

УДК 338.984:004.942

С.Г. Кийко

*ПАО Электрометаллургический завод «Днепроспецсталь» имени А.Н. Кузьмина, Запорожье*

## МУЛЬТИАГЕНТНАЯ МОДЕЛЬ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСНЫМИ ПОТОКАМИ ПРОЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Рассмотрена агентная имитационная модель динамического анализа процессов управления ресурсами проектов предприятия, которая учитывает множество взаимосвязанных ресурсных потоков, требований, целей и стратегий поведения участников при реализации портфеля проектов. Задавая схемы финансирования проектов и определяя риск возникновения дефицита в некоторый момент времени, происходит моделирование вариантов реализации портфеля проектов и оценка эффективности и финансовой реализуемости при заданных условиях.*

**Ключевые слова:** портфель проектов, ресурсы, денежные потоки, агентная модель.

### Введение

Для обеспечения эффективного выполнения проектов и программ основополагающую роль играет решение вопросов учета, движения и анализа денежных потоков.

Обычно это сопровождается целым рядом проблем по выбору источников финансирования, которые могут иметь разную доходность и соответственно влиять на экономическую эффективность проектов, диверсификации инвестиционного портфеля предприятия, учета динамики финансирования проектов, связанной с неравномерностью, возможными изменениями или нарушениями планов финансирования, появлением незапланированных работ, корректировкой первоначальной оценки их стоимости, внеплановых платежей и др.

Для определения финансовой реализуемости проектов портфеля необходимо тщательно проанализировать все денежные потоки, совокупность которых образуется за счет трех видов деятельности предприятия: основной, инвестиционной и финансовой.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Задача разработки моделей и информационной технологии управления процессами финансирования инвестиционных проектов с привлечением стороннего капитала рассматривается в [1]. Автором предложены математические модели управления процессами финансирования проектов на основе динамического программирования. Однако архитектура системы поддержки принятия решений по управлению процессами финансирования инвестиционных проектов не отражает специфики решаемых задач и слишком упрощена.

Рассмотренные выше особенности процесса управления финансовыми ресурсами проектов предприятия приводят к тому, что модель должна иметь возможность динамической перестройки за счет создания/удаления элементов и связей между ними, пополнения или уточнения «на ходу», включения различных сценариев поведения с механизмами адаптации. В этой связи одним из современ-

ных подходов для построения модели управления инвестиционными портфелями является использование мультиагентных систем (МАС), имеющих возможность реализации динамического поведения, автономности и адаптации отдельных компонентов модели. В МАС поведение определяется на индивидуальном уровне, а глобальное поведение возникает как результат деятельности многих агентов, каждый из которых следует своим собственным правилам, функционирует в общей среде и взаимодействует со средой и с другими агентами. Так в работе [2] дано обоснование необходимости разработки мультиагентной системы для управления инвестиционными портфелями, описана ее структура, но приведено только функциональное назначение модулей.

В работе [3] рассматривается метод мультиагентного планирования портфеля проектов, который основан на интеграции мультиагентной модели процесса преобразования ресурсов, операционного анализа вероятностных сетей и метода критического пути. Для программной реализации авторами был выбран комплекс BPsim, а для формализации агентов – продукционная и фреймовая модели знаний, однако в работе не рассмотрены структура и состав агентов имитационной модели, а также конкретные фрагменты моделей знаний.

**Постановка задачи исследования.** Предлагается агентная имитационная модель динамического анализа процессов управления ресурсами проектов предприятия, которая учитывает множество взаимосвязанных ресурсных потоков, требований, целей и стратегий поведения участников при реализации портфеля проектов.

### Мультиагентная модель анализа процессов управления ресурсными потоками проектов предприятия

Простейший вариант организации мультиагентного сообщества при решении задач по распределению финансовых ресурсов (к ним можно свести все остальные виды ресурсов портфеля проектов) может быть



личных механизмов и ситуативных сценариев. Агенты имеют возможность обучаться, адаптироваться и менять свое поведение, иметь динамические связи с другими агентами, которые могут формироваться и исчезать в процессе моделирования и др. Поведение потребителей ресурсов в условиях проектной деятельности предприятия невозможно адекватно отразить без моделирования процессов принятия решений о переходе на более выгодный финансовый ресурс. Должны учитываться дополнительные затраты, экономическая целесообразность такого перехода, инерционность, мнения других участников и др.

