УДК 336.71 : 303.09 : 001.895

С.Б. ЕГОРЫЧЕВА, доктор экон. наук, профессор
Заведующий кафедрой финансов и банковского дела
ВУЗ Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли»
г. Полтава, Украина
yehorycheva.sb@gmail.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПОРТФЕЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ БАНКА

Аннотация. *В статье рассматриваются проблемы, связанные с созданием совокупности инновационных проектов как заключительной стадии разработки инновационной стратегии банка. На основе использования методов исследования операций разработана модель формирования оптимального портфеля инновационных проектов.*

Ключевые слова: *банк, инновационная стратегия, инновационный проект, оптимальный портфель проектов, многокритериальная модель.*

Введение. Несмотря на сложные современные условия функционирования банковского бизнеса, перспективы его развития связаны с активизацией инновационной деятельности, которая в наше время состоит не только во внедрении новых продуктов и услуг, креативных решений в маркетинге и клиентском обслуживании, но и в изменении бизнес-моделей и даже концепций ведения банковского дела.

Вместе с тем, инновации становятся источником развития только при условии создания благоприятной среды для их разработки и реализации. Поэтому особое значение приобретает стратегическое управление инновационным процессом, которое ориентирует банки на создание максимальной потребительской ценности для клиентов, позволяет гибко реагировать на изменения внешней среды, обеспечивать и удерживать конкурентные преимущества в долгосрочной перспективе. Руководство банковских учреждений все чаще сталкивается с проблемами выбора, формирования и реализации инновационных стратегий, что обуславливает необходимость разработки соответствующих методов и приемов управления инновационными процессами.

Результаты и их обсуждение. Разработка инновационной стратегии банка, как и любого другого хозяйствующего субъекта, является сложным многоэтапным процессом [1]. Планом ее реализации становится разработанная подразделениями банка совокупность инновационных проектов, которые различаются сроками осуществления, объемами финансирования, необходимыми квалификационными и организационными ресурсами, степенью риска, которая связана с неопределенностью шансов на благоприятный исход, и пр.

В рамках системного подхода перед руководством банка возникают две взаимосвязанные задачи: определить, какие из предложенных проектов являются лучшими (проблема оценки), а также создать такую совокупность, портфель проектов, которые будут наилучшим образом соответствовать ранее определенным целям банковского учреждения (проблема балансирования). При этом обязательно должен анализироваться характер инновационных решений: радикальные – инкрементальные; системные – локальные; те, которые можно реализовать собственными силами, – те, которые нуждаются во внешней кооперации, и тому подобное. Поэтому актуальной теоретической и практической задачей является разработка алгоритма формирования сбалансированного портфеля инновационных проектов, что будет непосредственно влиять на эффективность реализации инновационной стратегии.

Следует отметить, что эта проблема относится к числу наиболее сложных задач управления инновационной деятельностью. К основным факторам сложности при принятии решений по формированию оптимального портфеля инновационных проектов следует отнести:

– ограниченность ресурсов, выделяемых на финансирование портфеля;

– значительное количество вариантов реализации механизма формирования;

– большое количество факторов экономического влияния на формирование оптимальной структуры портфеля;

– влияние человеческого фактора на процесс принятия решений и обусловленная им доля субъективизма;

– необходимость одновременного достижения нескольких критериев оптимальности инновационного портфеля;

– неопределенность большинства параметров, от которых зависит выбор эффективного решения, и, как следствие, увеличение риска при формировании набора инновационных проектов.

Однако указанные проблемы не отрицают возможности решения поставленной задачи, а лишь подчеркивают необходимость применения для этого рационального подхода на основе, в частности, такого научного направления, как исследование операций.

Общая постановка задачи исследования операций имеет следующий вид: найти экстремальное значение функции

$$F\left(x_1, x_2, ..., x_n\right) \quad (1)$$

при ограничениях

$$\varphi_i\left(x_1, x_2, ..., x_n\right) \le b_i,\ i = 1, 2, ..., m \quad (2)$$

$$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right) \in X, \quad (3)$$

где $F\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)$, $\varphi_i\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)$ – некоторые функции, b_i – положительные числа, X – множество значений переменных $x_1, x_2, ..., x_n$.

