

РИСКИ В ЗАДАЧАХ СИНТЕЗА ЭФФЕКТИВНОГО ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ

А.А. Наумов, А.А. Фёдоров*

В работе исследован вопрос оценивания рисков портфеля инвестиционных проектов. Введен в рассмотрение авторский инструментарий: множество исходных проектов, операции над проектами, понятие конструктора и проекта-конструкции, оператор оценивания эффективности. На основе данного инструментария вводятся меры риска портфеля проектов: вероятностные риски, абсолютный и относительный риски.

Рассмотрены иллюстративные примеры построения всевозможных проектов-конструкций. Для последних вычислены оценки абсолютного и относительного рисков, а также показатель эффективности – чистая будущая стоимость с заимствованием. Опираясь на сводную таблицу расчётов, можно выбрать эффективный портфель проектов по критерию риск / доход.

В современной научной среде твёрдо зарекомендовал себя и устоялся термин «портфельный анализ», в рамках которого происходит исследование различных аспектов портфеля: диверсификации портфеля, динамического управления им, рисков портфеля. Портфельный анализ решает свои задачи в рамках рационального размещения ограниченных ресурсов в условиях вероятностной неопределённости. В данной работе рассматриваются особенности портфелей, компонентами которых могут быть различные по своей природе инвестиционные проекты. В качестве образующих проектов таких портфелей выступают проекты различных видов и областей приложений: фондового рынка (т.е. финансовые инструменты конкретного вида), рынка недвижимости, аграрно-промышленного сектора экономики и многие другие.

Неотъемлемым аспектом, который всесторонне исследуется при синтезе эффективного портфеля проектов, является риск.

1. Понятие риска и его измерение

Исследование функционирования финансовых институтов (банков, страховых и инвестиционных компаний, депозитарных учреждений и т.д.) в условиях вероятностной неопределённости позволяет выделить такую самостоятельную категорию, как риск.

С учётом того, что действия (присутствие) участников финансового рынка происходят на поле риска, данная категория считается одной из базовых и основополагающих в трактовке финансовой теории. Виды рисков, встречающихся в окружающей нас действительности, достаточно разнообразны. Это риски природных катастроф, финансовые риски, риски угрожающие личности, техногенные риски и другие.

Риск может рассматриваться как составная часть неопределённости, которая сопутствует принятию решений участниками экономического пространства. Риск и неопределённость суть разные категории они не тождественны, и даже не равны друг другу, но между ними прослеживается связь – риск содержится в неопределённости, он размыт в ней. Индивид в процессе принятия решений испытывает неопределённость. Инстинкт самосохранения, заложенный в человеке от природы, помогает ему (субъективным образом) трансформировать неопределённость в риск, которому индивид старается придать оформленные и более чёткие черты, т. е. определить степень риска. Чтобы чувствовать себя в безопасности, индивиду необходимо наиболее точно (в деталях) вычленив риск из неопределённости, получая количественную оценку риска в виде числа, а далее индивид может принять контрмеры для нейтрализации риска. В связи с этим, важным и ответственным этапом получения количественной оценки становится способ (техника, методика, подход) меры риска.

2. Множество исходных проектов и операции над ними

Введём в рассмотрение N исходных инвестиционных проектов $Pr_1, Pr_2, \dots, Pr_N$ (далее – просто проекты) и составим из последних множество

$$\Pi = \{Pr_1, Pr_2, \dots, Pr_N\}. \quad (1)$$

Произвольный проект множества (1) описывается (определяется, задаётся) кортежем

$$Pr = \langle T, S, P \rangle, \quad (2)$$

где T , S и P суть множества. Посредством записи

* © А.А. Наумов, Новосибирский государственный технический университет, 2006, Naumov@fb.nstu.ru; А.А. Фёдоров, Новосибирский государственный технический университет, 2006, New_Okela@mail.ru

$$T = \{t_0, t_1, \dots, t_m\} \quad (3)$$

обозначается упорядоченное по возрастанию своих элементов множество моментов времени, в которые наблюдается финансовая активность по проекту Pr , $Pr \in \Pi$. Множеством вида

$$S = \{S(t_0), S(t_1), \dots, S(t_m)\} \quad (4)$$

обозначается входящий (инвестируемый, затратный) финансовый поток проекта Pr , $Pr \in \Pi$. Входящий поток (4) разбит на подпотоки (части) $S(t_0)$, $S(t_1)$, ..., $S(t_m)$. Исходящий (доходный, прибыльный) поток проекта Pr , $Pr \in \Pi$ имеет вид

$$P = \{P(t_0), P(t_1), \dots, P(t_m)\} \quad (5)$$

Исходящий поток (5) также разбит на подпотоки (части) $P(t_0)$, $P(t_1)$, ..., $P(t_m)$.

