

---

## **ПЛАНИРОВАНИЕ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В КОНЦЕССИОННЫХ СОГЛАШЕНИЯХ**

---

**Шитиков Дмитрий Викторович,**

аспирант кафедры экономики и основ предпринимательства Воронежского государственного архитектурно-строительного университета; vrnvgasu@yandex.ru

В статье рассматривается комплекс задач, которые необходимо решать при планировании деятельности мостостроительного предприятия, занимающегося строительством и реконструкцией нескольких мостовых сооружений автомобильных дорог в условиях концессионного соглашения.

**Ключевые слова:** портфель проектов, мультиагентное имитационное моделирование, концессионные соглашения.

Задача планирования деятельности относится к области задач планирования портфеля проектов. Решение задачи представлено в виде совместного использования методов мультиагентного моделирования и критического пути.

### **1. Особенности планирования портфеля проектов в области строительства и реконструкции мостовых сооружений автомобильных дорог (МСАД)**

Стоимость материальных ресурсов на строительство и реконструкцию МСАД достигает 60–85% сметной стоимости проекта, поэтому ресурсоемкость проекта, выбор источников снабжения, разработка графика поставки ресурсов с учетом прогноза их стоимости и интенсивности потребления в ходе строительства, условия перевозки грузов от поставщика к объекту существенно влияют на сметную стоимость проекта. В связи с тем, что материальные ресурсы, используемые при реализации портфеля проектов строительства и реконструкции МСАД, в конечном виде приводят к потребности в финансовых ресурсах, то необходимо отдельно обратить внимание на специфику финансирования таких проектов. Механизм финансирования проектов оказывает большое влияние на способ работы по оптимизации

управления ресурсами. В связи с тем, что финансирование строительства МСАД в РФ происходит приоритетным образом за счет бюджетных средств (конечным заказчиком выступает региональное или федеральное правительство в лице уполномоченного органа), то механизм финансирования заключается в установлении концессионного договора. В последнее время основной формой концессионного договора становятся контракты жизненного цикла, характеризующиеся более долгим временным сроком поступления денежных средств с одновременным сдвигом их начала на момент окончания проекта строительства или реконструкции. Согласно условиям такого контракта, одна сторона – исполнитель инфраструктурного проекта за свой счет, а также с использованием заемных средств, возводит инфраструктурный объект и эксплуатирует его в течение всего расчетного периода жизненного цикла, осуществляя ремонт и обслуживание, а другая сторона – государство или муниципальное образование оплачивает за счет бюджета услуги по предоставлению объекта в пользование [2]. Данная ситуация приводит к тому, что мостостроительное предприятие в меньшей степени располагает свободными финансовыми ресурсами и важность их эффективного использования с одновременным сокращением периода строительства формирует задачу планирования деятельности мостостроительного предприятия как одну из значимых задач управления.

Для упрощения решения считаем, что процесс реконструкции практически полностью идентичен процессу строительства (структуры бизнес-процессов строительства и реконструкции совпадают) и в дальнейшем описываем процесс строительства.

## **2. Определение процессов преобразования ресурсов**

Управление портфелем проектов подразумевает собой деятельность по достижению максимальной эффективности реализации проектов в условиях наличия заданных временных, финансовых, трудовых и материальных ограничений с соблюдением необходимого качественного уровня конечного результата деятельности каждого проекта [1]. Для решения поставленной задачи предлагается использовать мультиагентную модель процесса преобразования ресурсов (МППР). Для описания предлагаемого решения необходимо представить определения основных понятий:

1. Ресурс – количественное значение возможности выполнения какого-либо процесса проекта.

2. Процесс преобразования ресурсов (ППР) – процесс, имеющий непрерывный либо дискретный вид, по преобразованию имеющихся ресурсов (входные ресурсы) в конечный результат проекта (выходные ресурсы в виде МСАД) [3].

## **3. Решение задачи планирования портфеля проектов с использованием мультиагентного имитационного моделирования**

Алгоритм реализации предлагаемого метода представлен на рисунке.

