

# Модель формирования самофинансирующегося портфеля проектов

## Model of Self-Financing Portfolio Formation

DOI: 10.12737/13392

Получено: 01 октября 2016 г. / Одобрено: 28 октября 2016 г. / Опубликовано: 19 декабря 2016 г.

### Петренко Е.Ю.

Бакалавр, ассистент кафедры управления проектами, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия, 105187, г. Москва, ул. Кирпичная, 33, e-mail: elena@petrenko.eu

### Petrenko E.Yu.

Bachelor, Assistant, Project Management Department, National Research University Higher School of Economics, 33, Kirpichnaya St., Moscow, 105187, Russia, e-mail: elena@petrenko.eu

### Аннотация

В работе исследуется проблема формирования портфеля бизнес-проектов при ограниченности доступных источников финансирования и поиска решения для нее с помощью модели самофинансирующегося портфеля проектов. В качестве ключевых задач формирования портфеля бизнес-проектов выбраны регулирование использования собственного и заемного капиталов и оптимизация его основных финансовых показателей (*NPV* и затраты). Проанализированы существующие модели формирования портфеля проектов и возможности их применения к поставленной задаче. Разработана модель формирования самофинансирующегося портфеля проектов, позволяющая учесть вышеуказанные факторы. Для поиска решений модели разработан алгоритм и написана программа на языке *JavaScript*, обрабатываемая с помощью браузера. Рассмотрен пример применения модели для решения проблемы формирования портфеля новых бизнесов. Кроме того, получены результаты с помощью *Excel*. Полученные результаты показали эффективность модели в отношении рассмотренной проблемы. Таким образом, полученные варианты портфелей бизнес-проектов позволяют значительно сократить объем требуемых заемных средств и, соответственно, значение финансового рычага и достичь высокого уровня *NPV* при заданных условиях.

**Ключевые слова:** математические модели, управление портфелем проектов, формирование портфеля проектов, самофинансирующийся портфель проектов, финансовый рычаг.

### Abstract

The problem of business portfolio formation with budget constraint using model of self-financing portfolio formation is investigated in this work. This research casts a light on the unexplored practical and theoretical fields of project portfolio management and proposes an effective solution for the problem stated. Basing on the traits of the existing models and factors included in them requirements for the new model were defined. Due to the fact that business projects differ from other kinds of projects new factor was integrated into the model. This factor is the managing the proportion of debt and equity used for investing in portfolio. Except for the limitation on leverage the optimization of the NPV was employed in the model of self-financing portfolio formation. Managing the leverage ratio is important as the exceeding amount of debt means loss of control over business in case of the changing environment. Thus, such model is also aimed at reducing the risk of bankruptcy. The model was implemented for finding results for the elaborated case. The alternatives received proved to be effective for the business portfolio. The proposed model enabled to reduce significantly the amount of debt capital used while preserving close to the initial level of NPV. Thus, the way of solving the problem of business portfolio formation with the model of self-financing portfolio was shown in the work.

**Keywords:** mathematical models, project portfolio management, portfolio formation, self-financing portfolio, leverage.

### Введение

В данной работе рассмотрено формирование портфеля бизнес-проектов (диверсифицированного бизнеса или нескольких бизнесов) с помощью модели самофинансирующегося портфеля проектов. Рассмотрена ситуация, когда необходимо выбрать и запустить портфель бизнесов или же бизнес, включающий в себя несколько направлений (производство нескольких видов товаров) при существующих ограничениях на доступный объем финансовых вложений. Такая ситуация может рассматриваться как управление портфелем проектов, где в качестве проектов будут отдельно взятые бизнесы или товары (группы товаров). Под понятием «*самофинансирующийся портфель проектов*» определяем такой портфель, в котором затраты на запуск всех проектов, кроме первоначальных, могут быть покрыты за счет потоков от уже реализуемых проектов. То есть для осуществления такого портфеля достаточ-

но начальных инвестиций. Таким образом, модель формирования самофинансирующегося портфеля проектов будет включать оптимизацию доходов, ограничения по объемам различных источников финансирования, а также календарное планирование.

Данная проблема важна с практической точки зрения. В современной нестабильной экономической ситуации финансовая независимость компаний от внешних ресурсов приобретает все большую значимость. В условиях экономического кризиса проблемой для компаний становится их неспособность исполнения кредитных обязательств. В таком случае брать больше кредитов становится невыгодно. Следовательно, для снижения риска банкротства целесообразно планировать деятельность так, чтобы минимизировать размер заемных средств.

Примером неудачного управления в условиях негативных рыночных изменений может послужить банкротство группы компаний «Связной» и их пе-

редача за долги кредиторам. После относительно успешного запуска проекта «Связной Банк» группа компаний начала активно расширяться в 2012 г. В ее состав включили большое число стартапов, каждый из которых, в свою очередь, стремились развить за очень короткое время. Для развития бизнеса брались кредиты. Однако спад в экономике в 2013 г. привел к значительному сокращению выручки и, соответственно, прибыли. По итогам 2013 г. только по компании «Связной Банк» убыток составил 2,5 млрд руб. В целом к концу 2013 г. задолженность составила порядка 1 млрд долл. Более того, для преодоления кризисной ситуации в начале 2014 г. был взят кредит у Сбербанка размером \$400 млн. Но даже такое значительное финансирование не позволило компании восстановить работоспособность. В итоге, осенью 2014 г. было объявлено о банкротстве группы компаний и передаче ее активов кредиторам [5]. Этот пример наглядно показывают опасность активного расширения бизнеса за счет большого количества заемных средств в условиях экономического спада и кризиса.

Кроме того, проблеме формирования портфеля бизнесов или создания диверсифицированного бизнеса не было уделено должного внимания в рамках исследований с точки зрения проектного подхода и, соответственно, не было разработано моделей, ориентированных на данную ситуацию. Следовательно, адаптация моделей для формирования портфеля бизнесов полезна не только с практической, но и с теоретической точки зрения.

