

**G.A. Kolomenskiy, L.A. Selivanova, N.V. Vasilyeva**  
**MODELLING OF INVESTMENT RISKS ASSESSMENT**  
**IN REGIONAL SOCIO-ECONOMIC SYSTEM**

**Georgy Kolomenskiy** – senior teacher, the Department of National Economy and Organization of Production, State Institute of Economics, Finance, Law and Technology, PhD in Physics and Mathematics, Gatchina; **e-mail: gakol@rambler.ru.**

**Lyudmila Selivanova** – Head of the Department of National Economy and Organization of Production, State Institute of Economics, Finance, Law and Technology, PhD in Economics, senior researcher, Gatchina; **e-mail: nac-ek@mail.ru.**

**Natalya Vasilyeva** – senior lecturer, the Department of National Economy and Organization of Production, State Institute of Economics, Finance, Law and Technology, PhD in Economics, Gatchina; **e-mail: smirnovanv79@mail.ru.**

*We introduce classifications of investment risks developed by Russian and international researchers. We determine method approaches to assessing investment risks in socio-economic system of a region. On the basis of the studies we introduce a new model of assessing investment risk at regional level under risk and uncertainty that will enable us to estimate the chances of loss of invested financial resources.*

*Within the model in question, we introduce the methodology of decision making under various conditions depending on determinancy or stochasticity as far as the information availability is concerned.*

*In risk environment, we suggest applying methods of nonparametric statistics enabling to formulate the algorithm of effective system management.*

**Keywords:** regional socio-economic system; investment risk; modelling of investment projects; investment effectiveness; investment attractiveness; methods of assessing investment risks; alternative solutions; optimal criterion.

**Г.А. Коломенский, Л.А. Селиванова, Н.В. Васильева**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РИСКОВ**  
**В РЕГИОНАЛЬНОЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ**  
**СИСТЕМЕ**

**Георгий Абрамович Коломенский** – старший преподаватель кафедры национальной экономики и организации производства, Государственный институт экономики, финансов, права и технологий, кандидат физико-математических наук, г. Гатчина; **e-mail: gakol@rambler.ru.**

**Людмила Андреевна Селиванова** – зав. кафедрой национальной экономики и организации производства, Государственный институт экономики, финансов, права и технологий, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, г. Гатчина; **e-mail: nac-ek@mail.ru.**

**Наталья Витальевна Васильева** – доцент кафедры национальной экономики и организации производства, Государственный институт экономики, финансов, права и технологий, кандидат экономических наук, г. Гатчина; **e-mail: smirnovanv79@mail.ru.**

*В статье приведены классификации инвестиционных рисков, которые выполнены отечественными и зарубежными исследователями. Определены методологические подходы к оценке инвестиционных рисков в социально-экономической системе региона. На основании анализа проведенных исследований предложена новая модель оценки инвестиционного риска на региональном уровне в условиях неопределенности и риска, которая позволит оценить вероятность потери средств от вложения финансовых ресурсов.*

*В рамках данной модели представлена методология разработки и принятия решений в различных условиях в зависимости от детерминированности или стохастичности по кри-*

терию наличия информации.

В условиях риска авторы предлагают использовать методы непараметрической статистики, которые позволяют сформировать алгоритм эффективного управления системой.

**Ключевые слова:** региональная социально-экономическая система; инвестиционный риск; моделирование инвестиционных проектов; эффективность инвестиций; инвестиционная привлекательность; методы оценки инвестиционных рисков; альтернативные решения; оптимальный критерий.

Процесс стабилизации экономики региона обуславливает необходимость использования заемных средств и вовлечение их в производственный сектор.

В связи с этим задачи управления рисками, совершенствование процесса принятия инвестиционных решений в условиях неопределенности и риска являются весьма актуальными.

Инвестиционные риски принято относить к группе финансовых рисков. При этом, обосновывая классификацию инвестиционных рисков такими факторами, как социально-политические, экономические факторы внешних платежных балансов, большинство исследователей выделяют системные (связаны с экономической ситуацией в макроэкономике) и несистемные или диверсифициционные риски (связи с финансовым состоянием объекта инвестирования) [5; 6].

В научных исследованиях, как зарубежных [6], так и российских исследователей [1] используются различные методы оценки риска, которые можно разделить на субъективные и объективные.

Среди субъективных методов широко используются методы экспертных оценок, которые применяются рейтинговыми агентствами «Эксперт РА», «Мудис-Интерфакс» и другими. Оценка рисков здесь проводится в рамках инвестиционной привлекательности региона [3; 4].