Критерий оптимизации (1) носит название целевой функции, множество неравенств вида (2) образует систему ограничений задачи, а выражение (3) задает ограничения на переменные величины.

Если все функции $F\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)$, $\varphi_i\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)$ являются линейными, а все переменные $x_1, x_2, ..., x_n$ – неотрицательными, то задача (1) – (3) относится к классу задач линейного программирования, которые имеют вид

$$\sum_{j=1}^{n} c_j x_j \to \max\left(\min\right) \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \le b_i,\ i = 1, 2, ..., m \quad (5)$$

$$x_j \ge 0,\ j = 1, 2, ..., n, \quad (6)$$

где c_j, a_{ij}, b_i – действительные числа.

Класс задач, в которых значения xj могут выбираться только из двоичного множества, получил название задач булевого программирования. К ним относится и так называемая «задача о ранце» (определить такой набор предметов, который бы помещался в ранец, чтобы суммарная ценность взятых предметов была максимальной). Именно она может считаться базовой для создания модели формирования оптимального портфеля инновационных проектов банка – с точки зрения его структуры, объемов финансирования, уровня рисков.

Для построения модели применим такую последовательность шагов:

– определение переменных модели и множества их значений;

– определение коэффициентов целевой функции и ее запись в виде символьного математического выражения;

– последовательное определение параметров уравнений и неравенств, из которых будет сформирована система ограничений модели.

Пусть множество инновационных проектов, из которых может быть сформирован портфель, содержит N проектов. Каждый проект относится к одному из T видов инноваций (продуктовые, процессные, маркетинговые, организационные, в соответствии с классификацией Руководства Осло [2, с. 57-64]). Кроме того, каждый инновационный проект по степени радикальности разрабатываемой инновации может быть радикальным или инкрементальным (модифицирующим, улучшающим). Пусть среди проектов i-го типа есть $t_i^{(rad)}$ радикальных и $t_i^{(inc)}$ инкрементальных. Тогда

$$\sum_{i=1}^{T}\left(t_i^{(rad)}+t_i^{(inc)}\right)=N$$

Обозначим через $x_{ij}^{(rad)}$ индикатор вхождения ($x_{ij}^{(rad)}=1$) или невхождения ($x_{ij}^{(rad)}=0$) j-го радикального инновационного проекта типа i, $i=1,2,...,T$, $j=1,2,\ldots,t_i^{(rad)}$.

Если инновационный проект является инкрементальным, то соответствующий индикатор обозначим через $x_{ij}^{(inc)}$. При этом нумерация проектов в пределах одного типа i зависит от степени радикальности определенной инновации. Например, если среди семи проектов второго типа есть 4 радикальных и 3 инкрементальных, то $i=2$, $t_2^{(rad)}=4$, $t_2^{(inc)}=3$, а их индикаторы будут обозначены следующим образом:

$$x_{21}^{(rad)},x_{22}^{(rad)},x_{23}^{(rad)},x_{24}^{(rad)},x_{21}^{(inc)},x_{22}^{(inc)},x_{23}^{(inc)}$$

Перейдем к определению целевых функций модели. Наиболее очевидным критерием оптимальности портфеля инновационных проектов банка является максимизация полезного эффекта, который может быть определен различными показателями – как чисто финансовыми (прибыльность), так и комплексными (например, бальными), которые будут учитывать и другие, кроме финансовых, результаты инновационной деятельности. Общий полезный эффект портфеля зависит от объема ресурсов и полезности (рентабельности) каждого проекта, который входит в планируемый портфель.

Обозначим через $V_{ij}^{(rad)}$, $V_{ij}^{(inc)}$ объем ресурсов, необходимых для выполнения радикального или инкрементального j-го проекта i-го типа, а через $D_{ij}^{(rad)}$, $D_{ij}^{(inc)}$ – их рентабельность.