### Анализ литературы

Кратко рассмотрим существующие модели формирования портфеля проектов и их основные особенности. Важно выделить работы, рассматривающие календарное планирование как часть процесса формирования портфеля проектов, поскольку учет времени и стоимости денег играет большую роль при определении долгосрочной стратегии организации. Под календарным планированием понимаем определение оптимальных периодов старта по каждому из включаемых в портфель проектов.

В своих работах авторы Н. Арчер, Ф. Газемгаде и П. Иогун [6; 11] стремились создать универсальный подход к формированию портфеля, они анализируют различные факторы процесса отбора проектов и включают календарное планирование. В их модели учитывается распределение и доступный объем ресурсов по периодам, при этом максимизи-

руется полезность портфеля в целом, однако вводится предположение об одновременном окончании проектов, накладывающее ограничение на практическое применение.

М.В. Дикинсон и А.С. Торнтон [8] исследовали факторы взаимозависимости между проектами, в их модели целевая функция представляет собой максимизацию фактора  $NPV$  портфеля с добавлением выбора различных периодов начала для проектов. Синергия между проектами учитывается путем включения коэффициента перед значениями  $NPV$  проектов. Также авторы вводят ограничение по разнообразию проектов в портфеле. Сходные идеи в этом направлении высказываются в работе В. Гутьяр, К. Дёрнер и др. [9; 10].

Решение проблемы объединения отбора проектов и их календарного планирования исследуется в работе А.Ф. Карасо, Т. Гомес, Дж. Молина и др. [7]. Авторы вводят новый фактор в модели формирования портфеля — реинвестирование освобождающегося капитала. Проекты могут иметь различные периоды начала и завершения, соответственно, доходы, получаемые от них, и освобождающиеся ресурсы могут быть вложены в последующие проекты или финансовую деятельность. Учет данного факта позволяет более адекватно оценивать общий доход и  $NPV$  по портфелю и увеличивает оценку эффективности использования всех ресурсов компании.

В. Гутьяр, С. Катценштейнер, П. Рейтер и др. [12] отходят от широко применимого подхода оценки полезности проектов и оценивают значение полезности, получаемой от роста компетенций работников в процессе реализации проектов, в качестве целевого показателя. Соответственно, выбираются такие проекты, которые способствуют наилучшему развитию навыков членов команды проекта. Кроме того, их модель, так же как и предложенные К. Дёрнер, В. Гутьяр и др. [9] и Г. Ху, Л. Ванг, С. Фетч, Б. Биданда, [15], использует многоцелевую оптимизацию. Последние используют несколько функций для одновременной максимизации доходов и минимизации затрат.

В работе Х. Хуанга, Л. Хианга, М.Н. Ислама [14] решается проблема учета факторов риска и неопределенности, где вместо точной оценки  $NPV$  проектов используются их математические ожидания, а максимально допустимые значения отклонений от мат. ожиданий заданы в виде ограничений модели, таким образом регулируя уровень риска порт-

феля. Также авторы решают проблему дополнения и корректировки уже существующего портфеля. Их модель позволяет определить оптимальный набор проектов для включения в портфель и периоды их старта, и при корректировке имеющегося портфеля учитываются возможные доходы от проектов при их прекращении и продаже активов.

Модель Ф. Переса и Т. Гомеса [16] объединяет в себе все преимущества модели Карасо, Гомеса и др., добавляя теорию нечетких чисел в формирование некоторых ограничений. Так, ими было использовано понятие нечетких чисел для задания параметров ресурсных ограничений и эффекта синергии.

Соответственно, существующие работы исследуют вопрос интеграции планирования в модель формирования портфеля не в должной степени, оставляя большое число направлений для дальнейшего развития. В том числе Н.П. Арчер и Ф. Газемзаде отмечают в своей работе [6] необходимость разработки более гибкой модели, в рамках которой ЛПР будет иметь большее влияние на выбор оптимального решения, и, соответственно, модель не будет определять единственно возможное оптимальное решение.

Таким образом, проблема формирования портфеля новых бизнесов или диверсифицированного бизнеса является наименее изученной с теоретической точки зрения и обладает значимыми отличиями от других практических проблем, ограничивающими применение к ней существующих моделей. Кроме того, на практике при создании портфеля бизнес-проектов важно планировать соотношение между собственным и заемным капиталом. Рассмотренные модели не включают в себя задачу регулирования источников и объемов доступного финансирования, поэтому была сформулирована и разработана модель формирования самофинансирующегося портфеля проектов. Она позволит рассмотреть проблему с иной точки зрения и обеспечить альтернативный подход к формированию портфеля, позволяющий расширить возможности управления затратами на реализацию проекта, структурой капитала. Данная модель будет применена к созданному примеру для получения практических результатов и выделения ее достоинств и недостатков.

### **Управление портфелем бизнесов (анализ проблемной области)**

Создание диверсифицированного бизнеса или группы компаний имеет свои особенности. Во-пер-

вых, для инициации такого портфеля проектов требуются большие начальные вложения. Для нового бизнеса получение большого заемного капитала происходит с условием одновременного вложения определенного объема собственного капитала. Значит, при отсутствии достаточного объема собственных средств возникают сложности в привлечении заемных. Это накладывает ограничение на одновременный старт проектов портфеля. То есть при формировании портфеля бизнесов нужно учитывать доступный объем средств для инвестирования. Если все проекты будут запускаться одновременно, то для сокращения объемов финансирования необходимо снизить общее число проектов. В случае же последовательной реализации проектов начальные инвестиции уже будут снижены, а финансирование последующих проектов будет обеспечено поступающими доходами от реализуемых. Помимо этого, последовательная реализация нескольких проектов дает большую гибкость в проведении изменений, в особенности в условиях нестабильной внешней среды, неблагоприятной экономической ситуации. При последовательном старте проектов есть возможность внесения изменений в отношении еще не начатых проектов без значительных потерь.

