2.2. ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ПРОЕКТА СОЗДАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ С НЕОПРЕДЕЛЕННЫМ ГРАФИКОМ РЕАЛИЗАЦИИ

Воробьёва А.А., аспирант кафедры математических методов анализа экономики при экономическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова,

Менеджер, Филиал ЗАО «РУСАЛ Глобал Менеджмент Б.В.» в Москве

В статье описывается методика построения динамической модели денежных потоков для реального инвестиционного проекта создания транспортной компании, который предполагает постепенное расширение автопарка за счет реинвестирования прибыли, генерируемой проектом. Проект характеризуется ярко выраженной сезонностью затрат, некоторые виды затрат зависят от накопленного пробега и, следовательно, могут меняться в зависимости от загрузки транспортных средств, кроме того, некоторые виды затрат не являются постоянными в течение всего жизненного цикла проекта. Указанные особенности требуют применения различных математических методов для моделирования зависимостей между параметрами проекта, что, в свою очередь, позволяет автоматически вычислять график реализации проекта, то есть график расширения компании. Описанные в статье формулы могут быть применены при построении денежных потоков проекта в среде MS Excel. Модель, построенная с учетом всех зависимостей между параметрами проекта, является полностью автоматизированной, что позволяет проводить всесторонний анализ инвестиционного проекта, включая анализ рисков и расчет показателей экономической эффективности при разных исходных параметрах проекта.

Моделирование денежных потоков инвестиционных проектов является обязательным этапом бизнес-планирования и экономической оценки. Однако встречаются проекты, которые требуют особого подхода к моделированию зависимостей между параметрами, так как характеризуются неопределенным графиком реализации. Под инвестиционным проектом с неопределенным графиком реализации понимается инвестиционный проект, график реализации которого определяется соотношением параметров проекта, т.е. может изменяться в зависимости от исходных параметров. В качестве примеров такого рода проектов можно привести следующие проекты:

- самофинансируемые проекты: проекты, развитие которых происходит за счет реинвестирования прибыли, генерируемой данным проектом;
- проекты, предполагающие опционные соглашения на выкуп акций, условия которых зависят от финансовых результатов проекта;
- проекты, связанные с эксплуатацией транспорта (транспортные средства являются основным средством производства для проекта);
- проекты в сфере недвижимости.

В данной статье предлагается рассмотреть модель денежных потоков для проекта создания транспортной компании, специализирующейся на перевозке автомобильной техники. При этом предполагается, что прибыль, генерируемая проектом, будет направляться на постепенное расширение автопарка до заданной величины.

Построение модели начинается с определения экзогенных и эндогенных параметров. Экзогенные параметры не зависят от других параметров проекта, а эндогенные параметры определяются в форме зависимостей от каких-либо параметров модели. При этом получая зависимость экзогенных параметров от эндогенных, можно исследовать вопросы вида: каково должно быть значение экзогенного параметра, чтобы эндогенные параметры принимали желаемые значения?

Кроме того, задается целевая функция. Большинство инвестиционных проектов реализуются с целью получения прибыли, поэтому в качестве целевой функции необходимо рассматривать некую величину, которая бы отражала доходность или эффективность проекта. Основными показателями эффективности проекта выступают чистая приведенная стоимость (***NPV***) и внутренняя норма доходности (***IRR***). Чем выше данные показатели, тем проект лучше. Однако возникает резонный вопрос: какой из данных показателей лучше использовать в качестве целевой функции?

Прежде всего следует отметить, что ***IRR*** является неявной функцией, так как, по определению, ***IRR*** – это такое значение нормы дисконтирования, при котором ***NPV*** проекта обращается в ноль, т.е.

$$\sum_{t=1}^{T}\frac{CF_t}{(1+IRR)^t}=0 .$$

В явном виде данную функцию получить невозможно. Поэтому в данном случае показатель ***NPV*** оказывается более удобным.

Другой недостаток ***IRR*** состоит в том, что данный показатель не отражает различие в доходности проектов с разным моментом начала реализации. Действительно, в проектах с полностью идентичными денежными потоками, но с разным моментом начала показатели ***IRR*** будут равны, а ***NPV*** будет ниже у того проекта, начало которого отложено на более поздний срок:

$$\frac{CF_1}{(1+IRR)^1}+\frac{CF_2}{(1+IRR)^2}+...+\sum_{t}^{T}\frac{CF_t}{(1+IRR)^t}=0;$$

$$\frac{0}{(1+IRR)^1}+\frac{CF_1}{(1+IRR)^2}+...+\sum_{t}^{T+1}\frac{CF_{t-1}}{(1+IRR)^t}=0.$$

Если во втором уравнении разделить обе части на $\frac{1}{(1+IRR)}$, то получится уравнение, тождественное первому.

Однако объектом исследования являются проекты с неопределенным графиком реализации, и из-за сезонности денежные потоки отложенного проекта могут отличаться, если период откладывания проекта не равен году. Таким образом, при рассмотрении более позднего момента начала проекта будут действовать два фактора: потеря дохода в результате потери стоимости во времени и изменение дохода в результате более или менее благоприятных условий (лучшее или худшее значение параметров проекта). Данные эффекты могут быть как однонаправленными, так и разнонаправленными. Поэтому показатель ***NPV*** будет выражать суммарный эффект от действия данных факторов. При этом изменение ***IRR*** будет выражать только влияние фактора изменения денежных потоков.

Для большей наглядности того, что выбор проекта по показателю ***IRR*** не всегда оказывается верным, рассмотрим простейший пример. Допустим, имеется проект, который характеризуется денежными потоками, представленными в табл. 1.

Предположим, что внешние условия реализации проекта воздействуют на него таким образом, что в случае начала его реализации на один период позже денежные потоки изменятся, как это отражено в табл. 2.

