3.3. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОРТФЕЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПО КРИТЕРИЯМ «ЭФФЕКТИВНОСТЬ – РИСК – ШАНС»

Недосекин А.О., д.э.н., к.т.н., академик МАНЭБ, профессор, кафедра экономики, учета и финансов Горного университета, Санкт-Петербургский национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург; Абдулаева З.И., к.э.н., доцент, кафедра медицинской информатики и физики, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург; Козловский А.Н., генеральный директор ЗАО «ЗЭТО», г. Великие Луки

Рассматривается алгоритм оптимизации портфеля инноваций по критериям «эффективность – риск – шанс» на основе подхода Парето и обобщенного градиентного метода.

Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ

ВВЕДЕНИЕ

Работы научной школы Fuzzy Economics, посвященные моделированию и оптимизации портфелей различных типов [1, 6, 9, 13, 14, 2, 7, 10, 8], уже 15 лет кряду описывают наилучшие форматы для оценки доходности и риска портфелей. Уже 60 лет подряд нобелевский результат Г. Марковица является стартовой площадкой для всевозможных модернизаций и улучшений. Например, давно понятно, что распределения фондовых активов не обладают свойством нормальности, что там, скорее, распределение Леви с «толстыми хвостами» [15, с. 78]. В результате вся классическая теория Марковица, алгоритм квадратичной оптимизации портфеля. становятся неприменимыми. Однако на основе работы [19] мы можем совместить вероятностное и возможностное пространства для моделирования – и найти эффективную границу портфельного множества уже не как линию, а в форме криволинейной полосы [6, 14]. То есть каркас модели Марковица, по большому счету, устоял, а проблема «толстых хвостов» решается тем, что исходный колокол плотности распределения размывается до такой степени, что уже неважно, была там нормальность распределения или нет.

Беря за основание работу [16], можно отказываться от вероятностного моделирования портфеля. Исследования цитируемой статьи показали (а мы их потом самостоятельно повторили [5]), что вклад корреляционной матрицы в оптимальное решение на порядок слабее, чем вариативность исходных данных в части среднеожидаемой доходности и среднеквадратического отклонения (СКО) активов. Значит, можно было учитывать всю неопределенность в возможностном пространстве, моделируя разброс доходности актива как нечеткое число произвольного вида [9, 13, 1]. От модели Марковица практически ничего не осталось при этом замещении, кроме одного: духа золотого правила инвестирования, когда принятие на себя дополнительного риска инвестором автоматически влечет премию за риск в форме дополнительной ожидаемой доходности. Это является общим местом в моделях Марковица, Тобина (портфель с безрисковым активом) и Шарпа (модель САРМ).

Исключение корреляции из модели было лишь паллиативным решением, которое впоследствии пришлось пересмотреть, когда мы начали рассматривать портфели, содержащие реальные опционы. Например, всплыла отрицательная корреляция между доходностью базового актива и доходностью хеджирующего его опциона. Чтобы учесть этот феномен в модели, мы пришли к идее зеркальных нечетких чисел, арифметика с которыми была иной, чем классическая интервальная арифметика Дюбуа-Прада [17]. Позже мы полностью восстановили корреляцию активов в правах на участие в модели, подобрав ей нечеткий эквивалент в [8].

Нечеткий подход к моделированию и оптимизации портфелей позволил нам делать такие вещи, о которых классические постановки не могли бы даже и мечтать. В частности, мы научились оптимизировать портфели, содержащие деривативы произвольной направленности [7], причем как финансовые деривативы, так и реальные опционы. Мы смогли решить эту задачу, поскольку применяемый подход к оптимизации - универсальный градиентный метод – не зависел и не зависит от формы нечетких чисел, моделирующих доходность активов. Хеджирующие опционы доставляют усечение на левом фронте числа доходности сборки «актив + опцион», форсирующие опционы - излом на правом фронте нечеткого числа доходности. Но это никоим образом не сказывается на алгоритме решения задачи оптимизации. При этом абсолютно все равно, в каких осях проводить оптимизацию: в осях доходность - волатильность (как в классике) или в осях доходность - риск (в духе запроса инвестора на неснижаемую доходность).

Со времен нобелевской работы Канемана и Тверски [18] мы отдавали себе отчет в том, что волатильность и риск это принципиально различные категории. Риск - это только отрицательная волатильность доходности; положительная волатильность доходности - это, скорее, шанс. Между категориями волатильности и риска есть противоречие [10]: можно снижать волатильность - и одновременно с этим наращивать риск. Портфель может быть консервативным (в традиционном понимании) - и при этом абсолютно неэффективным (в свете неснижаемых требований инвестора к доходности). Главная причина такого неприятного феномена в том, что снижение волатильности равным образом убивает как риск, так и шанс, подобно тому, как сильнодействующий антибиотик убивает не только микробов, но и микрофлору кишечника. Волатильность - это источник как риска, так и шанса в равной мере. Поэтому инвестору, требующему повышенной отдачи от портфеля, следует применять не сколько хеджирующие, сколько форсирующие деривативы, т.е. не стесняться своей агрессивности. Попытки совместить агрессивное рыночное поведение и хеджирование - заканчиваются немотивированными дополнительными убытками от управления портфелем; к тому есть рыночный опыт биржевой торговли.

Пожалуй, главным научным результатом портфельной оптимизации в рамках наших исследований стало то, что удалось выйти за границы класса фондовых портфелей, перейти к анализу портфелей прямых инвестиций [1], в нечеткой постановке задачи, в парадигме *IRR* портфеля – риск портфеля, где *IRR* — внутренняя норма доходности портфеля / актива (internal rate of return). Градиентный метод оптимизации, превосходно зарекомендовавший себя в фондовых задачах (его подробное описание можно найти в [1, 13]), аналогичным образом оптимизирует и портфель прямых инвестиций.