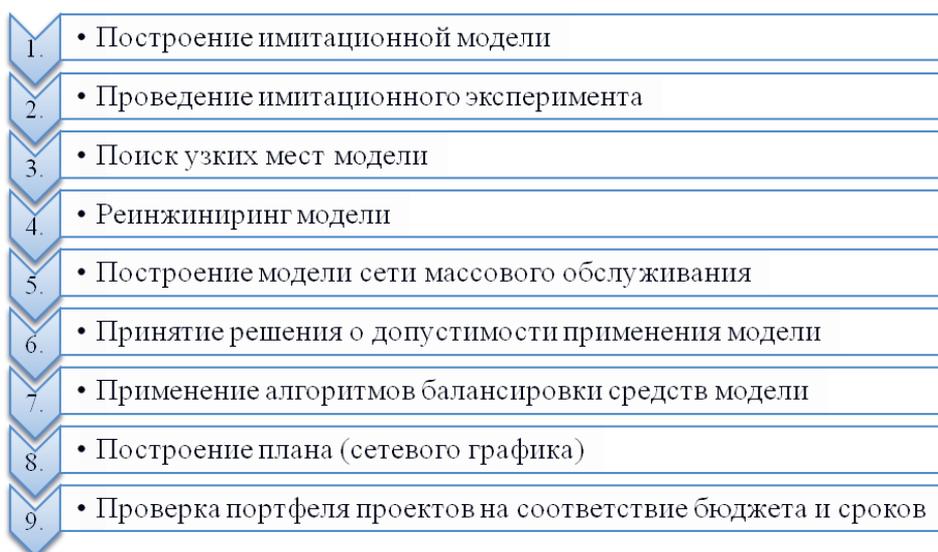


Рис. Процесс решения задачи планирования портфеля проектов

Распишем предлагаемое решение поэтапно.

Этап 1. Построение имитационной модели.

Для построения имитационной модели (ИМ) планируется предварительно построить ряд подмоделей, который в себя включает ИМ генерации МСАД пообъектно, ИМ процесса строительства объектов, ИМ поставок требуемых ресурсов как потребляемых (к примеру материалы, необходимые для строительства), так и не потребляемых (к примеру, машины и механизмы), ИМ субподрядных работы, ИМ финансирования в рамках ГЧП.

При построении ИМ строительства объекта используется модель из библиотеки объектов в зависимости от типа МСАД, которая в дальнейшем настраивается в зависимости от типа и свойств каждого моделируемого объекта. Элементы ИМ строительства объекта соответствуют каждому из этапов строительства. В момент поступления на элемент модели заявки с этапом строительства происходит расчет длительности этапа, количество требуемых ресурсов и финансовых средств в зависимости от настроенных параметров объекта строительства.

Исходя из специфики деятельности мостостроительного предприятия, можно определить следующие требования и правила построения ИМ:

- необходимость определения стоимостного ограничения по субподрядным работам, так как в случае превышения данного ограничения эффективнее становится исключение проекта из портфеля по причине его нерентабельности;

- необходимость использования стратегии FIFO (firstinput – firstoutput, первым пришел – первым вышел), так как создаваемые в ином случае временные задержки приводят к дополнительным затратам. С учетом того, что финансирование деятельности мостостроительного предприятия происходит по механизму КЖЦ, то сокращение срока строительства отдельного

объекта приводит к ускорению поступления денежных средств и, как следствие, ускорению возврата инвестиций. В связи с этим элементы модели должны применять выталкивающую стратегию для заявки «объект строительства» (приоритет элементов модели возрастает от начальных этапов строительства к завершающим);

– в связи с тем, что строительству МСАД свойственно исполнение ряда этапов параллельно по времени, то этапы, относящиеся к критическому пути, должны иметь более высокий приоритет по сравнению с параллельными этапами.

Данные требования предметной области и правила построения ИМ также хорошо согласуются с выводами Дэйвиса [4]: «... правило упорядочения, в соответствии с которым первой выполняется работа с наименьшим резервом (или эквивалентное правило минимизации самого позднего времени начала), в среднем дает наилучший результат».

При построении ИМ субподрядных работ используются два варианта: привлечение стороннего финансирования происходит только в случае отсутствия собственных средств на исполнение всего этапа работ и каждый этап работы модели начинается с определения возможности отказа от использования субподрядных работ. ИМ субподрядных работ с агентами субподряда характеризуется следующим: 1) при применении второго варианта время ожидания не увеличивается ввиду недостатка средств, т. е. срок проекта по критерию использования средств минимален; 2) по результатам экспериментов можно скорректировать среднее количество своего парка средств и оценить максимальный объем привлечения субподряда; 3) в случае достижения требуемой пропускной способности модели и уменьшения времен ожидания до допустимых значений можно считать план обработки портфеля проектов идеальным (минимальным по срокам). Ограничения реальных проектов строительства: не всегда допустимо применение субподряда; объем привлечения субподряда имеет ограничения. Применение агентов субподряда позволяет только решить задачу узких мест на средствах мультиагентной модели. Для решения задачи анализа узких мест, возникающих на операциях и ресурсах, необходимо выполнение последующих шагов, завершающихся реинжинирингом мультиагентной модели.