Таблица 1

ИСХОДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА

Номер периода	1	2	3	4	5
Чистый денежный поток	-3	-1	2	3	5
Дисконтированный чистый денежный поток	-2,61	-0,77	1,32	1,72	2,49
NPV к нулевому периоду	2,15				

Таблица 2

ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА В СЛУЧАЕ БОЛЕЕ ПОЗДНЕГО НАЧАЛА ПРОЕКТА

Номер периода	1	2	3	4	5	6
Чистый денежный поток	0	-2,5	-0,5	1,5	2,5	5
Дисконтированный чистый денежный поток к нулевому периоду	0	-1,89	-0,33	0,86	1,24	2,16
NPV к нулевому периоду	2,04					
Дисконтированный чистый денежный поток к первому периоду	-	-2,17	-0,38	0,97	1,43	2,49
NPV к первому периоду	2,35					

При ставке дисконтирования, равной 15%, чистая приведенная к нулевому моменту времени стоимость в первом случае будет равна примерно 2,15, во втором случае – примерно 2,04, т.е. эффективность проекта ухудшилась. Однако если рассчитать ***IRR***, то внутренняя норма доходности в первом случае оказывается ниже, чем во втором (36% и 41,9% соответственно). Данное явление возникает из-за того, что показатель ***IRR*** не учитывает снижение эффективности проекта из-за более позднего его начала. Так как возникающие эффекты носят разнонаправленный характер, и абсолютная величина эффекта от сдвига во времени превышает абсолютную величину эффекта от изменения денежного потока, то показатель ***NPV*** снижается, в результате более доходный проект имеет для нас на сегодняшний момент меньшую ценность, чем базовый, менее доходный вариант.

Еще одним аргументом не в пользу показателя ***IRR*** является то обстоятельство, что для проектов с неопределенным графиком реализации ***IRR*** может не существовать, так как денежный поток несколько раз меняет свой знак, как показано на рис. 1.

Таким образом, в проектах с неопределенным графиком реализации в качестве целевой функции должен выступать показатель ***NPV*** – чистая приведенная стоимость проекта.

После того как модель будет построена, экзогенные параметры можно менять и анализировать их влияние на целевую функцию проекта, которая отражает эффективность проекта.

Размерность ограничений будет зависеть от продолжительности эксплуатации основных средств (t') и периода выхода на плановые показатели (t''). Горизонт планирования определяется как сумма периода эксплуатации и лага между приобретением первой партии автопоездов и вводом их в эксплуатацию ($T = t' + t''$).

Кроме того, для целей расчета целевой функции необходимо указать ставку дисконтирования (***E***).

По своей сути данные условия (кроме горизонта планирования) также являются экзогенными параметрами и могут быть изменены.

На основании экзогенных параметров производится расчет вспомогательных эндогенных параметров (одномерных постоянных величин), а также строятся ограничения, которые отражают динамику эндогенных параметров во времени. Все ограничения, кроме ограничений на знак переменных и на масштаб автопарка, являются равенствами, так как в модели денежных потоков нет смысла использовать ограничения в виде неравенств: все переменные, из которых формируются доходы, будут всегда выбираться наибольшими, а все переменные, из которых формируются расходы, – наименьшими.

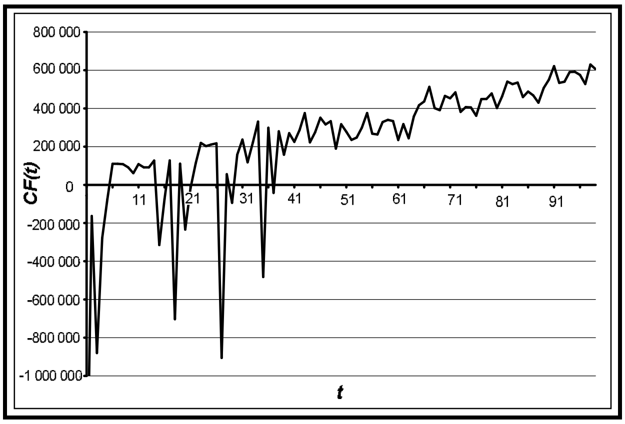

Рис. 1. Движение денежных средств проекта с неопределенным графиком реализации (долл.)

В общем виде дискретная динамическая модель денежных потоков выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} &NPV \to max; \\ &NPV = \sum_{t=1}^{T} \frac{CF_t}{(1+E)^t}; \\ &CF_t = i_t + o_t + c_t; \\ &i_t = \sum_{i=1}^{n} i_{it}; \\ &o_t = \sum_{i=1}^{m} o_{it}; \\ &c_t = \sum_{i=1}^{k} c_{it}, \end{aligned} \qquad (1)$$

где

i_{it} – выручка, полученная от деятельности ***i*** в период ***t***;

i = 1 ... n, n – количество видов деятельности;

o_{it} – текущие затраты по статье ***i*** в период ***t***, ***i = 1 ... m***;

m – количество статей текущих затрат;

c_{it} – инвестиционные затраты по статье ***i*** в период ***t***;

i = 1 … k, k – количество статей инвестиционных затрат;

T – горизонт планирования проекта.

Все элементы матриц ***I*** (размерность ***n * T***), ***O*** (размерность ***m * T***) и ***C*** (размерность ***k * T***) определяются в виде ограничений и могут задаваться следующими способами.

1. Каждая строка матрицы определяется с помощью перемножения базового значения и вектора размерностью (***1 * * T***), отражающего график получения доходов или осуществления затрат. Если базовое значение равно нулю и ни при каких сценариях не будет изменяться, то строку, которой соответствует данное базовое значение, следует исключить из матрицы. Векторы, отражающие графики, должны содержать хотя бы один ненулевой элемент, и при этом все элементы этих векторов должны быть неотрицательными. Базовые значения для расчета доходов должны быть неот-

рицательными, а базовые значения для расчета текущих и инвестиционных затрат должны быть неположительными.

2. Каждая строка матрицы определяется с помощью математического соотношения и зависит от другой строки этой же или другой матрицы. При этом, как правило (в стандартных моделях), каждый элемент строки зависит от элементов, расположенных в других строках, но в тех же самых столбцах.
3. Каждый элемент в строке задается в виде зависимости от элементов предыдущих периодов этой же или другой матрицы. При этом первый элемент должен быть задан экзогенно или определяться в виде зависимости от элементов, расположенных в других строках этой матрицы или в других матрицах.

Следует отметить, что в рамках одной матрицы допускается использование разных способов эндогенного формирования элементов. Более того в рамках одной матрицы допускается использование, как эндогенного, так и экзогенного способов. В более сложных моделях элементы матриц могут определяться смешанными соотношениями, т.е. допускается комбинированное использование разных способов формирования элементов.

Учитывая, что проект создания транспортной компании характеризуется большим количеством ограничений на параметры, предлагается не рассматривать каждое ограничение отдельно, а объединить их в группы по виду зависимости и, следовательно, по принципу подхода к моделированию какой-либо зависимости.

Все ограничения отвечают одной из следующих форм зависимостей:

- ежемесячные величины, зависящие от количества транспортных средств;
- ежегодные величины, зависящие от количества транспортных средств;
- величины, зависящие от сезонности и количества транспортных средств;
- условно-постоянные величины;
- единовременные (одномоментные) величины;
- величины, зависящие от накопленного пробега в расчете на одно транспортное средство;
- величины, определяемые общими потоками денежных средств.