И вот здесь мы выходим на новые рубежи, связанные с качественным видоизменением постановки задачи оптимизации:

 выделяем отдельный подкласс в классе портфелей прямых инвестиций – инновационные портфели. В этом подклассе достигаются экстремально высокие значения, как доходности портфеля, так и его риска;

- замещаем парадигму IRR риск парадигмой ROE риск, где ROE отдача на собственный капитал проекта (return on equity) в его предельном состоянии раскрытия (при переходе в статус «звезды», если рассуждать в терминах Бостонской матрицы). Суть замещения в том, что мы постепенно отказываемся от анализа экономической эффективности инноваций в соответствии с традиционным доходным подходом, поскольку ставка дисконтирования денежных потоков в инновационных проектах становится ненормативно высокой, и даже наиболее перспективные проекты перестают окупаться за требуемое время 5-7 лет (за рамками этого срока окупаемости инновации в Российской Федерации теряют рыночные очертания);
- добавляем еще один критерий для оптимизации шанс портфеля, как возможность генерации доходности по портфелю на уровне, превышающем нормативное значение N2, % годовых. Как показано в [10], риск проекта может расти, с одновременным снижением шанса. Равным образом, риски и шансы проекта могут расти и падать синхронно. Таким образом, оси рисков и шансов являются взаимонезависимыми при оптимизации. Если же они сильно коррелируют (в положительном или в отрицательном смысле), то трехмерная оптимизация вырождается в двухмерную, и это будет сразу заметно в ходе выполнения оптимизационных процедур.

Итак, цель настоящей работы – продемонстрировать подход к оптимизации инновационного портфеля одновременно в трех осях эффективность – риск – шанс с учетом рассмотрения полученных ранее научных результатов.

1. Существующие подходы к оптимизации портфеля инновационных проектов

Обозревая существующие подходы к оптимизации портфеля прямых инвестиций, мы говорим об оптимизации в парадигме *IRR* – риск для трех вариантов постановки задачи:

- дискретный случай, когда все бюджеты проектов фиксированы:
- непрерывный случай, когда все проекты могут масштабироваться, и бюджеты являются плавающими;
- комбинированный случай, когда в портфеле есть проекты обоих типов.
- 1.1. Подход Парето для дискретного случая. Рассмотрим совокупность из трех инновационных проектов в координатах среднеожидаемое *IRR*_{av} *Risk*, как это показано на рис. 1.

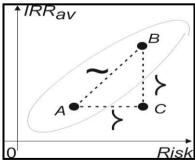


Рис. 1. Дискретное множество проектных альтернатив

На рис. 1 обозначены: IRR_{av} – среднеожидаемое значение нечеткого числа IRR по проекту, соответ-

ствующее наиболее вероятному сценарию раскрытия проекта; **Risk** – риск проекта, определяющийся по формуле:

$$Risk (N1) = Poss \{IRR < N1\}, \tag{1}$$

Из рис. 1 видно, что проект **В** имеет лучший, чем проект **С**, уровень среднего **IRR**, при одинаковом риске. В этом отношении, **В** доминирует **С** в смысле Парето [13, с.146-147]. Аналогично проект **А** имеет лучший, чем проект **С**, уровень риска при одинаковом **IRR**. Соответственно в математической записи:

$$A \ C; B \ C,$$
 (2)

где / – знак доминирования одного проекта над другим в смысле Парето (одновременно под двум критериям из двух).

Что же касается соотношения проектов **A** и **B**, то они опережают друг друга только по одному критерию из двух и, в соответствии с теорией Парето, являются недоминированными альтернативами:

$$A \sim B \tag{3}$$

Здесь ~ – знак отсутствия полного доминирования в смысле Парето.

Теперь в ходе структурирования портфеля необходимо придерживаться трех основных правил:

- все недоминированные проектные альтернативы могут войти в оптимальный инновационный портфель. И они все туда попадают, если вписываются в бюджетное ограничение на совокупный размер инвестиций;
- все доминированные альтернативы подлежат удалению из оптимального портфеля. Исключение составляют только те проекты, которые в существенной степени отрицательно коррелированы с недоминированными альтернативами. Обычно таким качеством обладают хеджирующие опционы, ориентированные на те или иные отдельные проекты. Доказано для непрерывного случая [13, с. 157], что даже доминированные альтернативы имеют шанс на попадание в оптимальный портфель. В этом случае, если хеджирование применяется, целесообразно рассматривать не исходный проект, а синтетическую сборку «проект + опцион»;
- если сумма инвестиционных бюджетов всех недоминированных альтернатив превышает портфельный бюджет, то надо выбрать порядок наполнения портфеля, в зависимости от меры терпимости инвестора к риску. Если инвестор является агрессивным, то заполнение портфеля идет в порядке снижения риска. Если инвестор консервативен, то наполнение идет по нарастанию доходности портфеля. Если терпимость к риску принимает средние значения, надо начинать наполнение портфеля проектами из точки «центра масс» множества недоминированных альтернатив, последовательно расходясь от геометрического центра этого множества к его крайним точкам. В случае рис. 1 в зависимости от бюджетного ограничения в оптимальный портфель может попасть пустое множество проектов, проект А или В, или оба проекта одновременно.

Когда кандидатами в портфель являются **М** проектов, то множество недоминированных проектных альтернатив выделяется путем попарного сравнения всех проектов между собой, таких вариантов сравнения **М** * (**M** – **1**) / **2**. Если в ходе сравнения выявляется полное доминирование, доминированный проект удаляется из перечня проектовкандидатов и больше не сравнивается ни с одним другим проектом. По завершении процедуры остаются только недоминированные альтернативы. Для случая рис. 1 общее число шагов сравнения три, но

процедура завершается уже на втором шаге, вне зависимости от порядка сравнения. По итогу оптимизации бюджетное ограничение сжимается до суммы всех инвестиций по отдельным проектам, отобранным в оптимальный портфель.

