарантированного уровня сервиса // Управленческий учет и бюджетирование. – 2008. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cfin.ru/itm/it_eval_meths.shtml. Дата обращения 16.09.2012.
3. Рейзлин В.И. Численные методы оптимизации: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011 – 105 с.
4. Инвестиции: учебное пособие / Г.П. Подшиваленко, Н.И. Лахместкина, М.В. Макарова и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: КНОРУС, 2006. – 200 с.
5. Маслов А.В. Математическое моделирование в экономике и управлении: учебное пособие / А.В. Маслов, А.А. Григорьева; Юргинский технологический институт. – 2-е изд., испр. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 269 с.
6. Мицель А.А., Шелестов А.А. Методы оптимизации: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2004. – 256 с.
7. Т. Валентинова «Что в действительности представляют собой облачные сервисы» // www.hwp.ru/articles/CHto_v_deystvitelности_predstavlyayut_soboy_oblachnie_servisi/. Дата обращения: 08.04.2013.

8. Delivering cloud-based services in a bring-your-own environment // IT best practices cloud computing and IT consumerization, June 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/best-practices/delivering-cloud-based-services-in-a-bring-your-own-environment.pdf>. Дата обращения: 08.04.2013.

References

1. Moskalenko A., *InLine group*, 24.01.2013, available at: <http://www.inlinegroup.ru/events/press-releases/5635.php>. Address date: 08.04.2013.
2. Smirnov A., Tulbovich E. *the Management Accounting and Budgeting Magazine*, 2008, available at: http://www.cfin.ru/itm/it_eval_meths.shtml. Date of the address 16.09.2012.
3. Reyzlin V.I. *Numerical methods of optimization: manual* [Century. I.Reyzlin; Tomsk: Publishing house of Tomsk polytechnical university]. Tomsk, 2011. 105 p.
4. *Investments* [manual G of P. Podshivalenko, N.I. Lakhmestkina, M.V. Makarova]. 2006. 200 p.
5. Maslov A.V. *Mathematical modeling in economy and management* [manual / A.V. Maslov, A.A. Grigoriev; Yurginsky institute of technology]. Tomsk, 2012. 269 p.
6. Mitsel A.A. *Optimization Metody's rustles* [Studies grant, Tomsk: Publishing house of Tomsk state university of control systems and radio electronics]. Tomsk, 2004. 256 p.
7. Valentinova T. *Wardwareportal.ru*, 9.03.2009, available at: http://www.hwp.ru/articles/CHto_v_deystvitelности_predstavlyayut_soboy_oblachnie_servisi/.
8. *IT best practices cloud computing and IT consumerization*, June 2012, available at: <http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/best-practices/delivering-cloud-based-services-in-a-bring-your-own-environment.pdf>.

Рецензенты:

Мицель А.А., д.т.н., профессор кафедры автоматизированных систем управления, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск;
Сапожков С.Б., д.т.н., профессор кафедры механики и инженерной графики, Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Юрга.
Работа поступила в редакцию 01.07.2013.