В табл. 3 представлены примеры ограничений на параметры по каждой группе форм зависимостей.

Большинство ограничений на элементы матриц $\boldsymbol{I}$ (размерность $\boldsymbol{n * T}$), $\boldsymbol{O}$ (размерность $\boldsymbol{m * T}$) и $\boldsymbol{C}$ (размерность $\boldsymbol{k * T}$) прямо или косвенно зависит от элементов вектора $\boldsymbol{B}^T = (\boldsymbol{b_1} \quad \boldsymbol{b_2} \quad \boldsymbol{...} \quad \boldsymbol{b_T})$, который отражает график реализации проекта – в рассматриваемом проекте это график приобретения транспортных средств, где каждый элемент $\boldsymbol{b_t}$ показывает, какое количество транспортных средств было приобретено в период $\boldsymbol{t}$. При этом $\boldsymbol{b_t \geq 0}$, но хотя бы один элемент $\boldsymbol{b_t > 0}$ (как правило, $\boldsymbol{b_1 > 0}$). Кроме того, следует понимать, что в данном случае все транспортные средства должны быть полностью идентичными, т.е. обладать одинаковой стоимостью, техническими и эксплуатационными характеристиками. Если проектом предусмотрено несколько видов транспортных средств, то следует увеличить размерность массива $\boldsymbol{B}$:

$$\boldsymbol{B}^T = \begin{pmatrix} \boldsymbol{b_{11}} & \boldsymbol{...} & \boldsymbol{b_{1t}} & \boldsymbol{...} & \boldsymbol{b_{1T}} \\ \boldsymbol{...} & \boldsymbol{...} & \boldsymbol{...} & \boldsymbol{...} & \boldsymbol{...} \\ \boldsymbol{b_{q1}} & \boldsymbol{...} & \boldsymbol{b_{qt}} & \boldsymbol{...} & \boldsymbol{b_{qT}} \end{pmatrix},$$

где $\boldsymbol{q}$ – количество видов приобретаемых транспортных средств;

$\boldsymbol{T}$ – горизонт планирования. Для упрощения модели будем исходить из предположения, что все транспортные средства идентичны.

Таблица 3

РАЗДЕЛЕНИЕ ГРУПП ОГРАНИЧЕНИЙ ПО ВИДАМ

Форма зависимости	Примеры ограничений
Ежемесячные величины, зависящие от количества транспортных средств	Выручка от перевозок; заработная плата водителей; затраты на текущий ремонт; затраты на аренду стоянки; затраты на техподдержку; транспортный налог; лизинговые платежи
Ежегодные величины, зависящие от количества транспортных средств	Затраты на страхование; затраты на ежегодное техническое обслуживание автопоездов
Величины, зависящие от сезонности и количества транспортных средств	Затраты на мойку транспортных средств; затраты на заправку топливом; затраты на заправку незамерзающей жидкостью
Условно-постоянные величины	Заработная плата прочего основного производственного персонала; заработная плата административного персонала; затраты на аренду офиса; затраты на техподдержку
Единовременные (одномоментные) величины	Инвестиционные затраты капитального характера
Величины, зависящие от накопленного пробега в расчете на одно транспортное средство	Затраты на регулярное техническое обслуживание тягачей; затраты на регулярное техническое обслуживание прицепов; затраты на замену авторезины
Величины, определяемые общими потоками денежных средств	Уплата НДС в бюджет; налог на имущество; налог на прибыль

Рассматриваемая модель предполагает, что существует три вида ограничений на вектор $\boldsymbol{B}^T = (\boldsymbol{b_1} \quad \boldsymbol{b_2} \quad \boldsymbol{...} \quad \boldsymbol{b_T})$:

- первое ограничение связано с размером первой партии транспортных средств;
- второе ограничение связано с размером каждой последующей партии транспортных средств;
- третье ограничение – ограничение сверху – максимальный размер автопарка.

Таким образом, рассматриваемый проект является самофинансируемым (расширение автопарка происходит за счет прибыли, генерируемой проектом). Вектор приобретения транспортных средств $\boldsymbol{B}^T = (\boldsymbol{b_1} \quad \boldsymbol{b_2} \quad \boldsymbol{...} \quad \boldsymbol{b_T})$ задается не экзогенно (экзогенно задаются только ограничения, описанные выше), а является динамическим и определяется, исходя из других параметров проекта. В данном векторе изначально задается только первый элемент $\boldsymbol{b_1}$ (размер первой партии автопоездов). Все последующие элементы будут определяться, исходя из денежного потока за предыдущие периоды. Однако совершенно точно можно сказать, что $\boldsymbol{b_t}$ будет принимать либо значение $\boldsymbol{0}$, если в данном месяце транспортные средства не закупаются, либо заданное значение $\boldsymbol{b^*}$ (объем каждой последующей партии). В принципе первое ограничение может быть задано в виде неравенства (ограничение сверху), если дополнительно задано бюджетное ограничение на объем первоначального финансирования (максимальный размер акционерного капитала или заемных средств).

Все последующие элементы вектора $B^T=(b_1 \quad b_2 \quad ... \quad b_T)$ будут определяться на основании бинарной переменной-индикатора, которая будет принимать значение ***0*** в случае невозможности расширения автопарка в текущем периоде и ***1*** в случае наличия такой возможности. Возможность расширения определяется выполнением определенного условия. В рассматриваемой модели в качестве такого критерия было выбрано следующее условие: накопленная нераспределенная прибыль должна быть не меньше, чем сумма первоначальных инвестиционных вложений по новой партии и средних текущих издержек в расчете на один автопоезд, умноженных на объем новой партии. Такой критерий позволяет не только обеспечить необходимый объем инвестиций, но и создать дополнительный резерв денежных средств, который может быть направлен на покрытие убытков до момента выхода на плановые показатели загрузки.

С ростом автопарка процесс расширения ускоряется, и временной промежуток между приобретением каждой последующей новой партией сокращается.

Однако необходимо понимать, что увеличение автопарка не может производиться бесконечно.

Во-первых, существует ограничение по масштабу компании: при очень большом росте необходимо нанимать новый административно-хозяйственный персонал, увеличивать размеры офиса и т.д.

Во-вторых, существуют рыночные ограничения, когда с ростом парка рентабельность в расчете на один автопоезд будет снижаться, т.к. будет снижаться загрузка парка.