Во-вторых, само по себе планирование соотношения заемного и собственного капиталов важно, чтобы уменьшить риск передачи бизнеса при неблагоприятном сценарии и оптимизировать стоимость капитала. То есть ЛПР должен видеть необходимые инвестиции в портфель по каждому периоду и возможности использования собственных средств для их покрытия. В этом случае можно регулировать не только общее соотношение заемных и собственных средств по портфелю, но по каждому периоду в отдельности. Таким образом, проблема совмещения календарного планирования и финансовых ограничений вместе с процессом выбора проектов становится все более актуальной. При формировании такого портфеля следует учитывать доход, получаемый от проектов, необходимые начальные инвестиции, доступный объем собственных средств и предельный размер заемных, а также порядок, в котором проекты должны начинаться, чтобы выполнялись предыдущие условия.

В данной работе будет составлена и применена модель формирования самофинансирующегося портфеля проектов, позволяющая регулировать соотношение собственного и заемного капиталов. В первой части будет сформулирована модель са-

мофинансирующегося портфеля проектов и адаптирована существующая модель для применения к проблеме формирования бизнес-проектов, а также рассмотрен алгоритм поиска решений для двух указанных моделей. Во второй части будет приведен пример использования моделей и сравнены полученные результаты.

### Модель самофинансирующегося портфеля проектов

Под понятием «самофинансирующийся портфель проектов» обозначим такой портфель, в котором все потоки по периодам, кроме тех, где осуществлялись начальные инвестиции для старта, неотрицательные; т.е. для реализации портфеля необходимы только начальные инвестиции, а все дальнейшие затраты (в том числе на запуск последующих проектов) могут быть покрыты за счет положительных потоков от уже реализующихся проектов. Формулируем такую модель, в которой будет выполняться условие самофинансирования портфеля, и которая также будет оптимизировать  $NPV$  портфеля.

#### Формулировка модели

В целом, задача, на решение которой направлена модель, может быть сформулирована следующим образом. Пусть имеется набор проектов и программ, из которых требуется сформировать портфель. Общий объем инвестиций, необходимый для реализации всех этих проектов, равен  $I$ . При этом имеется  $I_D$  — доступный объем заемных средств, а  $I_E$  — доступный объем собственных средств на начальный момент, и  $I_D + I_E < I$ . То есть доступные средства не позволяют реализовать все проекты и возникает необходимость в отборе. Следовательно, интересно рассмотреть, какие проекты могут быть отобраны и какой порядок их реализации может быть задан, чтобы при имеющемся объеме и структуре финансирования получить максимальное значение  $NPV$  по портфелю. Соответственно, за счет принципа самофинансирования число проектов в портфеле может быть увеличено и реализовано с использованием собственного капитала.

Имеется  $N$  проектов и задано  $T$  периодов.

По каждому проекту заданы потоки  $[x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{ij}]$  по каждому периоду ( $j$  — число периодов, в течение которых осуществляется  $i$ -ый проект), количество которых определяет длительность проекта, а также задан максимальный доступный объем вложений в портфель —  $Inv^*$ .

$D$  — максимальная длительность реализации всего портфеля.

$X_{ij}$  — поток по проекту  $i$  в период времени  $j$  ( $i = 0, \dots, N$ ).

$NPV$  по проекту  $i$ :

$$NPV_i = \sum_{j=0}^{ji} \frac{x_{ij}}{(1+r_i)^{t_i+j}},$$

где  $r_i$  — ставка дисконтирования по проекту  $i$ ;

$t_i$  — период старта проекта  $i$ ;

$t_i \leq D - ji$ .

Суммарное  $NPV$  по портфелю:

$$NPV = \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^{ji} \frac{x_{ij}}{(1+r_i)^{t_i+j}} a_i,$$

где  $a_i = \{0;1\}$  — выбор проекта  $i$  для включения в портфель.

(Переменные модели:  $t_i$  и  $a_i$ ).

Потоки по каждому периоду:

$CF_k$  — суммарный дисконтированный денежный поток в период  $k$ :

$$CF_k = \sum_{i=1}^N \frac{x_{i,k-t_i}}{(1+r_i)^k} * a_i, \text{ при } t_i > k \text{ } x_{i,t_i-k} = 0$$

$II$  — первоначальные инвестиции в портфель, после которых наступает период с неотрицательным денежным потоком.

$CF_0 < 0$

$$II = \begin{cases} CF_0, & CF > 0 \\ CF_1 + CF_0, & CF_2 > 0 \\ CF_{T-1} + \dots + CF_0, & CF_T > 0 \end{cases} = \sum_{l=0}^{T-1} CF_l, \text{ } CF_{l+1} > 0;$$

$$\begin{cases} \max NPV \\ CF_k \geq 0, \text{ } k = l+1, \dots, T. \\ II \leq Inv^* \end{cases}$$

Таким образом, потоки по всем периодам, кроме начальных, неотрицательные, что означает возможность реализации портфеля без дополнительных внешних заемных средств. Это определяет самофинансирующийся портфель проектов.

#### Описание алгоритма поиска решения

Для применения разработанной модели формирования самофинансирующегося портфеля проектов был разработан алгоритм поиска решения.

В рассматриваемой ситуации у компании имеется набор из  $n$  проектов, из которого необходимо выбрать некоторое число  $k$  проектов таким образом, чтобы их все можно было осуществить за выбранный временной промежуток и при этом выполнялось условие самофинансирования портфеля. В качестве целевой функции выбрана максимизация  $NPV$ , однако также можно использовать минимизацию начальных затрат или же делать модель многоцелевой, совмещая минимизацию затрат с максимизацией доходов.