Над проектами множества Π можно совершать различные операции. Выберем два произвольных проекта Pr_q и Pr_p множества Π , $Pr_q, Pr_p \in \Pi$. Будем использовать графический способ представления этих проектов (рис. 1). Рассмотрим операцию равенства проектов Pr_q и Pr_p , т.е. $Pr_q = Pr_p$. Два проекта равны тогда и только тогда, когда равны их внутренние структуры, заданные кортежами вида (2). В противном случае проекты не равны и этот факт обозначается следующим образом: $Pr_q \neq Pr_p$. Операция предпочтения записывается так: $Pr_q \succ_E Pr_p$, где E – критерий, по которому сравниваются проекты Pr_q и Pr_p . Введем в рассмотрение операцию последовательного соединения (сцепления) проектов Pr_q и Pr_p , т.е. $\widehat{Pr}_d = Pr_q \rightarrow \rightarrow Pr_p$, где $\widehat{Pr}_d$ – новый проект. Наряду с этой операцией рассмотрим операцию последовательного соединения (сцепления) проектов Pr_q и Pr_p со сдвигом, т.е. $\widehat{Pr}_b = Pr_q \xrightarrow{\Delta} Pr_p$, где Δ – временной сдвиг. Запись $\widehat{Pr}_d = Pr_q \xrightarrow{3} Pr_p$, означает, что $\Delta = 3$ и проекты Pr_q и Pr_p примут фазу расстановки, изображённую на рис. 2. Отметим, что эта операция не является коммутативной.

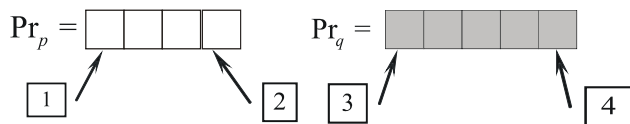


Рис. 1. Графическое представление проектов Pr_p и Pr_q :
1 – начало проекта Pr_p ; 2 – окончание проекта Pr_p ;
3 – начало проекта Pr_q ; 4 – окончание проекта Pr_q



Рис. 2. Фаза расстановки проектов Pr_q и Pr_p , $\Delta = 3$

Очевидно, что при выборе величины Δ из множества $\Delta \in \{0, 1, 2, 3, \dots, L\}$, где L есть натуральное число, можно сдвигать два проекта друг относительно друга произвольным образом. Операция сцепления со сдвигом состоит из двух фаз. Первая (начальная) фаза – взаимная расстановка сцепляемых проектов. Вторая (завершающая) фаза – слияние расставленных проектов. После фазы слияния получается новый (итоговый) проект-конструкция.

Поясним реализацию фазы слияния. Пусть необходимо реализовать операцию $\widehat{Pr}_d = Pr_q \xrightarrow{3} Pr_p$. Тогда – фаза взаимной расстановки проектов Pr_q и Pr_p будет выглядеть так, как показано на рис. 2. Фаза слияния проектов Pr_q и Pr_p приводит к фигуре, изображённой на рис. 3. Переход от рис. 2 к рис. 3 заключается в том, что верхняя и нижняя фигуры на рис. 2 сливаются (по вертикали) в одну фигуру (прямоугольник). Последняя ассоциируется с новым (итоговым) проектом $\widehat{Pr}_d$. На рис. 3 квадратики, закрашенные тёмной сеткой, отвечают за те ячейки нового проекта $\widehat{Pr}_d$, в которых произошло суммирование соответствующих входящих и исходящих подпотоков исходных проектов Pr_q и Pr_p во время фазы слияния. Первые три квадрата фигуры наследуют структуру входящих и исходящих под-



Рис. 3. Фаза слияния операции $\widehat{Pr}_d = Pr_q \xrightarrow{3} Pr_p$

потоков только исходного проекта Pr_q . Последние два квадратика фигуры наследуют структуру входящих и исходящих подпотоков только исходного проекта Pr_p . Общая протяженность нового проекта $\widehat{Pr}_d$ равна семи временным тактам (семь квадратиков).

Все вышерассмотренные операции над проектами можно объединить во множества. Операции сцепления и сцепления со сдвигом объединим множеством $O_{\Rightarrow} = \{\rightarrow, \rightarrow_{\Delta}\}$ и назовём их операциями конструирования новых проектов, т.е. проектов-конструкций. Операции равенства, неравенства и предпочтения назовём операциями порядка (или операциями сравнения) проектов и запишем их во множество $O_{\neq} = \{=, \neq, \succ_E\}$.

Таким образом, при помощи операций над проектами можно из одних проектов получать другие более сложные – проекты-конструкции.