Для этого и вводится параметр, ограничивающий объем автопарка (третье ограничение):

$$\sum_{t=1}^{T} b_t \le b_{max}.$$

При этом, если

$$\frac{b_{max}}{b_1+(k-1)b^*},$$

где k – количество партий закупки, является целым числом, то максимальный размер парка может быть достижим, в противном случае данное ограничение обращается в строгое неравенство и максимум недостижим.

Далее предлагается рассмотреть основные принципы построения ограничений на параметры динамической модели денежных потоков для самофинансируемого проекта создания транспортной компании:

- учет графика выхода на плановые показатели;
- учет сезонности;
- учет зависимости от накопленных величин;
- учет снижения (увеличения) затрат (доходов) с течением времени;
- учет временных параметров;
- нивелирование зависимости от параметров, относящихся к будущим периодам.

Учет графика выхода на плановые показатели

Для учета графика выхода на плановые показатели, необходимого для моделирования ограничений на некоторые параметры модели (например, выручка), задается вектор $\tilde{E}=(\tilde{e}_1 \quad ... \quad \tilde{e}_e)$, где индекс e показывает период выхода на плановые показатели в месяцах, а каждый элемент показывает процент от плановой загрузки. При этом каждый элемент данного вектора, кроме первого, может задаваться в форме зависимости от предыдущих элементов или может задаваться экзогенно. Если выход на плановые показатели происходит равномерно, то элементы вектора могут быть определены по следующим формулам:

$$\tilde{e}_1=\frac{100\%}{e};$$

$$\tilde{e}_j=\frac{100\%}{e}+\tilde{e}_{j-1}, \quad j=2,...,e.$$

Далее строится матрица загрузки транспортных средств $E=\begin{pmatrix} e_{11} & ... & e_{1t} & ... & e_{1T} \\ ... & ... & ... & ... & ... \\ e_{T1} & ... & e_{Tt} & ... & e_{TT} \end{pmatrix}$ по формуле:

$$e_{it}=\begin{cases} \tilde{e}_j, t\ge i\, u\, t-i<e, j=t-i+1; \\ \tilde{e}_e, t\ge i\, u\, t\ge e; \\ 0, t<i. \end{cases}$$

Для дальнейшего шага моделирования ограничения на параметры необходимо ввести понятие – лагирование векторов.

Операцию построения новых векторов из старых с использованием лагов будем называть лагированием векторов. Лагирование применяется в ситуациях, когда один вектор параметров в точности повторяет другой вектор параметров, но со сдвигом во времени.

Пусть задан вектор $B^T=(b_1 \quad b_2 \quad ... \quad b_T)$ и необходимо определить вектор $\tilde{B}^T=(\tilde{b}_1 \quad \tilde{b}_2 \quad ... \quad \tilde{b}_T)$, который отличается от вектора B на лаг l. В данном случае должны выполняться следующие соотношения:

$$\tilde{b}_t=b_{t-l};$$

$$\tilde{b}_1,...,\tilde{b}_l=0;$$

$$b_T, b_{T-1},...,b_{T-l+1}=0.$$

Первые l элементов лагированного вектора приравниваются к нулю, т.к. их невозможно определить из базового вектора. Последние l элементов базового вектора должны быть равны нулю, т.к. они не определяют ни один из элементов лагированного вектора и, следовательно, не участвуют в расчетах параметров, зависящих от лагированного вектора. В случае, если хотя бы один из последних l элементов базового вектора не равен нулю, то горизонт планирования T должен быть соответствующим образом увеличен, чтобы последние l элементов базового вектора принимали нулевое значение.

В принципе лагирование возможно и со сдвигом во времени в другую сторону, однако данная операция встречается крайне редко, т.к. при планировании денежных потоков, как правило, параметры будущих периодов определяются параметрами предшествующих периодов.

После того как определена матрица загрузки транспортных средств, она умножается на вектор $\tilde{B}^T=(\tilde{b}_1 \quad \tilde{b}_2 \quad ... \quad \tilde{b}_T)$, который отражает график ввода в эксплуатацию транспортных средств и который рассчитывается по формуле:

$$\tilde{b}_t=b_{t-l}.$$

При этом $\tilde{b}_t, b_t \ge 0, \sum_{1}^{l}\tilde{b}_t=0, \sum_{t=0}^{l-1} b_{T-t}=0$. Данный лаг связан с наличием временного промежутка между оплатой аванса и поставкой транспортных средств от производителя, а также с необходимостью подготовки транспортных средств к эксплуатации (постановка на учет, прохождение ГТО, страхование, установка дополнительного оборудования, обучение водителей и т.д.).

Второй вариант учета графика выхода на плановые показатели предполагает, что матрица загрузки транспортных средств лагируется, т.е. лагируется каждая строка матрицы $\boldsymbol{E}$ по аналогии с лагированием векторов, и умножается на вектор $B^T = (b_1 \quad b_2 \quad \dots \quad b_T)$.

Нивелирование зависимости от параметров, относящихся к будущим периодам

Последней итерацией учета графика выхода на плановые показатели является перемножение вектора-графика приобретения или ввода в эксплуатацию транспортных средств и матрицы-графика выхода на плановые показатели. Однако из-за того, что проект является самофинансируемым, перемножение данных массивов по правилам линейной алгебры вызывает проблему зависимости итогового значения произведения от элементов вектора $B^T = (b_1 \quad b_2 \quad \dots \quad b_T)$ ($\tilde{B}^T = (\tilde{b}_1 \quad \tilde{b}_2 \quad \dots \quad \tilde{b}_T)$), которые относятся к будущим периодам. Поэтому перемножение должно производится по следующему алгоритму:

$$\tilde{B}^T \cdot E = (\bar{E}_1 \quad \dots \quad \bar{E}_t \quad \dots \quad \bar{E}_T);$$

$$\bar{E}_t = \sum_i \bar{e}_{it};$$

$$\bar{E} = \begin{pmatrix} \bar{e}_{11} & \dots & \bar{e}_{1t} & \dots & \bar{e}_{1T} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{e}_{i1} & \dots & \bar{e}_{it} & \dots & \bar{e}_{iT} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{e}_{T1} & \dots & \bar{e}_{Ti} & \dots & \bar{e}_{TT} \end{pmatrix}; \qquad (2)$$

$$\bar{e}_{it} = \begin{cases} e_{it} \cdot b_i, \text{ если } t \ge i; \\ e_{it} \cdot 0, \text{ если } t < i. \end{cases}$$

Таким образом, применяется некий оператор, который переводит матрицу $\boldsymbol{E}$ в матрицу $\bar{E}$, которая является верхней треугольной.