Этап 2. Проведение имитационного эксперимента с моделью субподряда. Заключается в использовании разработанных ИМ и опытной проверки их эффективности с учетом механизма субподрядных работ.

Этап 3. Поиск узких мест модели МППР. При диагностике узких мест анализируются следующие параметры мультиагентной модели: коэффициент использования операции, средства, агента; среднее время заявки в очереди к операции, агенту; простой операции из-за отсутствия средств и/или входных ресурсов. Для оценки динамики работы операции и агента также анализируется средняя очередь заявок к операции, агенту и среднее состояние ресурсов.

Этап 4. Реинжиниринг модели МППР. По результатам анализа статистики экспериментов диагностируются узкие места и принимается решение о свертке/развертке модели. Критерием остановки реинжиниринга модели МППР является снижение времени ожидания до допустимых значений по всем элементам модели. Данный этап направлен на решение задачи рас- параллеливания сетевых графиков параллельно возводимых во времени объектов строительства (в элементах ИМ могут возникать ситуации с параллельной обработкой заявок).

Этап 5. Построение модели сети массового обслуживания (СМО). Применение операционного анализа вероятностных сетей к модели МППР позволяет также решить задачу уменьшения количества экспериментов путем построения модели СМО на основе результатов экспериментов модели МППР с целью быстрого нахождения среднего количества работающих устройств (средств МППР).

Этап 6. Принятие решения о допустимости применения модели с агентами субподряда. Если применение модели с агентами субподряда допустимо, то переходим на этап 8, иначе – на этап 7.

Этап 7. Применение алгоритмов балансировки средств модели МППР. Эксперименты проводятся до нахождения эффективного решения.

Этап 8. Построение плана ( сетевого графика). По результатам имитационного эксперимента формируется сетевой график портфеля объектов. Критический путь для каждого отдельного объекта строительства определяется как выбор из параллельных цепочек работ, цепи, не имеющей запаса времени по результатам имитационного эксперимента. Оценка резерва времени для каждой работы выполняется автоматически. Так, для параллельных цепочек (не относящихся к критическому пути) это будет резерв времени последней работы в цепи.

Этап 9. Проверка портфеля проектов на соответствие бюджета и сроков. Если сроки и бюджет портфеля проектов (портфель объектов строительства) удовлетворяет, то завершаем, иначе возвращаемся на этап 7.

#### **4. Сравнение предложенного решения с классическим сетевым методом планирования портфеля проектов**

Для анализа узких мест в управлении проектами и строительстве наиболее часто применяется сетевая модель (сетевой график), которая вместе с методом критического пути (СРМ) позволяет определить резервы времени выполнения отдельных работ. Применение ИМ субподряда приводит к эффекту наискорейшего «проталкивания» работ.

Важно отметить разницу понятия «ресурс» сетевой модели и модели МППР. Так, в сетевой модели под «ресурсом» понимаются трудовые ресурсы и технические средства, что в терминологии МППР соответствует «средству». Однако сетевая модель не описывает работу с «потребляемыми» ресурсами и не позволяет описать модель управления запасами ресурсов и модель поставок, что в свою очередь оказывает существенное влияние на

ход строительных работ. Новая модель позволяет кроме графика использования средств построить график потребления ресурсов для всего портфеля проекта.

Также стоит отметить существование для строительства специфических потребляемых ресурсов с очень коротким сроком полезного потребления, к которым относится бетон, обладающий высокой скоростью схватывания. С целью учета ограниченности средств (как собственных, так и субподрядных) оба подхода поддерживают решение задачи балансировки ресурсов (сглаживания функции потребления средств). Результаты сравнения методов представлены в таблице.