3. Понятия конструктора и проекта-конструкции

Введём понятие конструктора

$$C = \langle \Pi, O_{\Rightarrow} \rangle, \quad (6)$$

где Π есть множество (1), а $O_{\Rightarrow}$ есть множество операций конструирования. При помощи конструктора (6) можно получать более сложные проекты-конструкции $\widehat{Pr}_1, \widehat{Pr}_2, \widehat{Pr}_3, \dots$, которые наполняют множество Π_C . Мощность множества Π_C , т.е. число проектов-конструкций обозначим в виде $\|\Pi_C\| = D$. По своей внутренней организации проекты-конструкции $\widehat{Pr}_1, \widehat{Pr}_2, \dots, \widehat{Pr}_D$, как правило, сложнее, чем исходные проекты $Pr_1, Pr_2, \dots, Pr_N$ множества Π .

4. Проекты, стохастичность и риски

Выберем произвольный проект-конструкцию $\widehat{Pr}$ множества Π_C , $\widehat{Pr} \in \Pi_C$. На этот проект-конструкцию воздействуют сторонние и внутренние случайные возмущения. Проект-конструкция $\widehat{Pr}$, $\widehat{Pr} \in \Pi_C$ характеризуется своими параметрами. Такими параметрами, например, являются процентные ставки: ставка банковского депозита (r_b), ставка заёмного процента (r_l), ставка внешнего использования заработанных в проекте средств (r_o) и другие.

Для процентных ставок, используемых в расчётах по проектам-конструкциям, введём обозначение в виде вектора

$$\bar{R} = (r_1, r_2, \dots, r_K)^T, \quad (7)$$

где в качестве $r_1, r_2, \dots, r_K$ фигурируют процентные ставки r_b, r_l, r_o и другие.

Чтобы показать (определить, задать) связь между произвольным проектом-конструкцией $\widehat{Pr}$ множества Π_C , $\widehat{Pr} \in \Pi_C$ и процентными ставками (7) введём декартово произведение вида

$$\Pi_C^{\bar{R}} = \Pi_C \times \{\bar{R}\} = \{(\widehat{Pr}, \bar{R}) \mid \widehat{Pr} \in \Pi_C, \bar{R} = (r_1, r_2, \dots, r_K)^T\}. \quad (8)$$

При помощи выражения (8) можно учесть в проекте-конструкции $\widehat{Pr}$, $\widehat{Pr} \in \Pi_C$ стохастичность (возмущённость), которая будет наблюдаться, когда процентные ставки (7) будут принимать возмущённые значения. Последнее будет справедливо $\forall \widehat{Pr}, \widehat{Pr} \in \Pi_C$.

Введем в рассмотрение оператор оценивания эффективности, который действует на элементы декартова произведения (8):

$$\mathbf{E}_{ff}[(\widehat{Pr}, \bar{R})] = \bar{Q} = (Q_1, Q_2, \dots, Q_M)^T, \quad (9)$$

где $\widehat{Pr}, \widehat{Pr} \in \Pi_C$. Вектор эффективности $\bar{Q}$, полученный при помощи (9), характеризует проект-конструкцию $\widehat{Pr}$ и набор процентных ставок $\bar{R}$ как пару взаимосвязанных элементов. С учётом (9) в проекте-конструкции $\widehat{Pr}$ можно представить, стохастичность посредством возмущённого вектора процентных ставок $\bar{R}^v$ (символ “v” вводится для обозначения возмущённости), и эта стохастичность будет распростра-

няться на вектор эффективности (9), т.е. для возмущенного вектора $\bar{Q}$ будет использоваться обозначение $\bar{Q}_v$. Выражение (9) подчёркивает связь проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$ его процентными ставками $\bar{R}$.

Далее рассматривается следующая ситуация, которая встречается в реальной практике управления портфелем проектов. Аналитик на множестве исходных проектов Π , при помощи конструктора (6), составляет всевозможные (неповторяющиеся) проекты-конструкции $\bar{Pr}_1, \bar{Pr}_2, \bar{Pr}_3, \dots$ и помещает их во множество Π_C . Он должен выбрать из проектов-конструкций $\bar{Pr}_j$, $\bar{Pr}_j \in \Pi_C$, $j=1,2,\dots,D$ наиболее предпочтительный, лучший по своим характеристикам эффективности проект-конструкцию $\bar{Pr}^*$, $\bar{Pr}^* \in \Pi_C$, иначе говоря, выбрать оптимальный (эффективный) портфель проектов.