Далее для моделирования ограничений на параметры проекта используется полученный вектор $\bar{E}$. Так, например, вектор выручки от перевозок рассчитывается, как произведение ежемесячной плановой выручки от перевозок на один автопоезд и полученного вектора $(\bar{E}_1 \quad \dots \quad \bar{E}_t \quad \dots \quad \bar{E}_T)$.

Аналогичную методику следует применять при моделировании графика лизинговых платежей (проектом предполагается приобретение транспортных средств по лизинговой схеме). При расчете вектора лизинговых платежей необходимо в первую очередь сделать предположение о том, когда будут начинать выплачиваться данные платежи ($\bar{t}$) и в течение какого времени они будут выплачиваться ($\bar{T}$).

Далее строится матрица, отражающая график лизинговых платежей в расчете на одно транспортное средство по каждому периоду. Для этого используются следующие соотношения:

$$L = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1T} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{T1} & l_{T2} & \dots & l_{TT} \end{pmatrix};$$

$$l_{it} = \begin{cases} 0, t = 1; \\ 0, t - i + 1 \le \bar{t}; \\ l^*, \sum_{t=1}^{t-1} l_{it} < l^* * \bar{T}; \\ 0, \sum_{t=1}^{t-1} l_{it} \ge l^* * \bar{T}, \end{cases}$$

где l^* – рассчитанный лизинговый платеж.

Вектор лизинговых платежей рассчитывается как произведение вектора $B^T = (b_1 \quad b_2 \quad \dots \quad b_T)$ и матрицы графика лизинговых платежей по аналогии с соотношением (2):

$$B^T \cdot L = (\bar{L}_1 \quad \dots \quad \bar{L}_t \quad \dots \quad \bar{L}_T);$$

$$\bar{L}_t = \sum_i \bar{l}_{it};$$

$$\bar{L} = \begin{pmatrix} \bar{l}_{11} & \dots & \bar{l}_{1t} & \dots & \bar{l}_{1T} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{l}_{i1} & \dots & \bar{l}_{it} & \dots & \bar{l}_{iT} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{l}_{T1} & \dots & \bar{l}_{Tt} & \dots & \bar{l}_{TT} \end{pmatrix};$$

$$\bar{l}_{it} = \begin{cases} l_{it} \cdot b_i, \text{ если } t \ge i; \\ l_{it} \cdot 0, \text{ если } t < i. \end{cases}$$

Учет сезонности

Учет сезонности необходим при моделировании ограничений на параметры, которые зависят не только от количества эксплуатируемых транспортных средств, но и от времени года. Вообще говоря, в инвестиционных проектах могут встречаться разные виды сезонности:

- помесячная;
- поквартальная;
- двухпериодная.

Однако в данном проекте рассматривается только двухпериодная сезонность.

Под двухпериодной сезонностью понимается выделение двух времен года: «зима» и «лето». При этом, как правило, но не обязательно, шесть месяцев относятся к «зиме» и шесть – к «лету». Для определения, какие месяцы следует отнести к зиме, а какие к лету, необходимо определить год, как числовой ряд.

Для этого задается ряд:

$$M = (m_1 \quad m_2 \quad \dots \quad m_{12}),$$

где m_i соответствует месяцам года (**1** = «январь», **2** = «февраль», …, **12** = «декабрь»).

Следует заметить, что m_1 не обязательно равно **1** («январь»), так как начало проекта может не совпадать с началом года. При этом:

$$m_i = \begin{cases} m_{i-1} + 1, \text{если } m_{i-1} < 12; \\ 1, \text{если } m_{i-1} = 12. \end{cases}$$

Данный ряд повторяется необходимое число раз в соответствии с горизонтом планирования:

$$\tilde{M} = (\tilde{m}_1 \quad \dots \quad \tilde{m}_t \quad \dots \quad \tilde{m}_T),$$

где

$$\tilde{m}_i = \begin{cases} m_i, i \le 12; \\ \tilde{m}_{i-12}, i > 12. \end{cases}$$

Далее определяется, что означает «зима» и «лето». Например, t = «зима», если $10 \le \tilde{m}_i$ или $\tilde{m}_i \le 3$, что соответствует ряду {«октябрь», «ноябрь», «декабрь», «январь», «февраль», «март»}, и t = «лето», если $4 \le \tilde{m}_i \le 9$, что соответствует ряду {«апрель», «май», «июнь», «июль», «август», «сентябрь»}.

Если рассматриваются только два сезона, то достаточно удобным инструментом выступает использование бинарных переменных, значения которых обращаются в ноль, если месяц соответствует зимнему месяцу, и приравнивается к единице, если месяц соответствует летнему сезону:

$$S = \begin{cases} s_t = 0, \text{если } t = \text{"зима"};\\ s_t = 1, \text{если } t = \text{"лето"}. \end{cases}$$

В качестве примера можно привести затраты на заправку топливом, которые будут отличаться в зависимости от времени года, т.к., как правило, в зимние месяцы расход больше, чем в летние.

Предположим, что априорно заданы параметры расхода топлива на 100 км пробега в зимний и летний периоды: f_w и f_s соответственно. Кроме того, рассчитан вектор общего пробега (количество километров, которое проходят все эксплуатируемые транспортные средства в каждом периоде с учетом нормы технологического перепробега): $R = (r_1 \;\; ... \;\; r_t \;\; ... \;\; r_T)$.

Пусть p_w и p_s – рассчитанные нормы расхода топлива на 1 км пробега рассматриваемого вида транспортного средства (принципы расчета норм расхода топлива для разных транспортных средств описаны в «Нормах расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте», утвержденных Минтрансом РФ 29 апреля 2003 г.) зимой и летом соответственно.

Расход топлива в месяце t будет определяться произведением общего пробега автопарка на p_w или p_s в зависимости от значения бинарной переменной, которая служит индикатором сезонности:

$$O_{m'} = (o_{m'1} \;\; ... \;\; o_{m't} \;\; ... \;\; o_{m'T});$$

$$o_{m't} = \begin{cases} p_w r_t, \text{если } s_t = 0;\\ p_s r_t, \text{если } s_t = 1. \end{cases}$$

Учет зависимости от накопленных величин

Моделирование ограничений на параметры, которые зависят от накопленных величин, в рассматриваемой модели осложняется тем, что транспортные средства вводятся в эксплуатацию в несколько этапов, и для каждой партии расчет накопленного пробега должен производиться отдельно. В качестве конкретного примера можно рассмотреть зависимость затрат на техническое обслуживание транспортных средств в зависимости от пробега.