Тогда критерий максимизации прибыльности портфеля проектов будет иметь вид:

$$\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} D_{ij}^{(rad)}\cdot V_{ij}^{(rad)}\cdot x_{ij}^{(rad)}+\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} D_{ij}^{(inc)}\cdot V_{ij}^{(inc)}\cdot x_{ij}^{(inc)}\right)\to\max .$$

Другим критерием оптимальности портфеля инновационных проектов следует считать совокупный риск их реализации, который должен быть минимизирован. Рискованность каждого проекта может быть определена по скоринговой системе. Пусть для j-го радикального инновационного проекта типа i она будет равняться $R_{ij}^{(rad)}$, а для инкрементального – $R_{ij}^{(inc)}$. Тогда критерий минимизации риска будет иметь вид:

$$\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} R_{ij}^{(rad)}\cdot V_{ij}^{(rad)}\cdot x_{ij}^{(rad)}+\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} R_{ij}^{(inc)}\cdot V_{ij}^{(inc)}\cdot x_{ij}^{(inc)}\right)\to\min .$$

Перейдем к формированию системы ограничений модели. Первое ограничение – это ограничение на объем ресурсов. Так как по условию задачи ресурс является единым, то есть изначально не разделенным по типам проектов, то в левую часть ограничения включаем все инновационные проекты с соответствующими объемами ресурсов и индикаторами вхождения, а в правую – общий объем ресурсов V, выделенных на весь портфель:

$$\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} V_{ij}^{(rad)} \cdot x_{ij}^{(rad)} + \sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} V_{ij}^{(inc)} \cdot x_{ij}^{(inc)}\right) \le V$$

Построим ограничения по общей рентабельности (полезности) портфеля проектов. Эта величина не должна быть меньше конкретного показателя, определенного стратегией банка, например, безрисковой ставки доходности. Таким образом, имеем следующее ограничение:

$$\frac{\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} D_{ij}^{(rad)} \cdot V_{ij}^{(rad)} \cdot x_{ij}^{(rad)} + \sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} D_{ij}^{(inc)} \cdot V_{ij}^{(inc)} \cdot x_{ij}^{(inc)}\right)}{V} \ge D_0 .$$

Следующие три ограничения касаются количественного состава портфеля по видам и степени радикальности внедряемых инноваций, которые, в конечном итоге, определяются характером инновационной стратегии банка и выбранными ее направлениями. На основании этого банк определяет границы вариабельности доли проектов по каждому из типов в будущем инновационном портфеле.

Обозначим через $\underline{\tau}_i$ и $\overline{\tau}_i$, соответственно, нижнюю и верхнюю границу доли проектов i-го типа в портфеле. Тогда имеем следующее ограничение:

$$\underline{\tau}_i \le \frac{\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} x_{ij}^{(rad)} + \sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} x_{ij}^{(inc)}}{\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} x_{ij}^{(rad)} + \sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} x_{ij}^{(inc)}\right)} \le \overline{\tau}_i \quad , i = 1, 2, ..., T . \tag{7}$$

Обозначим через $\underline{inc}$, $\overline{inc}$, $\underline{rad}$, $\overline{rad}$, соответственно, нижние и верхние границы доли инкрементальных и радикальных проектов в портфеле. Тогда имеем такие ограничения:

$$\underline{rad} \le \frac{\sum_{i=1}^{T}\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} x_{ij}^{(rad)}}{\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} x_{ij}^{(rad)} + \sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} x_{ij}^{(inc)}\right)} \le \overline{rad} \tag{8}$$

$$\underline{inc} \le \frac{\sum_{i=1}^{T}\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} x_{ij}^{(inc)}}{\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} x_{ij}^{(rad)} + \sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} x_{ij}^{(inc)}\right)} \le \overline{inc} \tag{9}$$

Если определять ограничения не по количеству проектов, а по доле ресурсов, находящихся под определенным риском, то нужно умножить соответствующие части ограничений (8) – (9) на $V_{ij}^{(rad)}$ или $V_{ij}^{(inc)}$.