Для решения данной задачи разумно выбрать составление эвристического алгоритма, поскольку перебор всех возможных вариантов выбора проектов из множества и их различных распределений по временным периодам представляет собой задачу высокой вычислительной сложности, если число проектов и периодов их осуществления достаточно высоко. Число возможных вариантов выбора  $k$  проектов из общего множества  $n$  проектов равно числу сочетаний из  $n$  по  $k$ :  $C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$ . Затем, если

каждый проект имеет  $t_k$  вариантов старта, то общее число вариантов различных комбинаций стартов  $k$  проектов будет равно произведению  $\prod t_k$ . Следовательно, общее число возможных комбинаций

будет равно произведению этих двух чисел —  $\frac{n! \prod t_k}{k!(k-t)!}$ .

При этом число  $k$  выбираемых проектов также является неизвестным, принимая значения от 1 до  $n$ , а значит, количество вариантов еще увеличивается. (Только для примера ГК «Связной» число вариантов при выборе всех проектов превышает 16,5 млн, при том что в нем рассматривается всего 10 проектов и максимальное множество периодов начала для проекта равно десяти. Если рассматривать возможность включения в модель от 6 до 10 проектов, то общее число альтернатив превышает 6,4 млрд). При таких количествах возможных вариантов портфеля применение алгоритма, перебирающего все возможные решения, представляется достаточно затруднительным. В данном случае эвристический алгоритм представляется наиболее оптимальным методом решения заданной проблемы.

Число выбираемых проектов является переменной, поскольку невозможно заранее определить, какое количество проектов можно будет реализовать за выделенный период времени, при условии раз-

личных временных и финансовых характеристик проектов.

В разработанном алгоритме с помощью генерации случайных чисел выбирается число и номера проектов, которые будут включены в портфель. Входными данными являются потоки по каждому из проектов, а также общее число периодов для реализации всего портфеля. Затем, также с помощью получения случайных чисел, определяются периоды начала для каждого из выбранных проектов. На основе всех этих данных формируется некоторый портфель, для которого проверяется выполнение условия самофинансирования и временных ограничений. Если все условия выполняются, то такой проект сохраняется как возможный вариант. При большом количестве повторений данного алгоритма получаем список возможных портфелей, из которого выбирается оптимальный с учетом заданной цели (минимизации начальных инвестиций или максимизации доходов).

Важно отметить, что возможность формирования самофинансирующегося портфеля существует, если в целом суммарные дисконтированные расходы по портфелю не превышают доходы. Это означает, что в итоговом портфеле могут присутствовать и не окупающиеся проекты при условии наличия в нем также проектов с ненулевым  $NPV$ .

Для корректности вычислений и для удобства автоматизации алгоритма в начале работы потоки по каждому из проектов приводятся к нулевому периоду. Кроме того, затраты и доходы по проекту распределяются по периодам жизни проекта. Далее в процессе выполнения алгоритма после определения периодов старта каждого из проектов потоки по ним приводятся к соответствующим периодам времени, в которых будет реализовываться проект.

Помимо этого, при генерации случайных чисел для определения номеров выбираемых проектов необходимо задать условие, позволяющее выбрать  $k$  различных не повторяющихся чисел, поскольку проект не может быть включен в портфель несколько раз.

Алгоритм:

- 1) определение значений денежных потоков по каждому из проектов и необходимого количества периодов времени для реализации. Соотнесение потоков с каждым из периодов;
- 2) генерация случайного числа, определяющего количество проектов, которые будут включены в портфель;

- 3) генерация случайных чисел, определяющих номера выбираемых проектов. Этим условием обеспечиваем получение различных комбинаций проектов в портфеле;
- 4) для каждого из проектов генерация случайного числа, определяющего период старта проекта. Диапазон значения случайного числа задается таким, чтобы при наиболее позднем периоде начала проект мог быть завершён до желаемого периода окончания реализации всего портфеля. То есть числа генерируются в промежутке от нуля до числа = желаемое окончание портфеля — длительность проекта;
- 5) приведение потоков по проекту к заданным периодам времени, основываясь на периоде старта;
- 6) суммирование потоков по проектам по каждому из периодов;
- 7) проверка выполнения условия самофинансирования;
- 8) вычисление значения *NPV* портфеля;
- 9) сохранение данных о портфеле в случае положительного результата в предыдущем действии; если нет — возвращаемся к пункту 2;
- 10) сравнение полученных результатов и выбор оптимального.

Данный алгоритм позволяет получать близкие к оптимальному решения, причем чем большее число итераций произведено, тем больше вероятность получить наиболее близкое к оптимальному решение.

#### *Анализ модели самофинансирующегося портфеля (в выводы)*

Представленная модель имеет некоторые отличия от рассмотренных в теоретической части моделей. Наиболее поздние модели следовали тенденции к созданию всеобъемлющих моделей, включающих в себя большое число факторов и требующих, соответственно, сложных алгоритмов и программ для решения. При разработке предлагаемой модели же было вновь обращено внимание на стремление к упрощению модели, чтобы формулировка и принцип поиска решения были понятны ЛПР и не требовали особых инструментов для поиска решения. Были использованы небольшое количество параметров и линейные уравнения. В то же время любая подобная модель является в своем роде конструктором, в который можно встраивать дополнительные элементы по необходимости, добиваясь индивиду-

ализации в каждой отдельной ситуации (кастомизация под нужды определенной компании). В разработанную модель можно добавлять условия возникновения эффекта синергии и эффекта влияния его на результаты реализации проектов. Также неучтенным фактором остается возможность реинвестирования положительных потоков для получения дополнительного дохода (рублевые вклады — 15%, долларовые и евро — 7%). Соответствующий коэффициент может быть добавлен в функцию расчета *NPV*. Помимо этого, в качестве уравнений ограничений могут быть добавлены требования к сбалансированности портфеля или к распределению любых видов ресурсов. Достаточная простота формулировки модели позволяет ей являться основой, которую можно изменять в соответствии с различными условиями и требованиями.