Для учета этих факторов будем представлять потребителей ресурсов как индивидов, функционирующих на внутреннем или внешнем рынках ресурсов для предприятия, рационально выбирая лучшие средства для достижения своих целей. Такие индивиды являются единицами, принимающими решения – агентами. Процессы, происходящие на рынке ресурсов, будут рассматриваться в модели как интегральная сумма всех индивидуальных решений агентов. Агентный подход позволяет формализовать в модели множество факторов, которые оказывают влияние на принятие потребителями подобных решений, что, в конечном счете, сказывается на объемах и сроках переходов потребителей от использования одного ресурса к использованию другого. Этот подход также позволяет учесть различные виды финансовых ресурсов и реальные характеристики потребителей.

В разработанной модели агенты – это активные объекты, которые характеризуют поведение некоторого множества однотипных потребителей ресурсов со сходным поведением при принятии решений в условиях проектной деятельности.

Можно считать, что сходное поведение имеют потребители, находящиеся в одинаковых условиях. Поэтому можно вести речь о группах потребителей определенного типа. Они используют один и тот же вид ресурсов со сравнимыми объемами потребления и потому имеют одинаковую стратегию поведения на рынке. Особенности стратегий поведения различных типов потребителей выражаются определенными настройками параметров агентов. Например, некоторые типы агентов могут потреблять не любые типы ресурсов, для каждого типа ресурса это задается соответствующим бинарным признаком.

В общем случае, использование двумя однотипными потребителями одного и того же вида ресурса не гарантирует одинаковую стратегию поведения на рынке этих потребителей. Для отражения возможных различий в стратегиях поведения таких потребителей вводится дополнительная характеристика агента – вид агента. Например, в качестве вида агента можно принять такие градации, как долгосрочный, среднесрочный, краткосрочный и пр.

Таким образом, для каждой из пар «тип потребителя – ресурс» создается определенное число групп, в соответствии с разделением потребителей по видам.

Такие группы характеризуются примерно одинаковыми объемами потребления, так как группа «крупных» потребителей включает в себя небольшое число таких потребителей с большими объемами потребления, а группа «мелких» потребителей – большое число потребителей с небольшими объемами потребления. Хотя в среднем суммарные объемы потребления для групп могут быть приблизительно равны, поведение таких потребителей на рынке обычно отличается.

Итак, основные характеристики агента: тип потребителя ресурсов; тип потребляемого ресурса; вид потребителя; объем потребления ресурса; коэффициент инерционности – используется для моделирования влияния экономического окружения на принятие решения потребителями в условиях рынка. Инерционность можно трактовать как вероятность перехода потребителя на другой тип ресурса при выполнении необходимых условий перехода. Например, при коэффициенте, равном 1, осуществляется переход всех потребителей группы на заданный ресурс. Нулевой коэффициент инерционности соответствует запрету на переходы, промежуточное значение этого коэффициента определяет переход части потребителей на использование соответствующего ресурса; другие параметры, характеризующие поведение агента на рынке ресурсов.

Важное место в агентной модели занимает поведение агента. Поведенческая модель агента используется при принятии им решения о переходе на новый ресурс. Агент может находиться в таких состояниях:

– *stable* – состояние потребления этой категорией потребителей некоторого вида ресурса;

– *decisionMaking* – состояние проверки возможности (выгодности, приемлемости и т. п.) перехода на другой вид ресурса. После перехода в это состояние агент оценивает выгоду перехода на использование других видов ресурсов. Если переход экономически не выгоден, переход не осуществляется, и происходит возврат агента в стабильное состояние *stable*. Если переход на какие-то ресурсы экономически выгоден, происходит переход в состояние *transferring*;

– *transferring* – состояние перехода на использование других видов ресурсов. Агент рассчитывает объемы, по которым будет осуществлен переход на использование конкретных видов ресурсов в следующем расчетном периоде, проводит сравнительный анализ выгодности переходов на каждый альтернативный ресурс, а также учитывает другие параметры, которые могут влиять на переход. Именно на данном этапе решение о переходе может быть отклонено под влиянием неценовых факторов.

Переходы между состояниями выполняются при следующих условиях:

– из состояния *stable* в состояние *decisionMaking* – по истечении очередного шага моделирования при условии, что переходы в модели разрешены;

– из состояния decisionMaking в состояние stable – если переход ни на один из ресурсов не выгоден для агента;

– из состояния decisionMaking в состояние transferring – если агенту экономически целесообразен переход хотя бы на один из ресурсов;

– из состояния transferring в состояние stable – по завершении всех необходимых подсчетов в состоянии transferring. При данном переходе происходит перераспределение использования ресурсов, описывающее переход части потребителей группы на использование новых видов ресурсов.