Таким образом, все приведенное выше описание следует рассматривать как неформальную процедуру оптимизации инновационного портфеля. Если *IRR*: каждого из проектов в оптимальном множестве - это нечеткие числа произвольного вида, и по каждому проекту известен его инвестиционный бюджет Іі,

і - номер проекта, то веса проектов в портфеле определяются по формуле:

$$x_i = \frac{I_i}{\sum_{i=1}^{M} x_i I_j}, \tag{4}$$

откуда следует естественное условие нормировки:

$$\sum_{i=1}^{M} x_i I = 1. {(5)}$$

Также выполняется приближенное равенство для **IRR** портфеля [1]:

$$IRR = \sum_{i=1}^{M} x_i IRR_i.$$
 (6)

Приближенность равенства (6) проистекает из того, что IRR портфеля формально не совпадает вполне точно с отдачей от портфеля на инвестированный в него капитал (ROI). Также относительно (6) надо сказать, что оно записано по правилам арифметики нечетких чисел Дюбуа-Прада, поэтому IRR - нечеткое число произвольного вида, представленное набором своих сегментных интервалов принадлежности. Оценка риска при сопоставлении числа *IRR* и норматива *N1* базируется на интервальной риск-оценке. Зафиксируем ординату α нечеткого числа *IRR* и произведем на этом уровне горизонтальное сечение. Образуется интервал [mina, max_{α}]. Локальный уровень риска на уровне α ($Risk_{\alpha}$) определяется на основе соотношения [13, с. 27]:

$$Risk_{\alpha} (N1) = \begin{cases} 0, N1 < min_{\alpha} \\ N1 - min_{\alpha} \\ max_{\alpha} - min_{\alpha} \end{cases}, N1 \in [min_{\alpha}, max_{\alpha}]. (7)$$

$$1, N1 > max_{\alpha}$$

И тогда интегральный риск [4]:

$$Risk(N1) = \int_{\alpha=0}^{1} Risk_{\alpha}(N1) d\alpha$$
. (8

Формула (8) может считаться и приближенно, с переходом от интегралов к виду взвешенного среднего (например, как в случае [1, с. 101-102]).

1.2. Нечетко-множественный подход для непрерывного случая. Если все проекты в инновационном портфеле являются масштабируемыми и обладают ограничениями на минимальный и максимальный размер бюджета [I_{imin}, I_{imax}], при сохранении бюджетного лимита на портфель I, то полное множество возможных портфелей проектов перестает быть дискретным и счетным, становится непрерывным.

На уровне весов ограничения на размер проекта выглядят так:

$$x_{imin} \le x_i \le x_{imax}, i = 1,...M, \tag{9}$$

причем весовые ограничения определяются по (4-5). Возникает феномен портфельного облака (рис. 2), у которого есть подмножество оптимальных портфелей в смысле Парето – эффективная граница портфельного облака.



Рис. 2. Эффективная граница портфельного множества [13]

Выделение эффективной границы в произвольных координатах осуществляется приближенным градиентным методом [1, 13]. Суть метода в следующем.

- В качестве нулевой итерации зафиксируем портфель, в котором 100% принадлежит инновационному проекту с максимальным уровнем среднеожидаемой внутренней нормы доходности проекта (правая точка эффективной границы портфеля). Может оказаться так, что этот проект не может выбрать весь бюджетный объем, в связи с существующими ограничениями на его бюджет. Тогда мы упорядочиваем все проекты в портфеле по убыванию среднеожидаемой *IRR* и формируем правую точку эффективной границы таким образом, чтобы получить в ней максимум *IRR* по портфелю, с учетом ограничений.
- Затем выделим некоторую долю-дискрет Δx_i , например 10% суммарной весовой меры портфеля. Попробуем перенаправить эту дискретную инвестицию из крайнего портфеля правой точки в сторону одного из проектов, с учетом непрерывной проверки ограничений вида (9). В результате такого ребалансинга возникает новый портфельс новыми характеристиками IRR_{av} и Risk. Планово, при сканировании эффективной границы справа налево, наблюдается одновременное снижение IRR_{av} на величину $\triangle IRR > 0$ и снижение риска Risk на величину $\Delta Risk > 0$. Обозначим:

$$Grad = \Delta IRR / \Delta Risk \tag{10}$$

градиент снижения доходности портфеля по уровню риска. Тогда, чтобы решить задачу оптимизации на очередном шаге итерации, необходимо потребовать, чтобы в ходе ребалансинга портфеля одновременно выполнялось два условия:

$$Grad = min, Grad > 0.$$
 (11)

Это соответствует формированию эффективной границы как набору недоминируемых альтернатив по Парето. Если правило минимального градиента не выполняется, то возникает доминированиепри ребалансинге портфеля: проигрыш по риску при сопоставимой доходности или проигрыш по доходности при сопоставимом риске (как для всех точек внутреннего портфельного облака на рис. 2).

3. В ходе сканирования эффективной границы мы рассматриваем все возможные варианты перенаправления дискрета $\Delta \boldsymbol{x}_i$, от актива с номером i к активу с номером ј с учетом ограничений вида (9).