Помимо этого, отличительные черты касаются управления затратами и ресурсами. Основная часть моделей исходит из стремления к управлению и оптимизации полезности, получаемой за счет реализации портфеля проектов, добавляя при необходимости ограничения для контроля других факторов, отошедших на второй план. Данная модель, напротив, фокусируется на управлении финансовыми ресурсами. Главной задачей модели является создание такого инструмента, который бы позволил менеджеру портфеля видеть, анализировать и управлять затратами на проекты в каждый период времени, в то же время сохраняя оптимизацию доходов, необходимую для достижения целей компании. Одним из главных отличий такой модели является регулирование финансового рычага посредством ограничения объема заемного капитала и использования собственного. Акцент на необходимых вложениях в портфель позволяет управлять структурой капитала, планировать займы так, чтобы даже при неблагоприятных условиях оставалась возможность сохранения контроля над бизнесом. Таким образом, модель позволяет собственникам бизнеса управлять эффективностью используемого капитала.

Кроме того, другие модели используют условия ограничения финансирования проекта по каждому из периодов, в то время как в предлагаемой задается только переменная старта проекта. При этом и в том и в другом случае предполагается, что после запуска проект реализуется непрерывно. Соответственно, данный подход уменьшает число переменных и исключает возможность возникновения ситуации, когда в проекте может появиться разрыв по

причине недостатка средств. Модель самофинансирующегося портфеля обеспечивает непрерывность реализации проектов при сохранении благоприятных внешних условий.

И наоборот, большинство моделей, оптимизирующих NPV портфеля, используют в качестве входных данных сразу NPV по проектам, в то время как в модели самофинансирующегося портфеля проектов используются потоки по проектам по каждому периоду в отдельности. Это дает большую картину по портфелю в целом.

Неодновременное начало проектов в портфеле ограничивает эффективность портфеля в целом, поскольку проекты могут быть сдвинуты во времени к моменту, когда их реализация становится неактуальной. В особенности данная проблема касается инновационных проектов, в которых перво-степенное значение играет скорость реализации проекта. С другой стороны, портфель, состоящий только из стартапов, является высокорисковым, и для его оптимизации требуется включение в его состав также проектов с высокой вероятностью успеха. То есть портфель бизнес-проектов должен был сбалансированным с точки зрения риска так же, как и инвестиционный портфель. Но и при таком условии целесообразно устанавливать значение максимальной длительности реализации портфеля и, при необходимости, наиболее поздние сроки старта для определенных проектов. Тогда для каждого проекта будет установлен временной промежуток, в течение которого он должен быть начат, чтобы сохранялась его актуальность.

Таким образом, сформулированная модель имеет собственные преимущества и предлагает аль-

тернативный подход к управлению портфелем проектов. Фокусировка на затратах на реализацию портфеля и учет возможности использования получаемых промежуточных доходов определяют отличный от существующих подходов к портфельному управлению. При этом сохраняется цель оптимизации дохода, получаемого от портфеля, характерная для большинства существующих моделей.

### Применение разработанных моделей формирования портфеля

#### Описание примера

В данном случае рассмотрим пример организации портфеля проектов как группы компаний, т.е. включающего. Главной целью при этом будет сокращение начальных вложений и уменьшение использования заемного капитала. Предлагаемый пример включает в себя информацию по 10 проектам, в том числе требуемые начальные инвестиции, последующие потоки по периодам, длительность реализации (табл. 1).

Длительность реализации всех проектов, начатых одновременно, составляет четыре полных года и один квартал (17 периодов). По окончании реализации проектов предполагается продажа бизнесов.

Общие показатели по портфелю (при одновременном запуске проектов):

$C = -1017,4$  (инвестиции, которые не могут быть покрыты за счет собственных средств — нераспределенной прибыли);

$NPV = 357,3$  (с учетом одновременного начала всех проектов).

Таблица 1

Потоки по всем проектам, в млн долл.

Проект №	Дисконт.	Периоды: 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1,15	-45	-20	5	8	11	17	25	30									
2	1,2	-150	-120	-40	-30	15	20	27	35	40	47	50	54	58	60	62	65	220
3	1,17	-100	-120	-100	-20	15	21	25	29	37	40	46	50	54	56	59	60	300
4	1,2	-90	-50	0	12	18	24	35	40	54								
5	1,12	-35	0,8	1,5	4,5	7	7,8	9	10	18								
6	1,16	-15	-5	0	1,5	2,5	4	7	10	13								
7	1,15	-60	-30	7	8	12	14	15	16	18	20	40						
8	1,05	-15	-10	0	0,5	1	1,4	2,5	3	3,7	4,5	5	6					
9	1,1	-20	-20	2	5	7	9	12	15	20								
10	1,03	-3	-1	-1	0	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5					

Рентабельность ЗК =  $NPV/C = 0,37$  (рентабельность затрат, в данном случае обеспечивающихся за счет заемного капитала).

В данном случае принимаем, что все инвестиции финансировались за счет заемного капитала. При применении модели будем полагать, что начальные инвестиции покрываются заемным капиталом, а дальнейшие затраты покрываются за счет получаемой прибыли, т.е. уже собственными средствами.

Доступный объем заемных средств = 750. Соответственно, необходимо спланировать портфель так, чтобы требуемые инвестиции, не покрываемые прибылью, составляли менее 750 млн.