К объективным методам оценки инвестиционных рисков относятся статистические и аналитические методы.

Что касается статистических методов при оценке инвестиционных рисков, то они основаны на расчете таких показателей, как дисперсия, среднее квадратичное отклонение, коэффициент вариации, коэффициент риска [3; 7].

Аналитические же методы основаны на методах учета вероятности и обеспечи-

вают определение вероятности потерь на основании математических моделей.

К ним относятся методы сценариев и «дерева решений», они представлены в исследованиях М. ванн Ассена, Г. Ванна, Ден Берга [1].

Широкое распространение за рубежом получил метод Value at Risk (методика предсказания потерь). VAR представляет собой «величину потерь по инвестиционному портфелю за фиксированный промежуток времени, в случае, если случится некоторое неблагоприятное событие» [7].

При реализации VAR используется ряд методов:

- историческое моделирование, когда используются уже известные из прошлых измерений значения финансовых колебаний инвестиционного портфеля;
- метод ведущих компонент;
- метод Монте-Карло: где вычисления производятся на случайно сгенерированных значениях, а не на основе реальных данных.

Несмотря на то, что в настоящее время существует целый спектр различных методов оценки инвестиционных рисков в региональной экономике, мы считаем целесообразным дальнейшее совершенствование механизма принятия решений в системе управления рисками на основе предлагаемой нами далее модели.

В рамках данной модели по результатам анализа функционирования региональной экономической системы выделены три группы решений по степени риска: условиям определенности, неопределенности и риска. Методология разработки и принятия решения каждой из групп находится в зависимости от детерминированности или стохастичности по критерию наличия информации.

Решения первой группы разрабаты-

ваются при помощи методов линейного, нелинейного, динамического математического программирования, что способствует решению задач при наличии достаточной информации о проблеме, характеристикам принимаемых решений и особенностях их исполнения (см. рисунок).

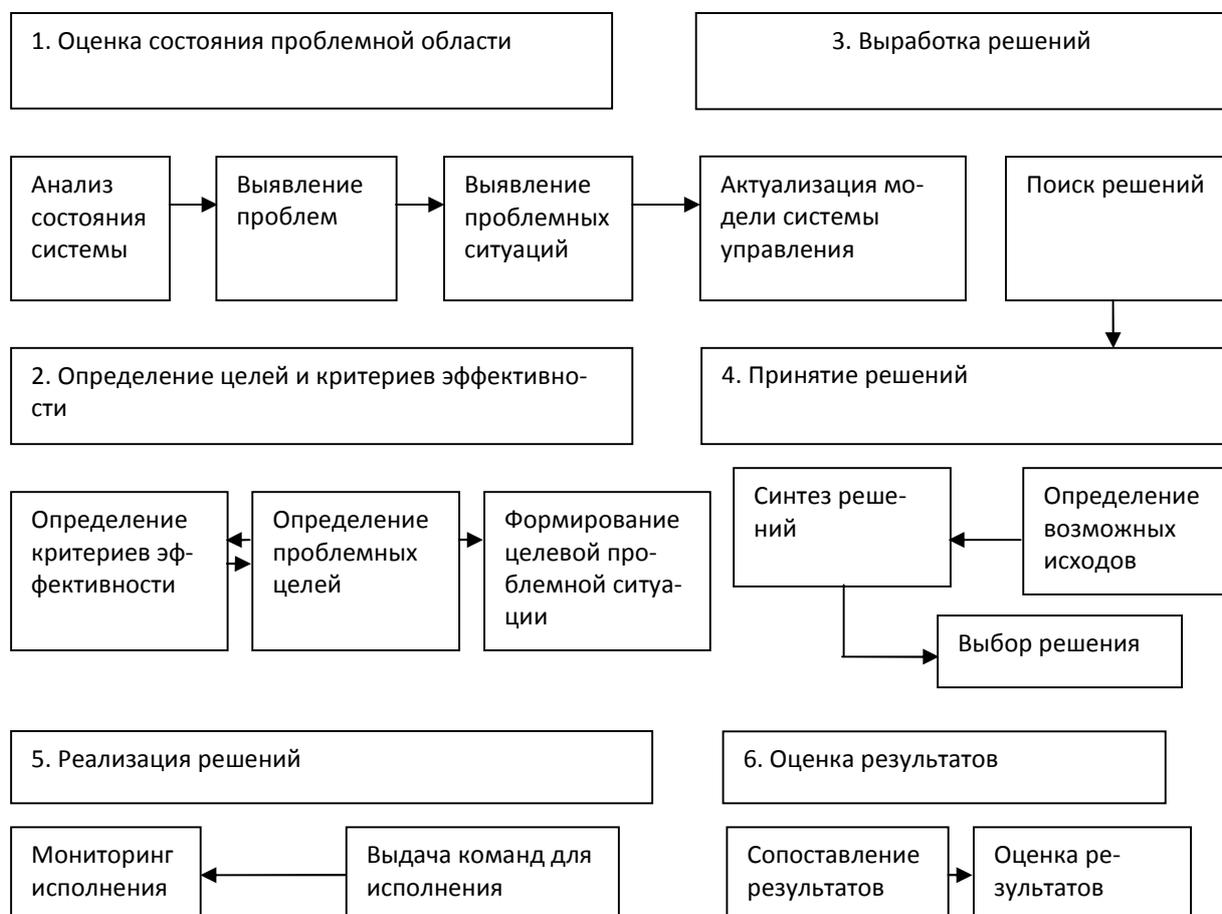
Принятие решений второй группы происходит при влиянии условий неопределенности. Выбор наилучшего решения в данных условиях выполняется при помощи решения задачи оптимизации. В данном случае применяются методы исследования операций, теории вероятностей, теории игр и т.д., комбинирование различных подходов способствует определению характеристик функционирования управляющей подсистемы в отношении снижения уровня неопределенности системы.