Пусть определенный выше вектор $B^T = (b_1 \;\; b_2 \;\; ... \;\; b_T)$ отражает график приобретения транспортных средств. Пусть вектор $\tilde{B}^T = (\tilde{b}_1 \;\; \tilde{b}_2 \;\; ... \;\; \tilde{b}_T)$ отражает график ввода в эксплуатацию транспортных средств, где $\tilde{b}_t = b_{t-l}$. При этом $\tilde{b}_t, b_t \ge 0, \sum_{1}^{l} \tilde{b}_t = 0, \sum_{t=0}^{l-1} b_{T-t} = 0$.

Также необходимо учесть график выхода грузооборота на плановые показатели. При этом выход на плановые показатели загрузки должен быть учтен для каждой партии транспортных средств (см. выше).

Пусть r_0 – среднемесячный пробег одного транспортного средства, рассчитанный в соответствии с заданными параметрами проекта. Тогда матрица общего пробега R будет показывать количество километров, которое проходят транспортные средства по каждому периоду по каждой партии:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & ... & r_{1T}\\ ... & ... & ... & ...\\ r_{T1} & r_{T2} & ... & r_{TT} \end{pmatrix};$$

$$r_{it} = r_0 * \tilde{b}_i * e_{it}.$$

Далее необходимо рассчитать матрицу накопленного пробега, т.к. выбранный тип затрат зависит от накопленного пробега:

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} \tilde{r}_{11} & \tilde{r}_{12} & ... & \tilde{r}_{1T}\\ ... & ... & ... & ...\\ \tilde{r}_{T1} & \tilde{r}_{T2} & ... & \tilde{r}_{TT} \end{pmatrix},$$

где

$$\tilde{r}_{ij} = \sum_{t=1}^{j} r_{it}.$$

Допустим, какие-либо работы по техническому обслуживанию транспортных средств должны выполняться каждые K км пробега. Это означает, что как только величина накопленного пробега по каждому транспортному средству будет превосходить K, $2K$, $3K$ и т.д. элементы вектора o_{m^*}, где m^* – номер строки матрицы O, отражающей данную статью затрат, будут больше нуля.

Так как порог K указывается на одно транспортное средство, а в матрице $\tilde{R}$ указан накопленный пробег по общему количеству транспортных средств в каждой партии, следовательно, матрицу $\tilde{R}$ необходимо пронормировать, т.е. привести все значения матрицы $\tilde{R}$ в расчет на одно транспортное средство.

Нормированием матрицы A размерностью ($T * N$) по вектору B размерностью ($T * 1$) будем называть операцию отображения элементов a_{ij} в соответствующие элементы $\overline{a_{ij}}$, определяемые отношением:

$$\overline{a_{ij}} = \begin{cases} \dfrac{a_{ij}}{b_i}, \text{ если } b_i \ne 0;\\ a_{ij}, \text{ если } b_i = 0. \end{cases}$$

Данный метод применяется, если каждая строка матрицы описывает изменение некоторого параметра во времени, который определяется соответствующим значением элемента вектора B и не зависит от других элементов вектора B.

Чтобы пронормировать $\tilde{R}$, необходимо каждую ненулевую строку матрицы $\tilde{R}$ поделить на соответствующее значение вектора $\tilde{B}$. Это означает, что если $\tilde{b}_i > 0$, то все элементы строки i матрицы $\tilde{R}$ должны быть поделены на $\tilde{b}_i$. Если $\tilde{b}_i = 0$, то данная строка матрицы $\tilde{R}$ является нулевой и нормированию не подлежит. Таким образом, получим нормированную матрицу накопленного пробега в расчете на одно транспортное средство по партиям закупки:

$$\bar{R}=\begin{pmatrix}\bar{r}_{11} & \bar{r}_{12} & ... & \bar{r}_{1T}\\ ... & ... & ... & ...\\ \bar{r}_{T1} & \bar{r}_{T2} & ... & \bar{r}_{TT}\end{pmatrix},$$

где

$$\bar{r}_{ij}=\begin{cases}\dfrac{\tilde{r}_{ij}}{b_i}, \text{ если } b_t>0;\\ \tilde{r}_{ij}, \text{ если } b_t=0.\end{cases}$$

Каждый элемент рассматриваемой нормированной матрицы накопленного пробега показывает накопленный пробег одного транспортного средства из ***i***-й партии в ***t***-м месяце.

Далее составляется рекурсивная матрица – нормированная матрица затрат на рассматриваемый вид работ по техническому обслуживанию транспортных средств:

$$\overline{TO}=\begin{pmatrix}\overline{to}_{11} & ... & \overline{to}_{1t} & ... & \overline{to}_{1T}\\ ... & ... & ... & ... & ...\\ \overline{to}_{T1} & ... & \overline{to}_{Tt} & ... & \overline{to}_{TT}\end{pmatrix}.$$

В рекурсивной матрице каждый (за исключением первого) элемент каждой строки будет зависеть от предыдущих элементов данной строки:

$$\overline{to}_{it}=\begin{cases}\left\{\dfrac{\bar{r}_{it}}{K}\right\}, t=1;\\ \left\{\dfrac{\bar{r}_{it}}{K\cdot\sum\limits_{j=1}^{t-1}\overline{to}_{ij}+1}\right\}, t>1\end{cases}$$

(фигурные скобки означают, что берется целая часть числа).

Если ***K*** больше r_0, то $\left\{\dfrac{\bar{r}_{it}}{K\cdot\sum\limits_{j=1}^{t-1}\overline{to}_{ij}+1}\right\}$ будет принимать значения, равные ***1*** и ***0***. Если $K < r_0$, то данное выражение может принимать целые значения больше ***1***. Это означает, что в данном месяце указанные затраты будут осуществляться несколько раз.

Для того чтобы вычислить вектор o_{m^*}, необходимо нормированную матрицу $\overline{TO}$ умножить на вектор $\tilde{B}$ и на $o^0_{m^*}$ – величину, равную рассматриваемым затратам на техническое обслуживание одного транспортного средства. Чтобы вычислить вектор количества ***TO*** в каждом периоде, необходимо матрицу $\overline{TO}$ умножить на вектор $\tilde{B}$: $TO=\tilde{B}^T*\overline{TO}$. Однако в данном случае также требуется нивелирование зависимости итоговых значений вектора ***TO*** от параметров, относящихся к будущим периодам.