- 4. Проходим эффективную границу справа налево, итерацию за итерацией, до тех пор, пока все возможные градиенты не становятся отрицательными. Это означает, что огибающая портфельного облака делает разворот, пройдя левую точку границы. Все остальные портфельные точки, находящиеся на огибающей портфельного облака, уже неоптимальны (доминируются точками эффективной границы). Здесь градиентный алгоритм останавливается.
- 1.3. Комбинированный случай. Комбинированный случай сводится к непрерывному случаю, за счет того, что по ряду проектов выражение (9) приобретает форму строгого равенства - проекты не масштабируются. В этом случае мы приходим к идее двуставочного дискрета $\Delta \mathbf{x}_i$: по масштабируемым проектам он составляет 0,1, а по проектам с фиксированным бюджетом формируется по бинарной логике: проект либо включается в портфель целиком. либо целиком исключается из него. В случае заведомого доминирования все проекты, проигрывающие какому-либо портфелю из состава эффективной границы, исключаются из процедуры оптимизаеще до ее старта. Тем самым рассматриваем только монотонные инновационные портфели [13, с. 153], для которых выполняется условие одновременного упорядочения как по критерию *IRR*, так и по критерию *Risk*:

$$IRR_1 > IRR_2 > ... > IRR_M$$
,
 $Risk_1 > Risk_2 > ... > Risk_M$. (12)

Также можно выбраковывать слабые проекты непосредственно в ходе процедуры оптимизации, если выяснится факт одновременного снижения IRR и риска по портфелю за счет добавления проекта в портфель. В этом случае условие монотонности (12) перестает выполняться. Таким образом, мы заранее «огрубляем» портфель, удаляя из него сомнительные компоненты, не рассчитывая на эффект отрицательной корреляции. Мы уже сделали оговорку выше, что реальные хеджирующие опционы, обладающие свойством отрицательной корреляции, должны пройти предварительную интеграцию с проектом, на который они направлены, с получением сборки «актив + опцион», которая и будет впоследствии участвовать в оптимизации на правах модернизированного проекта.

2. Прогнозирование *ROE* проекта в качестве нечеткого числа произвольного вида

При переходе на новый базис моделирования, с заменой *IRR* на *ROE* и с добавлением в список критериев для оптимизации категории шанса, необходимо уточнить основания для поиска *ROE* инновационного портфеля в форме нечеткого числа. Базовой идеей для такого подхода выступает формула Дюпона, рассмотренная с позиций системы сбалансированных показателей (ССП). В каноническом представлении она выглядит так [13, с. 95-96]:

$$ROE = 4P * O6\Pi * (1 + \Phi P),$$
 (13)

где $ROE = 4\Pi / CK$ — оборачиваемость собственного капитала проекта / портфеля (в процентах годовых):

- **ЧП** чистая прибыль по проекту в годовом выражении:
- **СК** средневзвешенное значение собственного капитала проекта;
- **ОбП = ВД** / Π оборачиваемость пассивов проекта (раз в год):
- **ВД** выручка по проекту без налога на добавленную стоимость (НДС) в годовом выражении:
- п среднегодовой размер пассивов проекта (валюта баланса);
 - **ФР = 3**К / СК финансовый рычаг (безразмерный); **3**К заемный капитал проекта.

Такое трехфакторное разложение **ROE** позволяет выявить значимые причины (драйверы) роста или спада эффективности проекта, измеряемые во времени (горизонтальный анализ, методика цепных подстановок).

В рассмотрении ССП анализ **ROE** по проекту проводится в контексте логических связей ключевых показателей бизнеса, как показано на рис. 3.

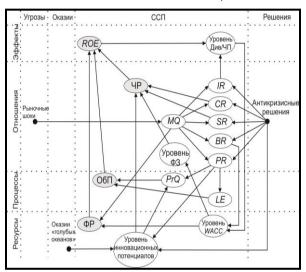


Рис. 3. Анализ ROE на основе ССП

Дадим краткое пояснение схеме на рис. 3. Обозначим (помимо уже введенного): *CR* (customer relationship) — уровень отношений с клиентами; *IR* (investor relationship) — уровень отношений с владельцами бизнеса и сторонними финансовыми инвесторами; *SR* (supplier relationship) — уровень отношений с поставщиками; *BR* (bank relationship) — уровень отношений с банками; *PR* (personnel relationship) — уровень отношений с персоналом; *LE* (labor efficiency) — уровень производительность труда; *PrQ* (process quality) — качество процессов в проекте; *MQ* (market quality) — качество рынка.

Все переменные типа «уровень», «качество» являются лингвистическими переменными в смысле Заде и определены на безразмерных носителях. Также обозначения: *WACC* (weight-averaged cost of capital) – средневзвешенная стоимость капитала; *ФЗ* – финансовые затраты, уровень выплат процентов по кредитам и займам в годовом выражении, *Див* – уровень дивидендных выплат в годовом выражении из объема чистой прибыли.

Проект развивается в условиях внешних вызовов положительной и отрицательной направленности (оказии и угрозы соответственно). Эти вызовы выступают в модели в качестве экзогенных переменных и обладают своими сценариями (разумеется, нечетко-логическими). Прикладываясь к переменным в составе ССП, они вызывают изменение их уровня, и это изменение передается дальше по нечетко-логической сети ССП, вызывая изменение уровня смежных показателей. Так, рыночные шоки оказывают воздействие на переменную МQ, и это воздействие ретранслируется на все уровни отношений проекта со своими ключевыми стейкхолдерами. В свою очередь оказии «голубых океанов» (т.е. возможности создания инновационных рыночных ниш, термин Ким Чан - Моборн [3]) прикладываются к переменной «уровень инновационных потенциалов» и наращивают этот уровень.