Решения третьей группы разрабатываются с применением методов непараметрической статистики, что позволяет снизить влияние неполной или неточной

информации с одновременным учетом случайных явлений и процессов. Формулы Байеса-Лапласа содержат показатели оценки риска, что способствует формированию аппарата моделирования развития региональных социально-экономических процессов. Результатом применения данного инструментария является формирование алгоритма эффективного управления системой в условиях риска.

В общем виде эффективность решения предполагает соотношение конечного результата в виде достижения поставленных целей к объему затрат всех видов. В этом случае параметры, характеризующие выполняемые в процессе разработки решения, возможно разделить на группы известных и неизвестных.

Из этого вытекает следующий вид формулирования задачи принятия решения в системе управления риском: из множества допустимых значений  $Y^* \subset Y$ , удовлетворяющих системе ограничений  $G$ , предъявляемых к располагаемому множе-



Логическая схема взаимодействия при принятии инвестиционных решений в условиях неопределенности

ству ресурсов  $R$  и временному интервалу  $T$ , выбрать в соответствии с сформулированным интегральным критерием  $K$  оптимальное решение  $Y_{opt}$

Модель этого решения представлена следующими условиями:

$$Y_{opt} = \text{optk}(\min R); Y^* \subset Y; \quad (2)$$

$$Y_{opt} \in (\Gamma, K, T); K = f(k_1, k_2, \dots, k_m), \quad (3)$$

где  $K$  – интегральный критерий выбора для принятия решения состоящих из частных критериев, характеризующих различные аспекты в условиях риска;

$Y^*$  – допустимое решение, удовлетворяющее системе ограничений.

При рассмотрении модели процедуры принятия решений в условиях риска видно, что последовательность принятия решений в условиях неопределенности и риска учитывает влияние внешних факторов, имеющих вероятностные характеристики распределения состояний  $S \in S$ .

При наличии данных о субъективных вероятностях будущего состояния региональной экономической среды возможно использование следующего информационного массива (см. табл. 1).

а) множество альтернатив  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$  и множество состояний социально-экономической среды региона

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\};$$

б) субъективные вероятности состояния среды (экономическое состояние региона)

$$P(S_1), P(S_2), \dots, \text{причем} \sum_{i=1}^n P(S_i) = 1;$$

в) функциональная полезность  $U_{ij}$  задана для каждого сочетания альтернативного решения  $a_i$  и состояния  $S_j$ , например, прирост ВРП.

Управленческие решения в условиях риска находятся в зависимости от исполь-

зуемого принципа выбора, которые базируются на использовании вероятностных мер в качестве эффективного критерия выбора. В данных условиях региональной экономической среды возможно использование: «вероятностной меры Байеса-Лапласа», «принципа максимума энтропии функции полезности», «принципа минимума дисперсии функции полезности», «модального принципа», критерий Вальда как максимально учитывающих взаимосвязи основных элементов в условиях неопределенности и риска – альтернативности, вероятности достижения ожидаемого результата, неопределенности, возможности отклонения от заданной цели.

