

УДК 658.051.012

С.Ю. Яковлев

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ЛИФТОВОГО ХОЗЯЙСТВА

Рассмотрены особенности формирования портфеля проектов в соответствии со стратегией развития коммунального предприятия. Представлена системная модель формирования портфеля проектов. Описана математическая модель выбора проектов, которая комплексно учитывает текущее состояние предприятия и его будущие стратегические направления работы, ресурсное и финансовое обеспечение проектов и риски возникновения неблагоприятных событий. Разработана агентная имитационная модель распределения ресурсов между проектами портфеля предприятия лифтового хозяйства, которая позволяет провести динамический анализ на финансовую и ресурсную реализуемость.

Ключевые слова: портфель проектов, стратегические цели, реализуемость проекта, риск, распределение ресурсов, агентная модель.

Введение

Спрос на развитие коммунальной инфраструктуры в Украине формируют существующие потребители коммунальных услуг, а также вновь создаваемые потребители в виде застройщиков объектов жилой и нежилкой недвижимости.

Для предприятия лифтового хозяйства это означает появление проектов по модернизации, ремонту и замене имеющегося лифтового парка, а также установке и диспетчеризации лифтового оборудования в новых жилых комплексах, торгово-развлекательных центрах, коттеджах.

Это обуславливает необходимость стратегического развития предприятия, связанного с созданием собственных производственных мощностей, автотранспорта и ремонтной базы с учетом повышенных требований к техническому уровню и качеству поставляемого оборудования и услуг, оперативности выполнения заказов и заявок, условиям оплаты, предоставлению гарантийных обязательств и послегарантийного обслуживания.

Задачами, возлагаемыми на портфельное управление проектами для предприятия лифтового хозяйства, являются: внедрение прогрессивных технологий для обеспечения инновационной деятельности организации; обеспечение стратегического развития предприятия; повышение эффективности работы путем обновления производственных фондов; оказание заданного объема ремонтных услуг в запланированные сроки с требуемым качеством; повышение эффективности распределения финансовых и других ресурсов по портфелям.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [1] предложена концепция формирования портфелей проектов на основе подходов теории портфельных инвестиций, что обеспечивает

получение множества реализуемых в организации портфелей Парето-оптимальных в координатах «чистый приведенный доход» и «риск». Для определения экономической привлекательности проектов портфеля автор использует комплексный показатель «полезности», однако особенности расчета и применения некоторых из его составляющих не раскрыты.

В работе [2] исследованы методологические аспекты портфельного управления, проанализированы существующие подходы и модели управления портфелями проектов. Предложена авторская модель на основе нечеткого линейного программирования.

Анализ математических моделей управления портфелями проектов, рассматриваемый в тесной связи со стратегическим планированием на предприятии, приводится в [3]. В работе рассмотрены различные схемы распределения ресурсов между проектами портфеля: централизованная; учитывающая интересы руководителей проектов и функциональных руководителей; на основе унифицированных трансфертных цен за используемые ресурсы.

Мультиагентный подход к управлению портфелем проектов рассматривается в [4]. Автор приводит системную архитектуру агентной модели, цели функционирования и особенности программной реализации различных агентов. Однако за пределами изложения остались модели поведения агентов при решении задач портфельного управления.

Проведенный анализ специфики управления проектами предприятий ЖКХ и возможности использования известных механизмов управления позволяют сделать вывод, что актуальным является решение следующих задач управления портфелями проектов: оценка эффективности проектов с точки зрения достижения стратегических целей организа-

ции; формирование эффективного портфеля проектов; планирование процесса реализации портфеля проектов, в том числе, с учетом возможностей оптимизации финансовых потоков; распределение ресурсов организации между проектами портфеля; управление портфелем проектов с учетом риска в изменяющихся внешних условиях и целях организации.

Постановка задачи исследования. Решение основных проблем управления портфелем проектов должно выполняться на основе построения и исследования системы математических моделей. В рамках нашего исследования к системе моделей управления портфелем проектов относятся: оптимизационная модель формирования портфеля проектов; агентная имитационная модель распределения ресурсов между проектами портфеля с учетом рисков.