Также в модели присутствуют антикризисные решения по проекту, проводимые владельцами проекта и его топ-менеджментом. В первую очередь эти решения направлены на стабилизацию ухудшающихся отношений со стейкхолдерами в расчете на сохранение привычных параметров рентабельности операций. Поставщикам предлагаются более комфортные условия поставки, клиентам - отсрочки по платежам за товары и услуги, банкам - надежное соблюдение всех графиков платежей, а также возможность снизить или стабилизировать процентную ставку по кредитам. Акционерам предлагается не изымать деньги из проекта в форме дивидендов, по крайней мере, до завершения очередной волны кризиса; в качестве паллиатива, заключаются опционные соглашения по выкупу долей проекта на оговоренных условиях в будущем и варианты дофинансирования проекта на условиях повышенной доходности. Все это в конечном счете приводит к снижению уровня **WACC** и **Ф3**, повышая **ЧР** за этот счет.

В части работы с персоналом проекта предлагаются схемы мотивации, направленные на рост производительности труда и на рост качества процессов. Помимо всего прочего, руководство проектом финансирует инвестиционную программу, направленную на позиционирование проекта в фокусной рыночной нише; это в свою очередь приводит к возможности формировать умеренно-высокий размер наценки на товары и услуги, т.е. кардинально повышать ЧР, за счет эксклюзивности предложения. Такой эффект невозможен, если инновации продвигаются в «алом океане», т.е. на высококонкурентном рынке стандартного товара; там в принципе невозможно управление ЧР, она находится на минимальном уровне. Собственно, «алый океан» - это рыночное пространство с использованием многократно копированных и воспроизведенных инноваций, переставших быть инновациями.

Аналогичная работа по моделированию ССП в нечеткой постановке задачи была проведена в [11]. Здесь мы опускаем выкладку модельных описаний, в целях сохранения прозрачности изложения, и сразу же переходим к результату моделирования. Теперь *ROE* из (13) – это нечеткое число произвольного вида, вкупе с *ЧР*, *ОбА* и *ФР* (рис. 4), причем ле-

вый и правый фронт нечеткого числа **ROE** аффектированы финансовыми и реальными опционами противоположной направленности. Хеджирующие опционы осуществляют усечение на левом фронте числа **ROE**, форсирующие опционы — доставляют излом на правом фронте числа. Оценку по (13) нужно производить по правилам интервальной арифметики Дюбуа-Прада [17].

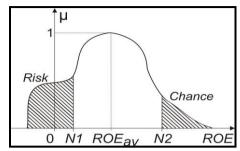


Рис. 4. Вид нечеткого числа *ROE* по инновационному проекту

На рис. 4 обозначено μ – значение функции принадлежности для нечеткого числа $\pmb{ROE}, \, \mu \in [0, 1].$

Переопределим риск и шанс инновационного проекта заново. Теперь, по аналогии с (1),

$$Risk(N1) = Poss \{ROE < N1\}, \qquad (14)$$

Chance
$$(N2) = Poss \{ROE > N2\},$$
 (15)

где **N2** — норматив на экстремальную доходность инновационного проекта в случае его успешного раскрытия и выхода в «голубой океан». Все проекты в инновационном портфеле, так или иначе, должны найти свой «голубой океан», но у каждого из них требования по доходности **N1** и **N2** будут свои (выступать в качестве рациональных ограничений в ходе оптимизации портфеля).

Теперь при переходе от ROE проектов к ROE портфеля по аналогии с (6),

$$ROE = \sum_{j=1}^{M} x_i ROE_j . (16)$$

причем (16), в отличие от (6), выполняется точно.

Любопытный нюанс – это управление финансовым рычагом проекта ФР. С одной стороны, в соответствии с формулой Дюпона наращивание рычага на раскрывающемся рынке приводит к росту *ROE*. Однако не все так однозначно. Во-первых, привлекаемый заемный капитал проекта может быть слишком дорогим и некомфортным для него; процентные выплаты могут «убить» всю операционную прибыль. Во-вторых, наращивание ФР против рынка может привести к образованию «токсичных» активов и пассивов, когда активы теряют ликвидность, выпадая из оборота и иммобилизуя вложенный в них заемный капитал. Как следствие – отрицательные *ЧР* и *ROE*. А в-третьих, возникает дополнительный риск-фон, связанный с ухудшением взаимоотношений с банками и финансовыми инвесторами, и это - в порядке развития последствий - обязательно скажется на **ROE**, но уже через ухудшение условий кредитования в целом. Все это напрямую касается содержания теоремы Модильяни-Миллера о том, что стоимость бизнеса обуславливается только размером его собственного капитала. Эта теорема справедлива только в одном случае: если игнорировать риски и шансы бизнеса, связанные с использованием заемного капитала. Если же исследовать ситуацию в полноте, то выясняется, что теорема Модильяни-Миллера не работает; вернее, работает неправильно.

3. Алгоритм градиентной оптимизации портфеля инновационных проектов с учетом действия реальных опционов

Теперь наш инновационный портфель определен в трехмерном пространстве *ROE*_{av} – *Risk* – *Chance* и подлежит оптимизации с учетом всего накопленного опыта, изложенного в предыдущем разделе статьи.

3.1. Подход Парето для дискретного случая. В трехмерной задаче факт доминирования в смысле Парето устанавливается уже не по двум, а одновременно по трем критериям: среднеожидаемое *ROE*, риск и шанс. Попарное сравнение проектов с выбрасыванием доминированных проектов из портфеля приводит нас к оптимальному подмножеству портфелей, основанному на недоминированных проектных альтернативах. *ROE* для этих портфелей оценивается по (16), риск – по (14), а шанс – по (15), причем в качестве *N1* и *N2* выступают уже рациональные требования на доходность по портфелю в целом (для случаев определения риска или шанса по отдельности, как это показано на рис. 4).

И вот здесь есть важная особенность: система инвестиционных предпочтений владельца инновационного портфеля уточняется. Появляются уже не два классических поведенческих вектора, а три.