#### Применение эвристического алгоритма

Таблица 2

#### Результаты применения разработанного эвристического алгоритма

№ проекта/ период старта	I вариант	II вариант	III вариант	IV вариант
1	9	10	5	8
2	–	–	0	0
3	1	0	0	0
4	7	2	7	–
5	10	8	4	0
6	9	4	3	7
7	0	5	5	4
8	0	6	–	–
9	10	7	8	5
10	3	5	–	5
<i>NPV</i>	227,35	231,93	344,067	345,27
<i>Investment</i>	–436,18	–487,88	–733,82	–708,10
Рентабельность ЗК	0,52	0,48	0,47	0,49
<i>Leverage</i> (Финансовый рычаг)	2,03	2,57	3,2	4,4

#### Применение надстройки «Поиск решения» MS Excel

Таблица 3

#### Результаты применения надстройки «Поиск решения» MS Excel

Проект	V вариант (ЗК < 500)	VI вариант (ЗК < 750)	VII вариант (ЗК < 680)	VIII вариант (обратная)
1	4	6	7	4
2	–	0	0	0
3	0	0	0	0
4	7	7	–	–
5	0	0	5	0

Окончание табл. 3

Проект	V вариант (ЗК < 500)	VI вариант (ЗК < 750)	VII вариант (ЗК < 680)	VIII вариант (обратная)
6	0	0	8	8
7	0	4	6	0
8	5	5	–	–
9	0	0	3	5
10	0	–	–	–
<i>NPV</i>	246,47	350,72	342,71	350,34
<i>Investment</i>	–486,85	–745,14	–679,01	–756,85
Рентабельность ЗК	0,51	0,47	0,5	0,46
Финансовый рычаг	2,36	2,92	3,81	6,02

Данные решения были получены с помощью надстройки «Поиск решения», эволюционного решения. При таком методе программой используется генетический алгоритм, являющийся одним из видов эвристического алгоритма, который, соответственно, не обеспечивает нахождение оптимального варианта, но позволяет найти хорошее решение в части случаев, являющихся достаточно близкими к оптимальному.

#### Анализ полученных результатов

В двух таблицах представлены результаты применения двух программ. При использовании надстройки *Excel* видно, что программа ищет альтернативы, наиболее близкие к задаваемым значениям ограничений. Например, при задании максимального объема использования заемных средств, равного 500, она находит такие, в которых размер заемных средств стремится к данному значению. В разработанном алгоритме нет такой возможности, из-за чего он с меньшей вероятностью находит более хорошие альтернативы по приближению к максимуму *NPV*. Однако он позволяет увидеть более широкую картину, более разнообразные результаты, возможные при заданных ограничениях. На основании таких результатов можно увидеть зависимость между значением *NPV* и заемным капиталом и оценить эластичность *NPV* по объему внешних вложений. Таким образом, данный алгоритм целесообразно применять на начальной стадии для уточнения границ задаваемых ограничений.

В данном случае видно, что эластичность *NPV* по ЗК очень низкая и небольшое увеличение объемов ЗК не приводит к значимым изменениям в *NPV*. Видно, что чем более приближается значение



$NPV$  к первоначальному (с одновременным стартом всех проектов), тем большему увеличению размера ЗК оно соответствует. Следовательно, в некоторых случаях выгоднее принять альтернативу с чуть меньшим  $NPV$ , но которая обладает гораздо большей рентабельностью ЗК и, соответственно, меньшим значением финансового рычага.

В табл. 2 продемонстрированы 4 решения, полученные с помощью разработанного алгоритма при ограничении на ЗК в 750 млн. Четвертая альтернатива по значению  $NPV$  и объему требуемого ЗК является наилучшей. В то же время, можно заметить, что третья альтернатива характеризуется меньшим значением финансового рычага, сокращая финансовый риск портфеля, что также может оказывать влияние при выборе. Первые две альтернативы отличны от других, поскольку позволяют сократить использование ЗК почти вдвое, хотя и при условии сокращения  $NPV$ . Но такие альтернативы могут быть полезны при более жестких кредитных ограничениях, а также необходимости снижения финансового рычага. Поскольку соотношения между  $NPV$  и ЗК во всех четырех альтернативах различаются незначительно, они все являются эффективными с точки зрения использования ЗК.

В табл. 3 представлены четыре альтернативы, полученные в *Excel*. Первые три альтернативы различаются по заданным значениям ограничений, вторая соответствует исходным условиям, в то время как первая и третья были получены после корректировки ограничений на основании результатов разработанного алгоритма. Ограничения были скорректированы до 500 и 710 соответственно. Последняя альтернатива была получена путем применения «обратной» модели: минимизации требуемых заемных средств при ограничении, что  $NPV$  не может быть меньше 440. Можно видеть, что данный подход оказывается неэффективным при решении с помощью *Excel*, поэтому нельзя говорить об универсальности применения данной программы для решения задач такого типа. Третья альтернатива является наилучшей при заданных условиях. Однако снова можно выделить первую альтернативу, имеющую низкое значение финансового рычага и высокое значение рентабельности ЗК.

В целом наилучшее решение поставленной цели задачи было получено с помощью надстройки *Excel*. При этом, данный инструмент работает наиболее эффективно при необходимости максимального приближения значений к задаваемым ограничени-

ям. В противном случае, разработанный эвристический алгоритм позволяет получить более выгодные результаты. Кроме того, важно отметить, что при применении эвристического алгоритма получаемые альтернативы чаще включали в себя только один из двух проектов (второй и третий), поскольку их совместная реализация означает значительное увеличение объема ЗК. Также реже включались восьмой и 10-й проекты, имеющие наименьшее значение  $NPV$ , причем при использовании как *Excel*, так и эвристического алгоритма.

Таким образом, были получены хорошие альтернативы, доказывающие возможность значительно увеличить рентабельность заемного капитала для инвестирования в портфель и сократить общий объем данных вложений при достаточно маленьком снижении значения  $NPV$  портфеля при использовании модели формирования самофинансирующегося портфеля проектов.