Показатели эффективности произвольно выбранного проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$ зависят от номинальных значений процентных ставок $\bar{R}_{nom}$. Поэтому вычисленный вектор эффективности $\mathbf{E}_{ff}[(\bar{Pr}, \bar{R}_{nom})] = \bar{Q}_{nom}$, характеризующий проект-конструкцию $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$, также будет содержать номинальные значения.

С другой стороны, случайные возмущения действуют на проект-конструкцию $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$ и процентные ставки этого проекта-конструкции получают свои возмущённые значения $\bar{R}_v$. Тогда возможно рассчитать возмущённый вектор эффективности $\mathbf{E}_{ff}[(\bar{Pr}, \bar{R}_v)] = \bar{Q}_v$ проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$, который является возмущённым (реальным) из-за возмущённости вектора $\bar{R}_v$.

Таким образом, номинальные значения координат вектора эффективности $\bar{Q}_{nom}$ проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$ отличаются от реальных (возмущённых) значений координат вектора $\bar{Q}_v$ этого же проекта-конструкции. Последнее справедливо для всех проектов-конструкций $\bar{Pr} \in \Pi_C$.

Возмущённые значения процентных ставок $\bar{R}_v$, соответствующих проекту-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$, при составлении бизнес-плана не известны. Поэтому можно лишь только предполагать их возможные значения, реализуемые с определёнными вероятностями и, как следствие этого, предполагать знание закона распределения вероятностей этих возмущённых значений. Тогда будем рассматривать закон распределения вероятностей возмущённых значений процентных ставок $\bar{R}_v$, действующих на проекты-конструкции $\bar{Pr}_1, \bar{Pr}_2, \dots, \bar{Pr}_D$ множества Π_C . Также рассмотрим соответствующие данному закону различные вероятностные и моментные характеристики. Более того, этим вероятностным и моментным характеристикам будем придавать конкретный смысл, например, будем подразумевать за ними риск или доходность проектов-конструкций $\bar{Pr}_j$, $\bar{Pr}_j \in \Pi_C$, $j=1,2,\dots,D$.

Пусть известен совместный закон распределения возмущённых значений процентных ставок проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$, т.е. $F(\bar{R}_v)$. Тогда при использовании идей метода статистического моделирования [1] можно найти закон распределения вероятностей значений возмущённого вектора эффективности $\bar{Q}_v$ в виде $F(\bar{Q}_v)$ проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$.

Рассмотрим первый подход оценивания риска. Для этого выберем два произвольных проекта-конструкции $\bar{Pr}_p$, $\bar{Pr}_p \in \Pi_C$ и $\bar{Pr}_q$, $\bar{Pr}_q \in \Pi_C$. Пусть проект-конструкция $\bar{Pr}_q$ предпочтительнее $\bar{Pr}_p$, т.е. справедлива (истинна) запись

$$\bar{Pr}_q \succ_E \bar{Pr}_p. \quad (10)$$

Символ « E » в записи (10) обозначает критерий эффективности, согласно которому сравниваются проекты-конструкции $\bar{Pr}_q$ и $\bar{Pr}_p$. В качестве критерия E может фигурировать функционал $g(\bar{Q})$, зависящий от вектора эффективности.

Вектор процентных ставок $\bar{R}$ принимает возмущённые значения $\bar{R}_v$, которые приводят к возмущённости векторов $\bar{Q}_p$ и $\bar{Q}_q$. Тогда риск проекта-конструкции $\bar{Pr}_q$ будет обусловлен тем, что значение возмущённых

характеристик эффективности $Q_{q,i}$, $i \in \{1, 2, \dots, M\}$, могут принять значения меньшие, чем значения номинальных (невозмущённых) характеристик $Q_{qi,nom}$ этого проекта-конструкции.

Прежде чем определять другие подходы (меры) риска, выберем проект-конструкцию $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$ и при помощи оператора оценивания эффективности вычислим номинальный вектор эффективности

$$\mathbf{E}_{ff}[(\bar{Pr}, \bar{R}_{nom})] = \bar{Q}_{nom} = (Q_{1,nom}, Q_{2,nom}, \dots, Q_{M,nom})^T \quad (11)$$

этого проекта-конструкции. В (11) вектор $\bar{R}_{nom}$ есть вектор номинальных значений процентных ставок, используемых в проекте-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$. Координаты вектора эффективности (11) суть номинальные значения показателей эффективности проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$. На проект-конструкцию, а именно, на процентные ставки, $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$ действуют случайные возмущения. Тогда при помощи оператора оценивания эффективности определим возмущённый вектор эффективности

$$\mathbf{E}_{ff}[(\bar{Pr}, \bar{R}_v)] = \bar{Q}_v = (Q_{v1}, Q_{v2}, \dots, Q_{vM})^T \quad (12)$$

Координаты вектора эффективности (12) суть возмущённые показатели эффективности проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$.