- Вектор А. Инвестор делает ставку на максимизацию *ROE*_{av}, применительно к общим условиям существования портфеля. Такой тип инвестора – это венчурный фонд посевного типа. В этом случае применительно к задаче оптимизации *ROE*_{av} – это целевая функция, а *Risk* и *Chance* – ограничения сверху-снизу (вкупе с весовыми инвестиционными ограничениями).
- 2. Вектор Б. Инвестор делает ставку на минимизацию риска инновационного портфеля. Такое поведение является нетипичным и нишевым. В данном случае речь идет о склонности частных неспециализированных фондов (обычно, семейного типа) инвестировать в инновационные портфели (обычно, отраслевой направленности), как бы отдавая дань родовым традициям. Но. делая такие инвестиции, фонды ревностно минимизируют риск, так как это напрямую смыкается с пенсионными планами владельцев бизнеса (чрезмерная волатильность результата фондом не приветствуется). В таком портфеле обычно есть выраженное присутствие хеджирующих финансовых и реальных опционов, они занимают в портфеле весомую долю. Мы уже говорили о том, что инновации – это риск. Вероятно, инвестиции семейных фондов и инновационные портфели – не вполне совместимое дело. Как бы там ни было, применительно к вектору Б риск – это целевая функция, а **ROE**_{av} и **Chance** – ограничения снизу.
- 3. Вектор В. Инвестор максимизирует шанс, т.е. рассматривает инновационный портфель не в качестве самостоятельного инвестиционного проекта, а в качестве реального опциона для действующего бизнеса. В этом случае важно не сколько заработать денег, сколько войти в рыночную нишу и «закрыть за собой дверь», т.е. обеспечить временную монополию в занятой рыночной нише. В этом случае будущая доходность от инновации это эффект от правильно сделанного де-

ла. Тогда шанс – это целевая функция, риск – ограничение сверху, а **ROE** – ограничение снизу.

В зависимости от намерений владельца инновационного портфеля, есть три процедуры возможной оптимизации портфеля с учетом выдерживания бюджетного ограничения / на размер портфеля.

- 1. По вектору А: обходить подмножество оптимальности портфеля справа налево по оси ROE_{av}. В рамках сканирования оси делать повторный внутренний выбор проектов, сначала принимая в портфель проекты с меньшими рисками (ограничение сверху), а уже потом с большими шансами (ограничение снизу). В этом подходе снижение риска, как движение по наполнению портфеля, является более предпочтительным, чем движение в направлении роста шанса.
- По вектору Б: обходить подмножество оптимальности портфеля слева направо по оси Risk. В рамках сканирования оси делать повторный внутренний выбор проектов, сначала принимая в портфель проекты с большими уровнями ROE_{av} (ограничение снизу), а уже потом – с большими шансами (также ограничение снизу). Снова шанс не так важен.
- 3. По вектору В: а вот здесь шансы принципиальны. Поэтому в ходе оптимизации мы обходим подмножество оптимальности справа налево по оси Chance. Далее предпочтение отдается уже доходности ROE, потому что одновременно максимизировать шансы и минимизировать риски занятие проблемное. Ось Risk получает в ходе оптимизации второй приоритет (сугубо в плане выдерживания ограничений на размер риска сверху).

Когда портфель наполняется инновационными проектами «под завязку», и начинает нарушаться бюджетное ограничение *I*, процедура оптимизации завершена.

3.2. Нечетко-множественный подход для непрерывного случая. При переходе от двумерного случая к трехмерному, портфельное облако — это уже не плоская фигура в осях $ROE_{av} - Risk$, а объемная фигура в осях $ROE_{av} - Risk$. Покрывающая сверху этот объем поверхность — суть эффективная граница портфельного множества, выявляемая в ходе оптимизации. Шанс в нашем случае — это целевая функция, отвечающая вектору инвестиционного поведения B. В этой постановке, задача оптимизации формально записывается следующими условиями.

Найти вектор распределения весов проектов в портфеле $\{x_i\}$, для которого:

Chance (N2) \rightarrow max, $ROE_{av} \ge fix$ (ROE), $Risk \le fix$ (Risk), $x_{imin} \le x_i \le x_{imax}$, i = 1,...M

Градиентный метод, описанный в п. 1.2 статьи, трансформируется на трехмерный случай путем введения пары следующих градиентов:

Grad1 =
$$\triangle$$
Chance / \triangle ROE_{av},
Grad2 = \triangle Chance / \triangle Risk. (18)

Для градиента *Grad1* мы требуем отрицательности и минимальности по модулю, для градиента *Grad2* мы требуем положительности и минимальности, в ходе сканирования эффективной поверхности портфельного множества.

Основанием для выбрасывания проекта из портфеля в ходе оптимизации является одновременное возникновение положительного градиента *Grad1* и отрицательного градиента *Grad2*, когда наблюдается одновременное ухудшение всех трех критериев *{ROE, Risk, Chance}*} при ребалансинге портфеля в ходе оптимизации. Общий же алгоритм оптимизации в нашем случае, реализуемый при выдерживании всех ограничений из состава соотношений (17), выглядит следующим образом.

1. В качестве нулевой итерации зафиксируем портфель, в котором x_{imax} принадлежит инновационному проекту с максимальным уровнем шанса. Дозаполняя портфель до единичного веса высокошансовыми решениями, фиксируем правую точку эффективной границы портфеля. Помечаем значение риска в этой точке, условно полагая его максимальным, не превышающим fix (Risk), а также значение ROE_{av}, которое условноминимально, но не ниже уровня fix(ROE). Назовем эту правую точку АЛЕФ, или исток процедуры оптимизации. Процедура оптимизации отображена на рис. 5.