1. При использовании принципа «Байеса-Лапласа» в качестве критерия оценки альтернативного решения  $a_i$  используют взвешенные по вероятности суммы полезностей, т.е.

$$U_i = \sum_{j=1}^n P(S_j) U_{ij}. \quad (4)$$

Здесь следует считать оптимальным решение, для которого значение  $U_i$ , представляющее собой математическое ожидание функции полезности, максимально, т.е.

$$a^{opt} = a^* \rightarrow \max_i U_i = \max_i \sum_{j=1}^n P(S_j) U_{ij}. \quad (5)$$

В случае, когда вероятности находятся в отношении простого порядка, т.е.

$$P(S_1) \geq P(S_2) \geq \dots \geq P(S_n) \geq 0$$

будем считать, что решение предпочтительней  $a_k (a_k \succ a_l)$  при выполнении условия:

$$U_k - U_L = \sum_{j=1}^n P(S_j) (U_{kj} - U_{Lj}) \geq 0. \quad (6)$$

Таблица 1

**Матрица исходных состояний социально-экономической среды региона**

Альтернативные решения	Состояние среды (экономики)			
	$S_1$	$S_2$	....	$S_n$
$a_1$	$U_{11}$	$U_{12}$	....	$U_{1n}$
$a_2$	$U_{21}$	$U_{22}$	....	$U_{2n}$
....	....	....	....	....
$a_3$	$U_{m1}$	$U_{m2}$	....	$u_{mn}$
Вероятности	$P_{s1}$	$P_{s2}$	....	$P_{sn}$

Если  $P(S_i \geq 0), \sum_{j=1}^n P(S_j) = 1$  или  $U_k - U_L = \sum_{j=1}^i \left[ \sum_{q=1}^i (U_{qk} - U_{q1}) [P(S_j) - P(S_{j+1})] \right]$ , или учитывая, что  $P(S_j) - P(S_i) \geq 0$ , получаем условие:

$$U_k - U_L \rightarrow \sum_{q=1}^i (U_{qk} - U_{q1}) \geq 0. \quad (7)$$

Практически для каждого решения  $a_i$  целесообразно установить в соответствие величину потерь  $W_{ij} = |U_{ij} - \max U_{ij}|$ , характеризующую упущенные возможности. Тогда

$$a^{opt} = a^* \rightarrow \min_i \sum_{j=1}^n P(S_j) W_{ij}. \quad (8)$$

2. В случае использования принципа «максимума энтропии математического ожидания функции полезности» следует задавать универсальный критерий определения оптимальной стратегии инвестирования, выражающийся в энтропии математического ожидания функции полезности:

$$H_i = - \left[ \sum_{j=1}^n P(S_j) (U_{ij}) \right] \ln \left[ \sum_{j=1}^n P(S_j) U_{ij} \right]. \quad (9)$$

Оптимальным следует признавать решение, содержащее минимум энтропии математического ожидания функции полезности, т.е.  $a^{opt} = a^* \rightarrow \min_i H_i$ . Если

имеется следующее соотношение полезностей:  $U_k - U_L \rightarrow \sum_{q=1}^n (U_{qk} - U_{q1}) > 0$  и

каждому решению  $a_i$  ставится в соответствие величина потерь  $R_{ij} : R_{ij} = |U_{ij} - \max U_{ij}|$ , которая характеризует упущенные возможности, не функция полезности  $U_{ij}$ , тогда

$$a^{opt} \rightarrow \min_i \sum_{j=1}^n P(S_j) R_{ij}, \quad (10)$$

Данный показатель отражает степень неопределенности искомого экономиче-

ского результата и степени риска, принимаемой на себя управляющей подсистемой. На практике применение меры энтропии математического ожидания функции полезности позволяет выполнять сравнение и оценивание эффективности использования в практике принятия решений различных моделей и методов управления риском.

3. Применение принципа «минимума дисперсии функции полезности» способствует определению среднего значения полезности для каждого альтернативного решения

$$U_i = \sum_{j=1}^n P(S_j) U_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (11)$$

и дисперсию  $\sigma_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n P(S_j) (U_{ij} - U_i)^2$ . (12)

Оптимальное решение находится из условия:

$$a^{opt} \Rightarrow \begin{cases} \min \sigma_i^2 \\ U_i \geq U^n, (i=1, 2, \dots, m), \end{cases} \quad (13)$$

где  $U^n$  – предельное заданное значение функции полезности.