На основе векторов (11) и (12) составим систему событий

$$A_1 = \{Q_{v1} < Q_{1,nom}\}, A_2 = \{Q_{v2} < Q_{2,nom}\}, \dots, A_M = \{Q_{vM} < Q_{M,nom}\}. \quad (13)$$

События (13) свяжем единым событием

$$A = A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_M. \quad (14)$$

В контексте исследования множества проектов-конструкций $\Pi_C = \{\bar{Pr}_1, \bar{Pr}_2, \dots, \bar{Pr}_D\}$ события (13) являются рискованными. И действительно, риск проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$ заключается в том, что значения возмущённых показателей эффективности Q_{vi} проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$ окажутся меньше значений номинальных показателей $Q_{i,nom}$, $i = 1, 2, \dots, M$ этого проекта-конструкции.

Пусть координаты возмущённого вектора (12) будут непрерывными случайными величинами. Если рассматривать возмущённые координаты $Q_{v1}, Q_{v2}, \dots, Q_{vM}$ вкупе, т.е. как систему из M случайных величин, то можно говорить о распределении вероятностей данной системы, или распределении M -мерного случайного вектора (12). Данное распределение вероятностей задаётся функцией совместного распределения вида

$$F_{Q_{v1}, Q_{v2}, \dots, Q_{vM}}(Q_1, Q_2, \dots, Q_M) = \mathbf{P}\{Q_{v1} < Q_1, Q_{v2} < Q_2, \dots, Q_{vM} < Q_M\}.$$

Функция плотности распределения вероятностей M -мерной случайной величины $\bar{Q}_v$ определяется выражением

$$f_{Q_{v1}, Q_{v2}, \dots, Q_{vM}}(Q_1, Q_2, \dots, Q_M) \equiv \frac{\partial^M F_{Q_{v1}, Q_{v2}, \dots, Q_{vM}}(Q_1, Q_2, \dots, Q_M)}{\partial Q_1 \partial Q_2 \dots \partial Q_M}.$$

Теперь, с учётом того, что события (13) являются рискованными событиями, будем говорить о потребности вычислить вероятность $\mathbf{P}\{A\}$, где A определяется выражением (14), т.е. вероятность одновременного наступления всех событий (13). В качестве альтернативы будем говорить о потребности вычислить вероятность $\mathbf{P}\{A_i\}$, $i \in \{1, 2, \dots, M\}$ наступления i -го события из событий обозначенных (13). Тогда необходимо вычислять вероятностный риск.

Рассмотрим вероятность $\mathbf{P}\{A\}$ наступления события (14), т.е. вероятность того, что значения возмущённых показателей эффективности $Q_{v1}, Q_{v2}, \dots, Q_{vM}$ проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$ одновременно будут меньше соответствующих номинальных значений $Q_{1,nom}, Q_{2,nom}, \dots, Q_{M,nom}$, рассчитанных по бизнес-плану этого проекта-конструкции. Тогда вероятность $\mathbf{P}\{A\}$, определяется выражением вида

$$Risk_1 = \mathbf{P}\{A\} = \int_{-\infty}^{Q_{1,nom}} \int_{-\infty}^{Q_{2,nom}} \dots \int_{-\infty}^{Q_{M,nom}} f_{Q_{v_1}, Q_{v_2}, \dots, Q_{v_M}}(Q_1, Q_2, \dots, Q_M) dQ_1 dQ_2 \dots dQ_M, \quad (15)$$

где $Q_{1,nom}, Q_{2,nom}, \dots, Q_{M,nom}$ суть номинальные показатели эффективности проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$. Выражение (15) отвечает за вероятностный риск $Risk_1$. Риск вида (15) одновременно учитывает ограничение для всех номинальных значений $Q_{i,nom}$, $i = 1, 2, \dots, M$ характеристик эффективности проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$ согласно наступлению события (14).

Рассмотрим случай, когда хотя бы для одного показателя эффективности (i_0 -ой компоненты вектора эффективности) выполняется неравенство $Q_{v_{i_0}} < Q_{i_0,nom}$, $i_0 \in \{1, 2, \dots, M\}$. Тогда запишем событие $B = \{Q_{v_{i_0}} < Q_{i_0,nom}\}$ и вычислим вероятность этого события по формуле

$$Risk_{2,i_0} = \mathbf{P}\{B\} = \mathbf{P}\{Q_{v_{i_0}} < Q_{i_0,nom}\} = \int_{-\infty}^{+\infty} \dots \int_{-\infty}^{Q_{i_0,nom}} \dots \int_{-\infty}^{+\infty} f_{Q_{v_1}, Q_{v_2}, \dots, Q_{v_M}}(Q_1, Q_2, \dots, Q_M) dQ_1 \dots dQ_{i_0-1} dQ_{i_0} dQ_{i_0+1} \dots dQ_M. \quad (16)$$

Выражение (16) обозначает вероятностный риск вида $Risk_{2,i_0}$, $i_0 \in \{1, 2, \dots, M\}$.