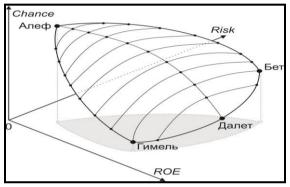


Рис. 5. Эффективная поверхность портфельного множества и направляющие линии оптимизации

- 3. Снова возвращаемся в точку АЛЕФ. Проводим процедуру двукритериальной оптимизации, на сей раз с использованием градиента Grad1 и дискрета △ROE, одновременно применяя градиент Grad2 в качестве контрольного параметра (на предмет отбрасывания доминирующих альтернатив). В левой точке этой новой выделенной линии мы, по схеме, имеем условномаксимальный ROE. Назовем эту точку ГИМЕЛЬ. Если в ходе оптимизации ROE не растет, то оптимизация по этой линии не осуществляется (линия сжимается в точку, ГИМЕЛЬ = АЛЕФ), и тогда эффективная поверхность вырождается в линию АЛЕФ БЕТ, процедура оптимизации завершена.
- 4. Если точки ГИМЕЛЬ и АЛЕФ не склеились, последний раз возвращаемся в точку АЛЕФ и теперь используем оба градиента при оптимизации совместно, с дискретами △Risk и △ROE_{av}, одновременно проводя ребалансинг по доходности и по риску, с последовательным снижением шанса портфеля (риск падает, ROE_{av} растет). Последовательное движение по этой линии на эффективной границе приводит нас в точку ДАЛЕТ.

- 5. Далее мы считаем, что все оптимальные портфельные решения локализованы на фрагменте эффективной поверхности, очерченной в трех криволинейных направляющих АЛЕФ-БЕТ, АЛЕФ-ГИМЕЛЬ, АЛЕФ-ДАЛЕТ. С учетом точек, идентифицированных на этих линиях, мы восстанавливаем сетку на эффективной поверхности (grid), проходящую через полученные на ранних стадиях оптимизации точки. Сетку можно выстраивать, используя свойство выпуклости эффективной поверхности, методом параболической сплайн-интерполяции. В частности, мы соединяем параболическими сплайнами точки БЕТ и ДАЛЕТ, ГИМЕЛЬ и ДАЛЕТ.
- 6. Построив сетку из сплайнов, мы восстанавливаем координаты оптимальных портфелей на этой сетке методом последовательных приближений. Зафиксировав известную портфельную точку на направляющей, мы совершаем переход в направлении ближайшей точки на пересечении сплайн-линий, стараясь подобрать новую портфельную точку в максимальном приближении к координатам точки пересечения. Когда такое приближение установлено, мы замещаем эту точку пересечения сплайн-линий фактической портфельной точкой, тем самым проводя верификацию координат уже фактической эффективной поверхности.
- 7. Когда эффективная граница верифицирована таким образом, можно на ней найти решение, которое в целом удовлетворяет владельца портфеля. Для этого надо обежать все верифицированные точки эффективной границы, распространяясь от точки АЛЕФ вниз вдоль направляющих АЛЕФ-БЕТ, АЛЕФ-ГИМЕЛЬ, АЛЕФ-ДАЛЕТ, отступая от этих направляющих влево и вправо по поверхности. Выбирая такое оптимальное портфельное решение, владелец портфеля руководствуется своими дополнительными внутренними соображениями, как-то:
 - спрос на шанс;
 - терпимость к риску;
 - запрос на дополнительную доходность инвестиций по портфелю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной научный результат настоящей работы - это введение в полноценный научный оборот категории «шанс портфеля», для целей применения этого критерия в ходе оптимизации портфеля инновационных проектов. Настоящее раскрытие категория «шанс» получает именно в задачах управления инновациями, поскольку управление портфелем инновационных проектов предполагает у его владельца высокую степень терпимости к рискам, выражая подлинную суть предпринимательства. Как говорится, «кто не рискует, тот не пьет шампанского»; на языке научных категорий это высказывание имеет следующий смысл: управляя шансами, надо мириться с рисками. Да, и рисками инновационной деятельности нужно управлять, но во вторую очередь. В первую очередь необходимо создать условия для прорыва в ниши «голубых океанов», и за саму возможность такого прорыва надо заплатить, приобретя входные билеты инвестиций в инновационные проекты.

Сам по себе инновационный портфель, если он реализуется в рамках действующего бизнеса, играет роль реального опциона для этого бизнеса. Без него бизнес не сможет вырасти на новую высоту, приобрести свойства «организационного бессмертия», когда поддержание на плаву холдинга с традиционными технологиями совершается за счет «прорастания» инновационных стартапов и – как следствие — кардинальной модернизации технологического базиса основного бизнеса.

Оптимизация в трехмерном поле $\{ROE_{av}, Risk, Chance\}$, эскизно описанная в настоящей статье, открывает новые горизонты исследований, но и ставит новые вопросы. Весьма необычно, что в качестве целевой функции в задаче оп-

тимизации выступает не доходность, а шанс. Сама по себе эффективная поверхность портфельного множества может оказаться негладкой, содержать уступы и разрывы (за счет применения опционов и исполнения ограничений). Все это затрудняет процедуру оптимизации и верификации портфельных точек на эффективной поверхности. Если стандартная двухкритериальная портфельная оптимизация вещь, достаточно изученная в теории портфеля прямых инвестиций, то новый подход еще должен пройти «обкатку» в последующих научных изысканиях.