Таблица

Сравнение методов

Критерий сравнения	СРМ	МППР
1. Учет использования средств	+	+
2. Учет потребления ресурсов	Нет	+
3. Учет поставок ресурсов	Нет	+
4. Учет времени жизни потребляемого ресурса	Нет	+
5. Учет субподряда	+	+
6. Автоматическая генерация и параметризация объектов портфеля	Нет	+
7. Балансировка средств	+	+
8. Формирование сетевого графика	+	+
9. Формирование графика использования средств	+	+
10. Нахождение критического пути	+	+
11. Оценка резерва времени для каждой работы	+	+
12. Формирование графика потребления ресурсов	Нет	+

Задача планирования строительных работ решена с использованием гибридного подхода в результате применения мультиагентного имитационного моделирования, метода критического пути и операционного анализа вероятностных сетей. Применение метода даст возможность уменьшить сроки выполнения строительства и повысить эффективность использования финансовых средств участников концессионных соглашений.

#### Список источников

1. Аксёнов, К.А. Применение имитационного моделирования и технологии интеллектуальных агентов для решения задачи управления проектами [текст] / К.А. Аксёнов, А.С. Антонова // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2011. – № 4 (128). – С. 27 – 36.
2. Васильев, С. КЖЦ как решение дорожной проблемы [текст] / С. Васильев // Федеральный строительный рынок. – 2011. – № 7 (96). – С. 27 – 36.
3. Исследование операций [Текст] / Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М.: Мир, 1981. – Т. 2. – 677 с.
4. Пищулов, В. Введение в теорию производства: учеб. пособие [текст] / В. Пищулов, К. Рихтер, Е. Дятел. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2003. – 161 с.

---

## **PLANNING PORTFOLIO OF CONSTRUCTION BRIDGE STRUCTURES OF ROADS BY USING MULTIAGENT SIMULATION MODELLING IN CONCESSION AGREEMENTS**

---

**Shitikov Dmitriy Viktorovich,**

Post-graduate student of the Economy and Fundamentals of Entrepreneurship department, Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering; vrnvgasu@yandex.ru

The article discusses the complex problems that must be addressed in planning activity of bridge building company engaged in construction and reconstruction of several bridges highways under concession agreements.

**Keywords:** portfolio of projects, multiagent simulation, concession agreements.

---

## **ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**

---

Журнал «Современная экономика: проблемы и решения» принимает к публикации материалы, содержащие результаты оригинальных исследований, оформленных в виде полных статей (до 20 страниц) и кратких сообщений (до 5 страниц).

Опубликованные материалы, а также материалы, представленные для публикации в других журналах, к рассмотрению не принимаются.

Для публикации авторы предоставляют следующие материалы в редакцию журнала (по электронной почте: journal.MEPR@yandex.ru):

1. **Статью**, набранную в текстовом редакторе Microsoft Word и оформленную в соответствии с требованиями: формат А4, шрифт – 14 Times New Roman, интервал – полуторный; поля: левое – 30 мм; верхнее и нижнее – 20 мм; правое – 15 мм.

Не рекомендуется использовать нумерацию страниц и автоматическую расстановку переносов.

Формулы помещаются в текст с использованием редактора формул Microsoft Equation со следующими установками: обычный 14 пт; крупный индекс 9 пт; мелкий индекс 7 пт; крупный символ 18 пт; мелкий символ 12 пт.

Рисунки должны иметь четкое изображение и быть выдержаны, как правило, в черно-белой гамме.

Рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и иметь названия; на них должны быть ссылки в тексте.

Таблицы являются частью текста и не должны создаваться как графические объекты.

Обязательным является указание УДК.

Список источников приводится в конце статьи в алфавитном порядке в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Статья должна носить по преимуществу аналитический, а не описательный характер. В ней должен найти четкое отражение авторский подход к решению исследуемой проблемы.

2. **Аннотацию** (2-3 предложения) на русском и английском языках.

3. **Ключевые слова** на русском и английском языках.

4. **Сведения об авторе** (на русском и английском языках): ФИО полностью, ученая степень, ученое звание, место работы, должность, контактный телефон, адрес электронной почты, адрес для пересылки журнала.

Рукописи всех статей, поступивших в журнал, проходят через институт рецензирования. Максимальный срок рецензирования – от даты поступления до вынесения решения – составляет 1 месяц.

**Плата с аспирантов за рецензирование и публикацию статей не взимается.**

Авторы имеют право использовать все материалы в их последующих публикациях при условии, что будет сделана ссылка на публикацию в журнале «Современная экономика: проблемы и решения».

**Материалы, не соответствующие указанным требованиям, рассматриваться не будут.**