Вектор текущих затрат на данный вид работ, связанных с техническим обслуживанием транспортных средств, будет рассчитываться следующим образом: $o_{m^*}=o^0_{m^*}*TO$.

Учет снижения (увеличения) затрат (доходов) с течением времени

Некоторые параметры, например затраты, могут изменяться во времени не только потому что изменяется количество эксплуатируемых транспортных средств, но и по другим причинам. Так, затраты на страхование на одно транспортное средство в течение нескольких годовых циклов снижаются до определенного уровня, а затем остаются постоянными.

Основная сложность состоит в том, что данные затраты осуществляются один раз в год, а планирование производится помесячно. В данном случае возможно несколько способов моделирования. Ниже рассматриваются два из них.

Первый предлагаемый способ основывается на аналогичных принципах, которые были применены при моделировании графика выхода на плановые показатели. Однако в данном случае вектор экзогенных параметров задается в виде «вектора векторов»:

$$\tilde{S}=(\tilde{S}_1 \quad \tilde{S}_2 \quad ... \quad \tilde{S}_u),$$

где каждый из векторов $\tilde{S}_k$ имеет размерность (***1 * 12***) и состоит из 1 ненулевого и 11 нулевых элементов. При этом расположение ненулевого элемента во всех векторах $\tilde{S}_k$ одинаково. Индекс ***u*** означает продолжительность периода в годах, в течение которого рассматриваемые затраты уменьшаются. При этом $u * 12 \le T$, где ***T*** – горизонт планирования.

Далее строится матрица ***S***, отражающая график осуществления рассматриваемых затрат по партиям транспортных средств:

$$S=\begin{pmatrix}s_{11} & ... & s_{1t} & ... & s_{1T}\\ ... & ... & ... & ... & ...\\ s_{T1} & ... & s_{Tt} & ... & s_{TT}\end{pmatrix},$$

где

$$s_{it}=\begin{cases}\tilde{s}_{j\cdot k}, t\ge i \text{ и } t\le t-i+1, \text{ где } j\cdot k=t-i+1;\\ s_{i,t-12}, t\ge i \text{ и } t>t-i+1;\\ 0, t<i.\end{cases}$$

Если векторы $\tilde{S}_k$ построены с учетом лага поставки транспортных средств, то для вычисления вектора рассматриваемых затрат необходимо умножить вектор ***B*** на матрицу ***S***:

$$O_{m''}=B^T\cdot S.$$

Если же в каждом векторе $\tilde{S}_k$ ненулевым является первый элемент, то вектор ***B*** следует привести к вектору $\bar{B}$, который будет отражать прибытие транспортных средств от производителя. Данный вектор будет отличаться от вектора ***B*** на лаг l^*. Таким образом будет применена операция лагирования, аналогичная описанной выше.

Другой способ, который можно использовать для моделирования аналогичной зависимости, отличается от предыдущего тем, что изначально задается один вектор размерностью (***1 * u***) без нулевых элементов:

$$\bar{S}=(\bar{s}_1 \quad ... \quad \bar{s}_u),$$

в котором каждый из элементов показывает величину затрат в год эксплуатации ***t***. Если период эксплуатации превышает ***u***, то затраты принимаются равными $\bar{s}_u$.

В данном случае матрица ***S*** будет формироваться следующим образом:

$$s_{it}=0,\frac{t-i}{12}-\left\{\frac{t-i}{12}\right\}\neq 0 \text{ при } t\geq i;$$

$$s_{it}=0, \text{при } t<i;$$

$$s_{it}=\bar{s}_j, \text{при } \frac{t-i}{12}-\left\{\frac{t-i}{12}\right\}=0$$

$$\text{при } t\geq i \text{ и } t<u\cdot 12+i, \text{где } j=\frac{t-i}{12}+1;$$

$$s_{it}=\bar{s}_u, \text{при } \frac{t-i}{12}-\left\{\frac{t-i}{12}\right\}=0 \text{ при } t\geq i \text{ и } t\geq u\cdot 12+i.$$

При таком способе необходимо вектор ***B*** привести к вектору $\overline{B}$, который будет отражать график прибытия транспортных средств от производителя.

Для вычисления вектора рассматриваемых затрат необходимо умножить вектор $\overline{B}$ на матрицу ***S***:

$$O_{m''}=\overline{B}^T\cdot S.$$

Рассмотренные в данной ситуации методы позволяют не только моделировать постепенно уменьшающиеся (увеличивающиеся) затраты, но и производить привязку к календарному планированию, если какие-либо затраты осуществляются раз в год. Стоит отметить, что в данную модель можно ввести дополнительный параметр – периодичность затрат – который в рассмотренном случае был равен 12 месяцам. Тогда возможен учет и таких затрат, которые осуществляются раз в полгода, раз в квартал, раз в два года и т.д.

Учет временных параметров

Обычно при моделировании денежных потоков параметр времени ***t*** считается постоянным. Это означает, что продолжительность любого мероприятия является экзогенно заданной. Однако в реальности это может быть не так. Например, в зависимости от объема закупаемой партии и вида транспортных средств срок их поставки может отличаться от сроков поставки другого вида транспортных средств.

Еще одним примером, в котором необходимо моделировать временные параметры является приобретение оборудования в лизинг: в зависимости от условий лизинга может изменяться лизинговый период, а следовательно, размер лизингового платежа. Кроме того, изменение лизингового периода ведет к изменению момента выкупа транспортных средств, а следовательно, к более раннему или более позднему возникновению других затрат, например, налогов на имущество или транспортного налога. В данном случае менеджер имеет возможность просчитать и сравнить степень влияния на эффективность проекта различных схем лизинга.

Более сложным примером критериального моделирования временных параметров в рассматриваемой модели является самофинансирование, т.е. дальнейшее расширение деятельности за счет прибыли, которая генерируется данным проектом.

Еще одним временным параметром, который требует специального подхода, является горизонт планирования. Так как горизонт планирования определяется, исходя из внутренних характеристик проекта (срок амортизации основного оборудования, инвестиционный период и т.д.), то его значение также может изменяться.

Все другие параметры проекта, которые не характеризуются особенностями, описанными выше, задаются либо в виде вектора, значения которого равны постоянной экзогенной величине (затраты на аренду офиса, заработная плата административного персонала и т.д.), либо в виде вектора, значения которого равны произведению постоянной экзогенной величины и вектора ***B*** (заработная плата водителей, страхование ответственности грузоперевозчика, затраты на аренду автостоянки и т.д.).