Показатель полезности в этом случае является функцией от стандартного отклонения в ряду совокупностей характеристик состояния внешней кластерной среды. Чтобы найти  $a^{opt}$ , возможно использовать и иные показатели дисперсии, в том числе дисперсию рядом с наибольшим значением функции полезности или рядом с наиболее ее вероятным значением. Стандартное отклонение  $\sigma$  возможно представить в качестве меры неопределенности, показывающей дисперсию значений показателей эффективности в будущем относительно наиболее вероятных. В данном случае применяется коэффициент вариации, рассчитываемый следующим образом:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{X}}, \quad (14)$$

где  $\bar{X}$  – ожидаемое среднее значение показателя эффективности. Здесь возможно использование следующей шкалы степени риска:

менее 0,1 – слабая;

от 0,1 до 0,25 – умеренная;  
более 0,25 – высокая.

4. В случае применения модального принципа подсистема управления предполагает наиболее вероятное состояние среды ( $j=k$ )

$$P(S_k) = \max_j P(S_j). \quad (15)$$

В этом случае в рамках модального принципа управляющий исходит из того, что среда пребывает в состоянии  $S_k = \max_j P(S_j)$  и оптимальное в данном случае решение ( $a^{opt}$ ) находится из условия  $a^{opt} \Rightarrow \max_i U_{ik}, (i=1, 2, \dots, m)$ .

В случае, если максимум вероятности  $P(S_i)$  реализуется для  $N$  состояний среды, начиная с некоторого  $S_k, S_{k+1}, \dots, S_{k+N}$ , то для оптимального решения необходимо следующее условие:

$$a^{opt} \Rightarrow \max_j \frac{1}{N} \sum_{j=k}^{k+N} U_{ij}, (i=1, 2, \dots, m). \quad (16)$$

5. Использование критерия Вальда позволяет рассматривать природу как агрессивно настроенного и сознательно действующего противника.

$$a^{opt} \Rightarrow \max_i \min_j U_{ij}. \quad (17)$$

В соответствии с критерием Вальда из всех самых неудачных результатов выбирается лучший. Это перестраховочная позиция крайнего пессимизма, рассчитанная на худший случай. Выбор такой стратегии определяется отношением инвестора к риску.

Исходя из данной совокупности в условиях риска с учетом вариантов предлагаемых моделей для выбора решения оптимального варианта инвестирования предлагается подход, использующий приведенные коэффициенты эффективности.

1. При использовании каждого из названных ранее методов разработки и принятия управленческих решений в условиях неопределенности и риска, а также выбранных для реализации вариантов альтернатив вычисляется критерий эффективности.

2. Всем используемым методам при-

сваиваются веса, например, по шкале от 0 до 10 и вычисляется значимость следующим образом:

$$\psi_i = \frac{V(\psi_i)}{\sum_{i=1}^n V(\psi)}, \quad (18)$$

где  $V(\psi_i)$  – присвоенный экспертным путем вес применяемого метода;

$n$  – число используемых методов принятия решений;

3. Проводится нормирование и вычисление приведенных коэффициентов эффективности  $\mathcal{E}_{HPmn}$  относительно значимостей методов принятия решений в условиях неопределенности и риска:

$$\mathcal{E}_{(mn)} = \psi_i \frac{\mathcal{E}_{mn}}{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{mn}}. \quad (19)$$

4. Определение комплексного интегрального критерия эффективности:

$$\mathcal{E}_{(инт)} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{mn}, \quad (20)$$

где  $\mathcal{E}_{(инт)}$  – комплексный интегральный критерий эффективности.

5. Осуществление выбора оптимального варианта стратегии с учетом интегрального критерия эффективности.

Реализацию данного подхода можно проиллюстрировать следующим примером. Региональными властями рассматривается три инвестиционных проекта, из которых необходимо выбрать проект с наибольшей бюджетной эффективностью за 10 лет. В качестве показателя бюджетной эффективности (полезности) примем налогооблагаемую прибыль. Финансовые показатели проектов приведены в табл. 2.

Показателем риска является среднегодовой уровень инфляции за 10 лет реализации проектов, причем на основе экспертных оценок установлено, что среднегодовая инфляция за время реализации проектов составит 5%, 7%, 9% и 10% с вероятностью 35%, 40%, 15% и 10% соответственно.

Платежная матрица для такого случая приведена в табл. 3.