В итоге, имеем следующую модель формирования оптимального портфеля инновационных проектов банка:

$$F_1=\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} D_{ij}^{(rad)}\cdot V_{ij}^{(rad)}\cdot x_{ij}^{(rad)}+\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} D_{ij}^{(inc)}\cdot V_{ij}^{(inc)}\cdot x_{ij}^{(inc)}\right)\to \max \qquad (10)$$

$$F_2=\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} R_{ij}^{(rad)}\cdot V_{ij}^{(rad)}\cdot x_{ij}^{(rad)}+\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} R_{ij}^{(inc)}\cdot V_{ij}^{(inc)}\cdot x_{ij}^{(inc)}\right)\to \min \qquad (11)$$

$$\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} V_{ij}^{(rad)}\cdot x_{ij}^{(rad)}+\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} V_{ij}^{(inc)}\cdot x_{ij}^{(inc)}\right)\le V \qquad (12)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} D_{ij}^{(rad)}\cdot V_{ij}^{(rad)}\cdot x_{ij}^{(rad)}+\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} D_{ij}^{(inc)}\cdot V_{ij}^{(inc)}\cdot x_{ij}^{(inc)}\right)}{V}\ge D_0 \qquad (13)$$

$$\underline{\tau_i}\le\frac{\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} x_{ij}^{(rad)}+\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} x_{ij}^{(inc)}}{\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} x_{ij}^{(rad)}+\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} x_{ij}^{(inc)}\right)}\le\overline{\tau_i}\ ,\quad i=1,2,\ldots,T \qquad (14)$$

$$\underline{rad}\le\frac{\sum_{i=1}^{T}\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} x_{ij}^{(rad)}}{\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} x_{ij}^{(rad)}+\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} x_{ij}^{(inc)}\right)}\le\overline{rad} \qquad (15)$$

$$\underline{inc}\le\frac{\sum_{i=1}^{T}\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} x_{ij}^{(inc)}}{\sum_{i=1}^{T}\left(\sum_{j=1}^{t_i^{(rad)}} x_{ij}^{(rad)}+\sum_{j=1}^{t_i^{(inc)}} x_{ij}^{(inc)}\right)}\le\overline{inc} \qquad (16)$$

$$x_{ij}^{(rad)},\ x_{ij}^{(inc)}\in\{0,1\} \qquad (17)$$

Модель (10) – (17) относится к задачам многокритериальной оптимизации. Для решения сформулированной задачи по двум критериям можно использовать метод весовых коэффициентов или метод приоритетов [3], суть которых заключается в сведении многокритериальной задачи к задаче с одной целевой функцией.

В методе весовых коэффициентов функции (10) и (11) сводятся к одной функции вида

$$F = w_1 F_1 + w_2 F_2 ,$$

где w_1, w_2 – положительные весовые коэффициенты, отображающие преимущества, которые предоставляются каждому из критериев. Например, вариант $w_1 = w_2 = 1$ говорит о равнозначности обоих критериев. Очевидно, что определение весовых коэффициентов является достаточно субъективным.

В методе приоритетов целевые функции подлежат ранжированию в порядке их важности (равновесность критериев исключается), а затем поочередно решаются задачи по одному критерию оптимальности. Процесс решения начинают с задачи с целевой функцией, имеющей самый высокий приоритет, и заканчивают задачей с целевой функцией с низшим приоритетом. В основе этого метода лежит утверждение о том, что решение задачи с целевой функцией, которая имеет более низкий приоритет, не может ухудшить полученные ранее решения задач с целевыми функциями, которые имеют более высокий приоритет.

Существенным является то, что методы многокритериальной оптимизации, как правило, не определяют оптимального значения каждой целевой функции модели, а позволяют найти некий компромисс между критериями. Таким образом, многокритериальная задача имеет эффективное решение, которое, тем не менее, не всегда будет оптимальным по обоим критериям.