Однако необходимо отметить, что необходимо также задать ограничения на величины, которые определяются на основании денежных потоков: в основном это налоги (НДС, налог на имущество, налог на прибыль).

Решением оптимизационной задачи (1) является такой вектор $B^{*T}=(b^*_1 \quad b^*_2 \quad \ldots \quad b^*_T)$, при котором целевая функция ***NPV*** принимает максимальное значение при заданных ограничениях на параметры. Данное равновесие является неустойчивым, и даже при изменении некоторых экзогенных параметров на 1% система может перейти в другую точку локального равновесия $B^{**T}=(b^{**}_1 \quad b^{**}_2 \quad \ldots \quad b^{**}_T)$. Более подробно особенности проведения анализа чувствительности для проектов с неопределенным графиком реализации описаны автором в других научных публикациях[1].

Принципы построения динамической модели для инвестиционного проекта создания транспортной компании с неопределенным графиком реализации, описанные в данной статье, могут быть применены при моделировании денежных потоков других инвестиционных проектов, характеризующихся аналогичными особенностями зависимости параметров проекта. Основное преимущество данной модели состоит в том, что она является динамической и полностью автоматизированной, т.е. изменение какого-либо экзогенного параметра меняет ограничения на эндогенные параметры, в результате чего модель переходит в соответствующую точку равновесия. Применение указанных принципов позволяет смоделировать инвестиционный проект, максимально приближенный к реальным условиям его осуществления, проанализировать риски и разные условия реализации проекта.

Воробьёва Анна Александровна

[1] Например, Воробьева А.А. Проблемы оценки риска в проектах с неопределенным графиком инвестиций. Материалы научных конференций «Ломоносовские чтения 2004-2005-2006» кафедры математических методов анализа экономики экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова / Под общ. ред. М.В. Грачевой, Л.Н. Фадеевой, Ю.Н. Черемных. – М.: МАКС Пресс, 2006.

Литература

1. Виленский, П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: Учеб.-практ. пособие. – М.: Дело, 2001. – 832 с.
2. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 144 с.
3. Колтынюк Б.А. Инвестиционные проекты: Учебник. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2000. – 422 с.
4. Краткие практические указания по оценке эффективности инвестиционных проектов: Методические рекомендации / Авторы разработки Виленский П.Л., Калошина М.Н., Лившиц В.Н., Орлова Е.Р., Смоляк С.А., Тищенко Т.И. – М.: Комитет по оценочной деятельности при Торгово-промышленной палате РФ, 2005. – 68 с.
5. Липсиц И.В., Косов В.В. Экономический анализ реальных инвестиций: учебник / И.В. Липсиц, В.В. Косов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Магистр, 2007. – 383 с.
6. Массе П. Критерии и методы оптимального определения капиталовложений. М.: Статистика, 1971.
7. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: Косов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. – М.: ОАО «НПО «Из-во «Экономика», 2000. – 421 с.
8. Прикладная статистика. Основы эконометрики: Учебник для вузов: В 2 т. 2-е издание., испр. – Т. 2: Айвазян С.А. Основы эконометрики. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 432 с.
9. Риск-анализ инвестиционного проекта: Учебник для вузов / Под ред. М.В. Грачевой. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 351 с.
10. Щелованов Л.Н., Антонова Г.С., Доронин Е.М. Основы теории автоматического управления. Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. http://pds.sut.ru/electronic_manuals/nick-web/Book.htm.

РЕЦЕНЗИЯ

Современные подходы к финансовому моделированию и проектному анализу в последние годы все больше ориентированы на применение математических методов, которые позволяют производить более точные прогнозы и делать более точные оценки. Инвесторы предъявляют высокие требования к расчетам и обоснованию параметров проектов в рамках бизнес-планирования, что вызывает необходимость разрабатывать и внедрять новые подходы к экономической оценке инвестиционных проектов.

В статье автор рассматривает проблему расчетов денежных потоков инвестиционного проекта с точки зрения оптимизационного моделирования. Подобный подход практически не освещен в научно-практической литературе по инвестиционному проектированию, поэтому выбранная проблема является актуальной и должна в дальнейшем быть изучена более глубоко.

Более того, актуальным является то, что в статье отражаются аспекты моделирования неопределенности (автор рассматривает в качестве частного примера инвестиционный проект с неопределенным графиком реализации), что также является одной из важнейших проблем проектного анализа.

Статья является доказательной, и все рассуждения иллюстрируются с помощью формул, таблиц и рисунков. Так как выбранный пример инвестиционного проекта представляет собой достаточно масштабный проект с множеством параметров и ограничений, автор не стремится описать каждый параметр или ограничение, а описывает методику построения динамической оптимизационной модели денежных потоков. Данный подход позволит читателям применять предложенную методику в отношении других проектов с неопределенным графиком реализации, что доказывает универсальность методов, описанных в статье.

Кроме того, освещенный в статье материал обладает не только практической значимостью, но и является ценным с научно-теоретической точки зрения. Автор вводит и определяет термины, а также разрабатывает математические методы, которые ранее не употреблялись при рассмотрении аналогичных вопросов.

В целом статья имеет логичную структуру и описывает основные положения исследования, проводимого в рамках диссертационной работы по теме «Принципы построения динамической оптимизационной модели денежных потоков проекта с неопределенным графиком реализации».

Грачева М.В., д.э.н., профессор, зав. кафедрой ММАЭ при экономическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова

2.2. BEHAVIORAL CASH FLOW MODEL OF THE FORWARDING COMPANY ORGANIZATION PROJECT WITH AN UNCERTAIN INVESTMENT SCHEDULE

A.A. Vorobyeva, Post-graduate Student, Chair of Mathematic Methods of Economic Analysis, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, Manager, UC RUSAL

The article describes the behavioral cash flow model of the real investment project of the forwarding company organization. The project assumes gradual enlargement of an auto park by project's profits reinvesting. The project has a pronounced seasonality of costs; some costs depend on a cumulative race and therefore can change according to the auto park capacity. More other, some costs are not stable during the project life cycle. These specific factors require application of different mathematic methods for modeling of links between parameters of the project, that in its turn allows automatically define the project schedule. Formulas described in the article can be applied for cash flow calculation in MS Excel. The model, which includes all links between project parameters, is totally automatic, that allows making a deep analysis of an investment project including risk-analysis and estimation of economic efficiency indexes according to different initial parameters of the project.