Рассмотрим пять вариантов принятия решения:

1) Максимальный критерий Вальда;

Таблица 2

**Финансовые показатели проектов**

Наименование проекта	Объем инвестиций, млн руб.	Внутренняя норма доходности, %	Среднегодовая прибыль до налогообложения, млн руб.
Проект 1	50	20	15,7
Проект 2	70	15	18,3
Проект 3	90	12	21,0

Таблица 3

**Налогооблагаемая прибыль за 10 лет, дисконтированная на уровень инфляции**

Альтернативные решения	Состояние среды (экономики), среднегодовая инфляция			
	5%	7%	9%	10%
Проект 1	92,1	83,8	76,6	73,3
Проект 2	107,5	97,8	89,4	85,6
Проект 3	122,9	111,8	102,1	97,8
Вероятности	35%	40%	15%	10%

выбирается проект 3.

2) Критерий Байеса-Лапласа; выбирается проект 3.

3) критерий максимума энтропии математического ожидания функции полезности; выбирается проект 1.

4) критерий минимума дисперсии функции полезности; выбирается проект 3.

5) модальный критерий; выбирается проект 3.

На следующем шаге рассчитаем приведенные коэффициенты эффективности для каждого метода принятия решения и проекта, а затем – интегральные коэффициенты эффективности для каждого проекта.

Присвоим коэффициенту эффективности значение 1, если проект выбран

данным методом, и 0 – если проект не выбран. Коэффициенты эффективности веса, присвоенные различным методам принятия решений и рассчитанные на их основе значимости, приведены в табл. 4.

В табл. 5 приведены результаты расчета приведенных коэффициентов эффективности и интегральных коэффициентов эффективности.

Как следует из данных табл. 5, предлагаемая методика рекомендует выбрать проект 3 с уровнем эффективности 81%.

Естественно, вышеприведенный пример является крайне упрощенной иллюстрацией возможностей предлагаемой методики. В реальности функция полезности может зависеть от большого количества разнородных факторов и должна рассчитываться как разность преимуществ и не-

Таблица 4

**Расчет значимости методов принятия решений**

Альтернативные решения	Метод принятия решения				
	1	2	3	4	5
Проект 1	0	0	1	0	0
Проект 2	0	0	0	0	0
Проект 3	1	1	0	1	1
Вес	9	6	7	7	8
Значимость	0,24	0,16	0,19	0,19	0,22

Таблица 5

**Приведенные и интегральные коэффициенты эффективности.**

Альтернативные решения	Метод принятия решения					Интегр. критерий эффективности
	1	2	3	4	5	
Проект 1	0	0	0,19	0	0	0,19
Проект 2	0	0	0	0	0	0,00
Проект 3	0,24	0,16	0,00	0,19	0,22	0,81

достатков каждой альтернативы, выраженных в сопоставимых единицах измерения. Например, учет экологических последствий реализации каждой альтернативы может внести серьезные коррективы в значения функции полезности и, соответственно, повлиять на окончательный выбор.

В качестве универсальной единицы измерения для расчета функции полезности целесообразно применять денежные единицы. Это означает, что при анализе последствий, не имеющих прямого и непосредственного финансового эффекта, необходимо использование фиктивных переменных, имеющих денежную размерность и скоррелированных с исходными переменными.

Таким образом, предложенная модель позволяет оценить альтернативные варианты инвестирования и отобрать оптимальный вариант с точки зрения неопределенности и риска.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ван Ассен М., Ван Ден Берг Г., Питерсма П.* Ключевые модели менеджмента. 60 моделей, которые должен знать каждый менеджер. М.: Бинوم: Лаборатория

знаний, 2013. С. 247–254.

2. *Васильева Н.В.* Формирование и развитие образовательных кластеров в региональной социально-экономической системе: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Гатчина: Изд-во ГИЭФПТ, 2013. 15 с.

3. *Визгалина А.А.* Практическое применение методов анализа и оценки рисков регионального уровня // Основы экономики, управления и права. 2010. № 4. С. 20–22.

4. *Медведев А.В.* Математическая модель оценки инвестиционной привлекательности региона // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8.

5. *Fouque J.-P., Langsam J.A.* The Handbook on Systemic Risk. Cambridge University Press, 2013.

6. Growth or Glamour? Fundamentals and Systematic Risk in Stock Returns Appendix John Y. Campbell, Christopher Polk, and Tuomo Vuolteenaho1 First draft: September, 2003. This version: November, 2008.

7. In Search of a Statistically Valid Volatility Risk Factor Robert M. Anderson-Stephen W. Bianchi† Lisa R. Goldberg University of California at Berkeley. February 4, 2013.