Рассмотрим следующий вид риска. Так, если $Q_{v_{i,min}}$ есть наименьшее значение возмущённого показателя Q_{v_i} , $i \in \{1, 2, \dots, M\}$, то в качестве меры риска могут быть выбраны разности вида

$$Risk_{3,i} = Q_{i,nom} - Q_{v_{i,min}}, \quad (17)$$

где $Q_{i,nom}$ есть номинальное значение показателя Q_i , $i \in \{1, 2, \dots, M\}$.

Риски вида (17) характеризуют наибольшие возможные отклонения возмущённых значений Q_{v_i} от номинальных значений $Q_{i,nom}$ показателя Q_i , $i \in \{1, 2, \dots, M\}$ проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$. Отметим, что из-за стохастической взаимозависимости параметров проекта-конструкции $\bar{Pr}$, $\bar{Pr} \in \Pi_C$ координаты возмущённого вектора эффективности $\bar{Q}_v = (Q_{v_1}, Q_{v_2}, \dots, Q_{v_M})^T$ не могут одновременно принимать свои минимальные возмущённые значения $Q_{v_{1,min}}, Q_{v_{2,min}}, \dots, Q_{v_{M,min}}$, т.е. все риски вида (17) не могут принимать одновременно свои наибольшие значения.

Далее, для каждого из показателей эффективности Q_i , $i \in \{1, 2, \dots, M\}$, введём в рассмотрение относительную меру риска вида

$$Risk_{4,i} = \frac{Q_{i,nom} - Q_{v_{i,min}}}{Q_{i,nom}} \cdot 100\% = \frac{Risk_{3,i}}{Q_{i,nom}} \cdot 100\%, \quad (18)$$

где $i \in \{1, 2, \dots, M\}$.

5. Оценивание рисков

Рассмотрим ситуацию, когда множество Π состоит из двух исходных проектов Pr_p и Pr_q , $\Pi = \{Pr_p, Pr_q\}$. Определим внутреннюю структуру проектов Pr_p и Pr_q (табл. 1 и табл. 2, соответственно). При помощи операций сцепления и сцепления со сдвигом на основе исходных проектов Pr_p и Pr_q получим (сконструируем) всевозможные неповторяющиеся проекты-конструкции $\bar{Pr}_i \in \Pi_C$, $i = \overline{1, 10}$, которые представлены в первом столбце табл. 3.

Оценим риск полученных проектов-конструкций $\bar{Pr}_1, \bar{Pr}_2, \bar{Pr}_3, \bar{Pr}_4, \bar{Pr}_5, \bar{Pr}_6, \bar{Pr}_7, \bar{Pr}_8, \bar{Pr}_9, \bar{Pr}_{10}$ множества $\Pi_C = \{\bar{Pr}_1, \bar{Pr}_2, \bar{Pr}_3, \bar{Pr}_4, \bar{Pr}_5, \bar{Pr}_6, \bar{Pr}_7, \bar{Pr}_8, \bar{Pr}_9, \bar{Pr}_{10}\}$. Задаётся временная структура процентных ставок, т.е. вектор (7) имеет вид $\bar{R} = (r_o, r_l)^T$, где r_o – ставка заёмного процента, r_l – ставка внешнего использования зарабо-

танных в проекте средств. Абсолютный и относительный риски полученных проектов-конструкций множества Π_c определяются согласно выражениям (17) и (18), соответственно.

Таблица 1

Портрет проекта Pr_p		Информационные уровни проекта Pr_p			
Временные такты $t_{p,i}, i = \overline{0,3}$		0	1	2	3
Входящий поток $S(t_{p,i}), i = \overline{0,3}$		50	40	0	0
Исходящий поток $P(t_{p,i}), i = \overline{0,3}$		0	0	20	80

Таблица 2

Портрет проекта Pr_q		Информационные уровни проекта Pr_q			
Временные такты $t_{q,i}, i = \overline{0,4}$		0	1	2	3
Входящий поток $S(t_{q,i}), i = \overline{0,4}$		10	20	30	40
Исходящий поток $P(t_{q,i}), i = \overline{0,4}$		0	10	30	40