Переход потребителей на использование других видов ресурсов моделируется изменением объемов потребляемых ресурсов у агентов, представляющих группы соответствующих потребителей. Иными словами, такие переходы представляются «перетеканием объемов» потребления от одной группы к другой. «Перетекание объемов» потребляемых ресурсов происходит к группам того же вида, т.е. перетекание осуществляется к группе, отличающейся от данной только типом используемых ресурсов. Переход может быть осуществлен как на один вид ресурсов, так и на несколько, при условии, что это выгодно агенту. Переход выражается в «перетекании» соответствующих долей объема, используемого агентом ресурса, к другим агентам.

При переходе всех потребителей, объединенных в одну группу, на использование других ресурсов объем потребления соответствующего агента полагается равным нулю. Агент с нулевым объемом потребления соответствует отсутствию потребителей данной группы.

Ввод новых потребителей в процессе функционирования модели выражается в наращивании объемов потребления ресурсов у агентов с соответствующими параметрами.

Вероятность перехода (коэффициент инерционности) потребителей типа  $i$  с использования ресурса вида  $j$  на использование ресурсов вида  $k$  зависит от объема потребления (другими словами, числа потребителей) для агента такого же вида и типа

потребителей, использующих  $k$ -й вид ресурсов. Т.е., чем больше потребителей определенного типа используют какой-либо ресурс, тем выше вероятность того, что потребители данного типа перейдут на использование этого ресурса в случае, если это экономически целесообразно.

Вероятность перехода на использование другого вида ресурсов зависит как от разницы цен, так и от коэффициента инерционности. Коэффициент инерционности, в свою очередь, зависит от объемов потребления.

## Заключение

Таким образом, предложена модель анализа процессов управления ресурсами проектов предприятия, которая основана на организации мультиагентного сообщества распределения финансовых ресурсов по проектам и имеет механизмы адаптивного их перераспределения, что позволяет комплексно учитывать множество взаимосвязанных ресурсных потоков, требований, целей и стратегий поведения участников при реализации портфеля проектов.

## Список литературы

1. Кондращенко В.В. Модели и информационная технология построения схем финансирования инвестиционных проектов [Текст] / В.В. Москаленко, В.В. Кондращенко // Проблемы информационных технологий. – Херсон: ХНТУ, 2011. – № 1 (009). – С. 104-113.
2. Бірко О.О. Мультиагентна система для управління інвестиційними портфелями [Текст] / О.О. Бірко, В.М. Гужва // Бизнесинформ. – 2011. – № 5 (1). – С. 52-54.
3. Аксенов К.А. Решение задачи планирования портфеля проектов и анализа узких мест бизнес-процесса на основе мультиагентного моделирования и метода критического пути [Электронный ресурс] / К.А. Аксенов, Ван Кай, О.П. Аксенова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru>.

Поступила в редколлегию 23.10.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## МУЛЬТИАГЕНТНА МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСНИМИ ПОТОКАМИ ПРОЄКТІВ ПІДПРИЄМСТВА

С.Г. Кійко

*Розглянута агентна імітаційна модель динамічного аналізу процесів управління ресурсами проектів підприємства, яка враховує безліч взаємопов'язаних ресурсних потоків, вимог, цілей і стратегій поведінки учасників при реалізації портфеля проектів. Задаючи схеми фінансування проектів і визначаючи ризик виникнення дефіциту в деякий момент часу, відбувається моделювання варіантів реалізації портфеля проектів та оцінка ефективності та фінансової реалізуєності при заданих умовах.*

**Ключові слова:** портфель проектів, ресурси, грошові потоки, агентна модель.

## AGENT-BASED MODEL FOR ANALYZE THE MANAGEMENT PROCESS OF PROJECTS RESOURCE FLOWS

S.G. Kiyko

*We consider the agent-based simulation model for dynamic analysis of the processes of projects resource management that takes into account many interrelated resource flows, demands, objectives and strategies of participants behavior in the implementation of the project portfolio. Forming financing schemes and determining the risk of deficit, perform a simulation of the portfolio implementation and evaluation of performance and financial feasibility under specified conditions.*

**Keywords:** portfolio, resources, cash flow, agent-based models.