Можно сказать, что наличие двух критериев оптимизации вносит в модель неопределенность. Очевидно, что понятие неопределенности является чрезвычайно широким: подавляющее большинство неопределенных характеристик вводятся в модели вследствие невозможности точно измерить или хотя бы оценить параметры экономических процессов. Например, в модели (10) – (17) рискованность проектов $R_{ij}^{(rad)}$ или $R_{ij}^{(inc)}$, скорее всего, является нормально распределенной случайной величиной с известным математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением. Доходность проекта также не является детерминированной величиной: она может быть представлена нечетким числом с заданными значениями функции принадлежности. Объем ресурсов, выделенных на реализацию инновационных мероприятий, параметрически зависит от финансового состояния банка. Наконец, количественный состав проектов разного типа в портфеле наиболее эффективно можно описать неопределенной интервальной величиной.

Кроме того, рассмотренная статическая задача, которая заключается в одновременном формировании портфеля проектов, в реальности превращается в динамическую, предусматривающую периодический его пересмотр в соответствии с появлением новых проектов, изменившимися условиями, поступившей новой информацией и т.п. Для каждого из типов неопределенных параметров существуют свои методы их учета (теории вероятностей и теории нечетких множеств, методы параметрической, интервальной и многокритериальной оптимизации).

Выводы. В последние десятилетия именно использование теории нечетких множеств приобретает все возрастающую популярность в исследованиях по экономике и менеджменту, в том числе, проектному [4; 5]. Соглашаясь, в целом, с мнением о перспективности применения методов этой теории для моделирования банковской деятельности и процессов принятия управленческих решений [6], следует признать, что методы, дающие возможность оптимизации с учетом неопределенных параметров, являются достаточно сложными, требующими наличия у банковских менеджеров основательной математической подготовки и значительного опыта интерпретации результатов. В большинстве случаев они дают недетерминированный вариант оптимизации, то есть решение задается случайным или нечетким числом. Кроме того, достаточно часто характеристики неопределенных параметров модели (например, значение функции принадлежности нечеткого числа) задаются субъективно, что уменьшает общую объективность полученного результата.

Поэтому, на наш взгляд, закономерным является поиск компромисса между точным, но слишком сложным, и приближенным, но эффективным решением. С этой точки зрения, многокритериальная модель (10) – (17) является сбалансированным и практическим подходом к решению сложной задачи формирования оптимального портфеля инновационных проектов банка.

Литература

1. Єгоричева, С.Б. Теоретичні основи формування банківської інноваційної стратегії [Текст] / С.Б. Єгоричева // Вісник Університету банківської справи Національного банку України. – 2011. – № 1. – С. 206 – 209.
2. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям [Электронный ресурс] / ОЭСР, Евростат. – М. : Центр исследований и статистики науки, 2006. – 192 с. Способ доступу: http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECDOsloManual05_rus.pdf.
3. Таха, Х. Введение в исследование операций [Текст] / Х. Таха. – М. : «Вильямс», 2001. – 912 с.
4. Аньшин, В.М. Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности [Текст] / В.М. Аньшин [и др.]. – М. : Издательский центр МАТИ, 2007. – 117 с.
5. Борискова, Л.А. Совершенствование механизма предварительного отбора инновационных проектов [Текст] / Л.А. Борискова, О.В. Глебова // Управление проектами. – 2009. – № 3 (16). – С. 44-51.
6. Янковский, И. Генезис математических моделей банка [Текст] / И. Янковский // Банковский вестник. – 2008. – № 4. – С. 27-30.

YEHORYCHEVA Svetlana

MODELING OF THE OPTIMAL INNOVATION PROJECT PORTFOLIO OF THE BANK

Summary. *The article examines the problems associated with the creation of the set of innovation projects as the final stage of the development of the bank's innovative strategy. The model of optimal innovation project portfolio is developed on the basis of the use of operations research methods.*

Keywords: *bank, innovation strategy, innovation project, the optimal project portfolio, multiple criteria model*

Статья поступила 5 апреля 2016г.