Таблица 3

Проекты-конструкции множества Π_c		
	Операция сцепления	Величина сдвига Δ
$\widehat{Pr}_1:$	$\widehat{Pr}_1 = Pr_q \rightarrow_0 Pr_p$	$\Delta=0$
$\widehat{Pr}_2:$	$\widehat{Pr}_2 = Pr_q \rightarrow_1 Pr_p$	$\Delta=1$
$\widehat{Pr}_3:$	$\widehat{Pr}_3 = Pr_q \rightarrow_2 Pr_p$	$\Delta=2$
$\widehat{Pr}_4:$	$\widehat{Pr}_4 = Pr_q \rightarrow_3 Pr_p$	$\Delta=3$
$\widehat{Pr}_5:$	$\widehat{Pr}_5 = Pr_q \rightarrow_4 Pr_p$	$\Delta=4$
$\widehat{Pr}_6:$	$\widehat{Pr}_6 = Pr_q \rightarrow Pr_p$	Сцепление без сдвига
$\widehat{Pr}_7:$	$\widehat{Pr}_7 = Pr_p \rightarrow_1 Pr_q$	$\Delta=1$
$\widehat{Pr}_8:$	$\widehat{Pr}_8 = Pr_p \rightarrow_2 Pr_q$	$\Delta=2$
$\widehat{Pr}_9:$	$\widehat{Pr}_9 = Pr_p \rightarrow_3 Pr_q$	$\Delta=3$

Векторы эффективности проектов-конструкций $\widehat{Pr}_j, \widehat{Pr}_j \in \Pi_c$ определяются при помощи оператора оценивания эффективности $\mathbf{E}_f[(\widehat{Pr}_j, \bar{R})] = \bar{Q}_j = (Q_{j1})^T, j = \overline{1,10}$, где координата Q_{j1} ассоциировалась с критерием $NFV_{(l)}(\widehat{Pr}_j)$ j -го проекта-конструкции, $j = \overline{1,10}$. Запись $NFV_{(l)}(\widehat{Pr}_j)$ отвечает за значение критерия $NFV_{(l)}$ на момент окончания жизни проекта-конструкции $\widehat{Pr}_j, j = \overline{1,10}$. Критерий эффективности $NFV_{(l)}(Pr)$ проекта Pr есть чистая будущая стоимость с заимствованием (Net Future Value with Loan). Показатель $NFV_{(l)}(Pr)$ определяется по формуле (см. [2]) $NFV_{(l)}(Pr) = \sum_{i=0}^{N_T} P_i(1+r_o)^{N_T-i} - \sum_{i=0}^{N_T} S_i(1+r_i)^{N_T-i}$, где $P_i = P(t_i)$, $S_i = S(t_i)$, $N_T = m+1$ есть числа точек финансовой активности проекта Pr , для которого рассчитывается данный показатель, величина m определяется согласно (3); r_o есть процентная ставка внешнего использова-

ния заработанных в проекте Pr средств; r_i есть процентная ставка заёмного процента, по которой занимают капитал в проект Pr . Выбираются $r_o = 0,25$ (или 25 %) и $r_i = 0,2$ (или 20 %). Стохастичность в проектах-конструкциях $\widehat{Pr}_i$, $\widehat{Pr}_i \in \Pi_C$, $i = \overline{1,10}$ учитывается при помощи зашумления значений процентных ставок r_o и r_i , согласно нормальному закону $N(0,25; 0,001)$ и $N(0,2; 0,001)$ соответственно. При моделировании используется 1000 модельных просчётов. Результаты расчётов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики проектов-конструкций множества Π_C

	Длина проекта-конструкции (временные такты)	Номинальное значение $NFV_{(l),nom}$, ден. ед.	Минимальное значение $NFV_{(l),min}$, ден. ед.	Абсолютный риск, ден. ед.	Относительный риск, %
$\widehat{Pr}_1$	5	15,7884	13,2995	2,4889	15,7641
$\widehat{Pr}_2$	5	8,8789	6,7412	2,1388	24,0853
$\widehat{Pr}_3$	6	30,4441	27,7030	2,7411	9,0037
$\widehat{Pr}_4$	7	59,4031	55,8790	3,5241	5,9325
$\widehat{Pr}_5$	8	97,9061	92,8155	5,0906	5,1995
$\widehat{Pr}_6$	9	148,6848	142,0886	6,5962	4,4364
$\widehat{Pr}_7$	6	26,3581	23,1455	3,2126	12,1881
$\widehat{Pr}_8$	7	41,7945	36,8939	4,9006	11,7254
$\widehat{Pr}_9$	8	63,6479	56,1890	7,4589	11,7190
$\widehat{Pr}_{10}$	9	93,9063	83,2650	10,6413	11,3318

Зависимость величины абсолютного риска (пятый столбец табл. 4) от номера проекта-конструкции представлена на рис. 4.