#### *Ограничения модели формирования самофинансирующегося портфеля проектов*

В процессе разработки модели были выявлены факторы, включение которых в модель будет способствовать повышению эффективности решения проблемы. Это эффект синергии, реинвестирование доходов и оценка рентабельности.

Как было отмечено выше, многие модели включают в себя учет влияния эффекта синергии на результаты портфеля. В данном случае при наличии экономической или ресурсной зависимости между проектами, этот фактор может влиять как на затраты на реализацию проекта, так и на значение  $NPV$  в целом. Следовательно, при дальнейшем исследовании модели необходимо разработать соответствующий коэффициент.

Возможность реинвестирования доходов также использовалась в некоторых моделях, и имеет ключевое значение для точности расчетов прибыли портфеля. В данной работе этот фактор был опущен для упрощения проведения расчетов. Но он необходим для адекватного расчета  $NPV$  проектов.

Помимо этого, на этапе сравнения полученных решений моделей была выявлена выгода от включения оценки рентабельности. При выделении множества Парето оптимальных альтернатив, было принято решение проанализировать уровни рентабельности затрат портфелей, поскольку с его помощью возможно оценить эффективность моделей, у которых разницы между затратами и значениями

*NPV* однонаправлены. Основываясь на полученных результатах, можно сделать вывод, что для модели самофинансирующегося портфеля возможно использование коэффициента рентабельности вместе с введением также бюджетного ограничения для сокращения множества Парето оптимальных решений и получения более эффективного решения.

Наконец, стоит отметить, что теории вероятностей и нечетких чисел также могут быть использованы в модели самофинансирующегося портфеля проектов. Если использовать в качестве оценок потоков по проектам их ожидаемое значение или значения в виде нечетких чисел, то с использованием вероятных отклонений могут быть добавлены дополнительные ограничения по допустимому уровню риска. Также это повысит устойчивость получаемых решений по отношению к возможным изменениям.

### Заключение

Проведение данного исследования позволило выявить неизученные практические и теоретические области в сфере формирования портфеля проектов и разработать решение поставленной проблемы. В работе исследовалось формирование портфеля бизнес-проектов, ключевыми задачами для которого стали регулирование соотношения собственного и заемного капиталов, оптимизация времени реализации портфеля и его основных финансовых показателей (*NPV* и затраты). Была разработана модель формирования самофинансирующегося портфеля проектов, позволяющая учесть все вышеуказанные факторы. Данная модель позволяет отбирать бизнес-проекты и устанавливать для них периоды начала, оптимизируя доходы и управляя значением финансового рычага.

Для поиска решений моделей был разработан алгоритм и написана программа на языке *JavaScript*, обрабатываемая с помощью браузера. Данные мо-

дели были применены к решению проблемы формирования портфеля новых бизнесов на примере формирования группы компаний. Также была использована надстройка *Excel* «Поиск решения», позволившая улучшить некоторые первичные альтернативы. Полученные данные показали эффективность модели в отношении рассмотренной проблемы. Так, полученные варианты портфелей бизнес-проектов значительно сокращали объем требуемых внешних средств при незначительном отклонении значения *NPV* от исходного и не увеличивали длительность реализации портфеля. Соответственно, было получено эффективное решение проблемы формирования портфеля бизнес-проектов с помощью разработанной модели самофинансирующегося портфеля проектов.

Сформированная модель остается открытой для внесения изменений, и имеется множество направлений ее дальнейшего развития. В работе было предложено ее усовершенствование при помощи добавления дополнительных ограничений или замены целевой функции. Помимо внесения изменений в модель, целесообразно проведение оценки устойчивости алгоритма, которая позволит выявить ограничения по областям, в которых модель может использоваться, и данным, которые могут вводиться в нее. В данной работе она не была проведена вследствие отсутствия необходимого объема данных. Кроме того, интересно применение данной модели к организации бизнеса, включающего пять основных направлений деятельности: производство, розничная торговля, оптовая торговля, франчайзинг и интернет-ритейл. В этом случае, в зависимости от специфики отрасли, возможны различные комбинации, составленные из обозначенных направлений, а также различный порядок их запуска. Таким образом, данная модель может быть применима для различных областей, и интересна оценка ее эффективности в разных ситуациях.

### Литература

1. Аньшин В.М. Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности [Текст] / В.М. Аньшин [и др.]. — М.: МАТИ, 2008. — 194 с.
2. Зубова Е., Тофанюк Е. Миллиардер без миллиарда: долги основателя «Связного» почти равны его активам [Электронный ресурс] // *Forbes*, 13.10.2013. — URL: <http://www.forbes.ru/milliardery/246104-milliarder-bez-milliarda-dolgi-osnovatelya-svyaznogo-pochti-ravny-ego-aktivam>
3. Петренко Е.Ю. Математические модели формирования портфеля проектов // *Российский журнал управления проектами*. — 2014. — № 4. — С. 33–53.
4. Петренко Е.Ю. Математические модели формирования портфеля проектов: типология моделей и разработка модели формирования самофинансирующегося портфеля проектов. — LAP Lambert Academic Publishing, 2015. — 100 с.
5. Тофанюк Е., Левинская А. и др. Просчет «Связного»: почему Максим Ноготков потерял половину бизнеса [Электронный ресурс] // РБК, 28.11.2014. — URL: <http://>