Литература

- Абдулаева З.И. Стратегический анализ инновационных рисков [Текст] / З.И. Абдулаева, А.О. Недосекин. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 146 с.
- Абдулаева З.И. Учет рисков и шансов при оценке стоимости компаний (нечеткий подход) [Текст] / А.О. Недосекин, З.И. Абдулаева // Аудит и финансовый анализ. – 2012. – №2. – С. 156-160.
- Ким Чан В. Стратегия голубого океана [Текст] / В. Ким Чан, Р. Моборн. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. – 304 с.
- Козловский А.Н. Инновационный проект: эффективность, риск, шанс [Электронный ресурс] / А.Н. Козловский // Novalnfo. – 2016. – №45-1. Режим доступа: http://novainfo.ru/article/5802.
- Недосекин А.О. Корреляционная матрица и ее роль в оптимизации фондового портфеля [Электронный ресурс] / А.О. Недосекин, Д.Н. Бессонов. URL: http://www.mirkin.ru/_docs/articles03-052.pdf.
- Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний [Текст] : автореф. дисс. ... д-ра экон. наук / А.О. Недосекин. СПб. : СПбГУЭФ, 2004. 280 с.
- Недосекин А.О. Оптимизация бизнес-портфеля, содержащего реальные опционы [Текст] / А.О. Недосекин, З.И. Абдулаева // Аудит и финансовый анализ. – 2013. – №1. – С. 249-253.
- Недосекин А.О. Оптимизация портфеля торговых роботов на деривативах [Текст] / А.О. Недосекин, З.И. Абдулаева // Аудит и финансовый анализ. – 2015. – №6. – С. 416-422.
- 9. Недосекин А.О. Оценка риска бизнеса на основе нечетких данных [Текст] : монография / А.О. Недосекин. СПб. : М-пресс, 2005. 100 с.
- Недосекин А.О. Парадокс «волатильность риск» в задачах портфельного анализа [Текст] / А.О. Недосекин,
 З.И. Абдулаева // Тр. XIX Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2016): 25-27 мая 2016 г. СПб.: СПБГЭТУ «ЛЭТИ», 2016.
- Недосекин А.О. и др. Разработка системы сбалансированных показателей (ССП) для морской нефтегазовой смешанной компании (МНСК) с использованием нечетко-множественных описаний [Текст] / А.О Недосекин, З.И. Абдулаева, М.Ю. Шкатов // Аудит и финансовый анализ. 2013. №3. С. 126–134.
- Недосекин А.О. и др. Управление ценовыми рисками нефтегазовой отрасли России [Текст] / А.О Недосекин, В.Ю. Калюта, Я.О Терновая. – СПб. : Изд-во СПбГГУ, 2015. – 182 с.
- Недосекин А.О. Финансовая математика. Основы финансовой математики. Анализ и моделирование финансовых рынков [Текст] / А.О. Недосекин, З.И. Абдулаева. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 220 с.
- Недосекин А.О. Финансовый менеджмент на нечетких множествах [Текст] / А.О. Недосекин // Аудит и финансовый анализ. – 2003. – 184 с.

- Паттерсон С. Кванты [Текст] / С. Паттерсон. М. : Манн, Иванов и Фербер. – 2013. – 379 с.
- Chopra V.K. The effects of errors in means, variances and covariances in optimal portfolio choice [Text] / V.K. Chopra, W.T. Ziemba // J. of portfolio management . – 1993. – No. 2. – Also in the access mode: URL: https://faculty.fuqua. duke.edu/~chavey/Teaching/BA453_2006/Chopra_The_effect_of_1993.pdf.
- Dubois D. Fuzzy sets and systems [Text] / D. Dubois, H. Prade. – N.Y.: Academic Press, 1980.
- Kahneman D., Tversky A. Prospect theory: an analysis of decision under risk [Text] / D. Kahneman, A. Tversky // Econometrica. – 1979. – No. 47. – Pp. 313-327.
- Puri M.L. Fuzzy random variables [Text] / M.L. Puri,
 D.A. Ralesku // J. math. anal. appl. 1986. Pp. 409-422.

Ключевые слова

Портфель; эффективность; риск; подход Парето; обобщенный градиентный метод; портфельное облако; эффективная граница; система сбалансированных показателей (ССП); **ROE**.

Недосекин Алексей Олегович

Абдулаева Зинаида Игоревна

Козловский Александр Николаевич

РЕЦЕНЗИЯ

Рецензируемая статья посвящена актуальной проблеме оптимизации портфелей инновационных проектов, с введением в периметр оптимизации фактора «шанс», который выступает в задаче оптимизации в качестве целевой функции. Этот подход является нетрадиционным, поскольку обычно в портфельных задачах в качестве целевой функции выступают эффективность или доходность. Но в данном случае заявленный подход является полностью оправданным, поскольку для инновационных портфелей на действующем предприятии принципиально важно — прорваться в нишу «голубого океана» (в смысле Ким Чан — Моборн) и занять ее; экономический эффект, связанный с данной операцией, является отложенным, хотя и подлежит нормировке.

Оптимизация портфеля проводится в нечеткой постановке задачи, когда доходность *ROE* представляет собой нечеткое число произвольной формы, а риск и шанс определяются по этому числу, на основе рациональных нормативов доходности *N1* и *N2* соответственно. Определение *ROE* в такой форме возможно в ходе построения специальной модели на основе системы сбалансированных показателей с нечеткими связями.

Оптимизация портфеля в трехмерном поле проводится приближенным градиентным методом с формированием эффективной границы портфельного множества в виде поверхности, форму которой приходится уточнять в ходе приближения координат границы сплайн-линиями. Это существенно более сложная конструкция алгоритма, чем для двухмерного случая, который вполне подробно описан в предыдущих работах тех же авторов.

Материал статьи является новым и оригинальным, не содержит государственной тайны и коммерческих секретов третьих сторон.

Считаю, что статья может быть опубликована в открытой научной печати.

Рейшахрит Е.И., д.э.н., доцент, профессор, кафедра экономики, учета и финансов Санкт-Петербургского горного университета. г. Санкт-Петербург.

Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