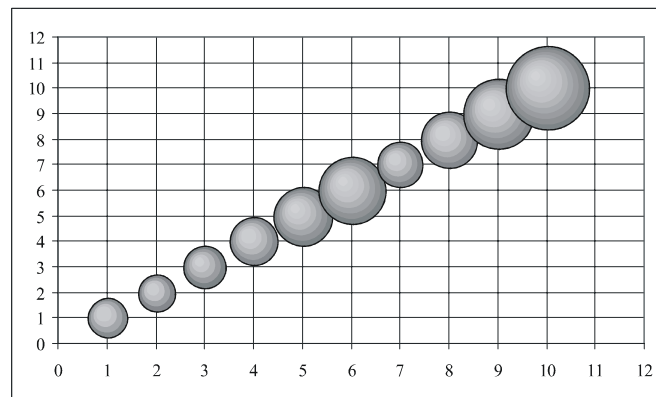


Рис. 4. Величина абсолютного риска в зависимости от номера проекта-конструкции

Шары, характеризуют величину абсолютного риска проектов-конструкций $\widehat{Pr}_1$, $\widehat{Pr}_2$, $\widehat{Pr}_3$, $\widehat{Pr}_4$, $\widehat{Pr}_5$, $\widehat{Pr}_6$, $\widehat{Pr}_7$, $\widehat{Pr}_8$, $\widehat{Pr}_9$, $\widehat{Pr}_{10}$. Проекту-конструкции $\widehat{Pr}_2$ с наименьшим абсолютным риском (2,1388) соответствует самый маленький шар 10, а самый большой шар соответствует проекту-конструкции $\widehat{Pr}_{10}$ (10,6413) с наибольшим значением абсолютного риска.

С увеличением времени жизни инвестиционного проекта увеличивается и риск этого проекта. Тот факт, что абсолютный риск (в данном случае проектов-конструкций) увеличивается при росте времени реализации, согласуется с реальной инвестиционной практикой. В том смысле, что на более длинном временном промежутке, вероятнее всего наступление неблагоприятных для проектов событий, значит и величина риска

выше. Также прослеживается зависимость (корреляционная), что у наиболее доходных проектов-конструкций риск, наиболее повышенный (см. значение абсолютного риска в табл. 4. Как правило, этот факт прослеживается и на практике, когда наиболее доходные операции на финансовых рынках (в том числе и в сфере управления проектами) являются и наиболее рискованными.

Следует отметить, что относительно качества проектов-конструкций по критерию риска принимаемые решения могут быть различными, в зависимости от того, какая мера риска выбрана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. - М.: Наука, 1976. – 320 с.
2. Наумов А.А., Ходусов Н.В. Управление портфельными инвестициями. Модели и алгоритмы. – Новосибирск: ОФСЕТ, 2005. – 298 с.
3. Артемьев С.С., Михайличенко И.Г., Сеницын И.Н. Статистическое моделирование срочных финансовых операций / Под ред. Г.А. Михайлова. – Новосибирск: ВЦ СО РАН, 1997. – 202 с.
4. Современное состояние теории исследования операций / Под ред. Н.Н. Моисеева. – М.: Наука, 1979. – 464 с.
5. Новосёлов А.А. Математическое моделирование финансовых рисков. Теория измерения. – Новосибирск: Наука, 2001. - 102
6. Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики. – М.: Фазис, 1998.
7. Гинзбург А.И. Страхование. – СПб.: Питер, 2003. – 176 с.
8. Наумов А.А., Федоров А.А. Математическая модель и конструктор портфеля проектов в задаче рационального размещения ограниченных ресурсов / А.А. Наумов, А.А. Федоров // Тез. докл. Всерос. науч. конф. по информационным технологиям в науке, образовании и экономике. 28 ноября – 1 декабря, 2005. Ч. 1. – Якутск: Офсет, 2005-С. 58-60.

RISKS IN THE PROBLEM OF SYNTHESIS OF EFFICIENT PORTFOLIO OF PROJECTS

A.A. Naumov, A.A.Fedorov

The question of estimation of risks of portfolio of investment projects is investigated. The authors' tools, namely, the set of initial projects, operation on projects, constructor and project-constructors, operator of efficiency is introduced. Basing on these tools the measures of risk of portfolio of projects are introduced. They are probability risk, absolute and relative risks and so on. The set of projects-constructors is built from the set of initial projects. The estimations of absolute, relative risks and the NFV (Net Future Value) with loan are calculated for all projects-constructors.

It is possible to choose the effective portfolio of projects according to consolidated table of calculated results in the framework of risk/profit criteria.