- top.rbc.ru/business/28/11/2014/547761afcb20f14f7aece9c
6. Archer N.P., Ghasemzadeh F. Portfolio selection techniques: A review and a suggested integrated approach. Innovation Research Center Working Paper 46, School of Business, McMaster University, Hamilton, ON, 1996.
  7. Carazo A.F., Gomez T., Molina J., Hernandez-Diaz A.G., Guerra F.M., Caballero R. Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection // Computers & Operations Research. 2010. Vol. 37. P. 630–639.
  8. Dickinson M.W., Thornton A.C., Graves S. Technology portfolio management: optimizing interdependent projects over multiple time periods // IEEE Transactions on engineering management. 2001. Vol. 48. No. 4.
  9. Doerner K., Gutjahr W.J., Hartl R.F., Strauss C., Stummer C. Pareto Ant Colony optimization: A metaheuristic approach to multiobjective portfolio selection // Annals of Operational Research. 2004. No. 131. P. 79–99.
  10. Doerner K., Gutjahr W.J., Hartl R.F., Strauss C., Stummer C. Pareto ant colony optimization with ILP preprocessing in multiobjective project portfolio selection // European Journal of Operational Research. 2006. No. 171. P. 830–841.
  11. Ghasemzadeh F., Archer N.P., Iyogun P. A zero-one model for project portfolio selection and scheduling // The Journal of the Operational Research Society. 1999. Vol. 50. No. 7. P. 745–755.
  12. Gutjahr W.J., Katzensteiner S., Reiter P., Stummer C., Denk M. Competence driven project portfolio selection, scheduling and staff assignment // Central European Journal of Operations Research. 2008. No. 16. P. 281–306.
  13. Gutjahr W.J., Katzensteiner S., Reiter P., Stummer C., Denk M. Multi-objective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection // European Journal of Operational Research. 2010. No. 205. P. 670–679.
  14. Huang X., Xiang L., Islam M.N. Optimal project adjustment and selection // Economic Modelling 36, 2014, P. 391–397.
  15. Hu G., Wang L., Fetch S., Bidanda B. A multi-objective model for project portfolio selection to implement lean and Six Sigma concepts // International Journal of Production Research. 2008. Vol. 46. No. 23. P. 6611–6625.
  16. Perez F., Gomez T. Multiobjective portfolio selection with fuzzy constraints // Annals of Operations Research. 2014. P. 1–23.
- References**
1. An'shin V.M., Demkin I.V. *Modeli upravleniya portfelem proektov v usloviyakh neopredelennosti* [Model portfolio management under uncertainty]. Moscow, MATI Publ., 2008. 194 p.
  2. Petrenko E.Yu. *Matematicheskie modeli formirovaniya portfelya proektov* [Mathematical models of the formation of a portfolio of projects]. *Rossiyskiy Zhurnal Upravleniya Proektami* [Russian Journal of Project Management]. 2014, I. 4, pp. 33–53.
  3. Petrenko E.Yu. *Matematicheskie modeli formirovaniya portfelya proektov: tipologiya modeley i razrabotka modeli formirovaniya samofinansiruyushchegosya portfelya proektov* [Mathematical models of the formation of the portfolio: the typology of models of formation and development of self-financing model portfolio]. LAP Lambert Academic Publishing, 2015, 100 p.
  4. Archer N.P., Ghasemzadeh F. Portfolio selection techniques: A review and a suggested integrated approach, // Innovation Research Center Working Paper 46, School of Business, McMaster University, Hamilton, ON, 1996.
  5. Carazo A.F., Gomez T., Molina J., Hernandez-Diaz A.G., Guerra F.M., Caballero R. Solving a comprehensive model for multiobjective project portfolio selection // Computers & Operations Research, Vol.37, 2010. P. 630–639.
  6. Dickinson M.W., Thornton A.C., Graves S. Technology portfolio management: optimizing interdependent projects over multiple time periods // IEEE Transactions on engineering management, Vol. 48 No.4 November, 2001.
  7. Doerner K., Gutjahr W.J., Hartl R.F., Strauss C., Stummer C. Pareto Ant Colony optimization: A metaheuristic approach to multiobjective portfolio selection // Annals of Operational Research 131, 2004. P. 79–99.
  8. Doerner K., Gutjahr W.J., Hartl R.F., Strauss C., Stummer C. Pareto ant colony optimization with ILP preprocessing in multiobjective project portfolio selection // European Journal of Operational Research 171, 2006, P. 830–841.
  9. Ghasemzadeh F., Archer N.P., Iyogun P. A zero-one model for project portfolio selection and scheduling // The journal of the operational research society, Vol. 50 No. 7, 1999. P. 745–755.
  10. Gutjahr W.J., Katzensteiner S., Reiter P., Stummer C., Denk M., Competence driven project portfolio selection, scheduling and staff assignment // Central European Journal of Operations Research 16, 2008. P. 281–306.
  11. Gutjahr W.J., Katzensteiner S., Reiter P., Stummer C., Denk M. Multi-objective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection // European Journal of Operational Research 205, 2010. P. 670–679.
  12. Hu G., Wang L., Fetch S., Bidanda B. A multi-objective model for project portfolio selection to implement lean and Six Sigma concepts // International Journal of Production Research, Vol. 46, No. 23, 2008. P. 6611–6625.
  13. Huang X., Xiang L., Islam M.N. Optimal project adjustment and selection // Economic Modelling 36, 2014, P. 391–397.
  14. Perez F., Gomez T. Multiobjective portfolio selection with fuzzy constraints // Annals of Operations Research, 2014, P. 1–23.
  15. Zubova E., Tofanyuk E. *Milliarder bez milliarda: dolgi osnovatelya «Svyaznogo» pochti ravny ego aktivam* [without Billionaire billion: the debts of the founder of "The Messenger" is almost equal to its assets]. Available at: <http://www.forbes.ru/milliardery/246104-milliarder-bez-milliarda-dolgi-osnovatelya-svyaznogo-pochti-ravny-ego-aktivam>
  16. Tofanyuk E., Levinskaya A. *Proschet «Svyaznogo»: pochemu Maksim Nogotkov poteryal polovinu biznesa* [miscalculation "Coherent" why Maxim marigolds lost half of the business]. RBK, 28.11.2014 Available at: <http://top.rbc.ru/business/28/11/2014/547761afcb20f14f7aece9c>