На первом этапе необходимо сформировать предварительный портфель проектов, отвечающий требованиям предприятия и внешней среды. Задача же формирования эффективного портфеля проектов сводится к тому, чтобы определить такой порядок отбора проектов, позволяющий учесть как влияние внешней среды, так и рисков внутренней среды предприятия, а для предприятия обеспечить максимальную гарантированную эффективность функционирования.

Для этого мы будем использовать оптимизационную модель отбора проектов. Модель комплексно учитывает текущее состояние предприятия и его будущие стратегические направления работы, ресурсное и финансовое обеспечение проектов и риски возникновения неблагоприятных событий.

Если же известны вероятностные характеристики потоков проектов в портфель и их потребностей в ресурсах, то, используя имитационную модель портфеля проектов, можно получить интересующую оценку стоимости, приносимую принятым стратегическим решением и соответствующей программой.

Кроме того, на имитационной модели могут быть определены и проанализированы риски выполнения программ и проектов. Динамический анализ на финансовую и ресурсную реализуемость с формированием окончательного портфеля проектов осуществляется с использованием разработанной агентной имитационной моделью распределения ресурсов между проектами портфеля с учетом рисков.

Мультиагентные технологии имеют значительные преимущества с точки зрения построения автономных, адаптивных, с возможностями аукционного и скоординированного взаимодействия своих элементов систем моделирования, что делает их предпочтительным подходом для решения задачи децентрализованного мультипроектного планирования.

Системная модель формирования портфеля проектов

На рис. 1 представлена системная модель формирования портфеля проектов. В каждый момент времени на предприятии выполняется множество проектов, находящихся на различных фазах своей реализации. В связи с этим оценка эффективности деятельности предприятия представляет собой довольно сложную задачу.

Проекты, соответствующие профилю предприятия и/или планируемые к реализации на предприятии, определяются множеством параметров или признаков. Стратегии предприятия формируются на основе текущего состояния предприятия и оценки факторов риска внешней среды. Как параметры состояния предприятия, так и параметры реализации портфеля проектов в каждый момент времени будут зависеть от ряда факторов риска, определяемых внешней средой. Это множество факторов должно учитываться при определении стратегий развития предприятия и в процессе формирования портфеля проектов с целью снижения негативных последствий их проявления. Стратегии предприятия определяются руководством как набор базовых, объектных, функциональных и других видов стратегий.

В портфель могут вноситься как отдельные проекты программ, так и проекты совершенствования текущей деятельности. Таким образом, портфель в каждый момент времени – это набор проектов, часть из которых направлена на реализацию программ, а часть является независимыми проектами. Если считать, что ресурсов для выполнения программы достаточно, то программа будет выполнена за минимальное время и тем самым в течение этого времени будет достигнута связанная с нею стратегическая цель. Однако, так как проекты программы будут выполняться одновременно с другими проектами в составе портфеля, то время реализации программы будет существенно большим. Кроме того, определение стоимости, приносимой программой, будет затруднено в связи с тем, что спрогнозировать денежный поток в условиях непрерывно меняющихся доступных ресурсов весьма сложно.

Далее следует учитывать типологию взаимозависимостей операций проектов: общие операции для нескольких проектов; общие ресурсы для нескольких проектов; зависимость доходов, полученных по проекту от доходов, полученным по другим проектам.

Необходимо учитывать, что процесс формирования окончательного портфеля проектов будет определяться также набором действий по предупреждению и устранению нежелательных проявлений факторов рисков. Для этого мы используем методы матриц взаимовлияния и многокритериальной экс-

партной оценки совокупного риска. Практическое применение такого подхода существенно повышает возможность выбора наилучшего проекта для реализации с учетом совокупного риска проекта в

портфеле. Кроме того, это дает возможность определить и оценить взаимовлияние проектов через изменение совокупных рисков проектов при их одновременной реализации.

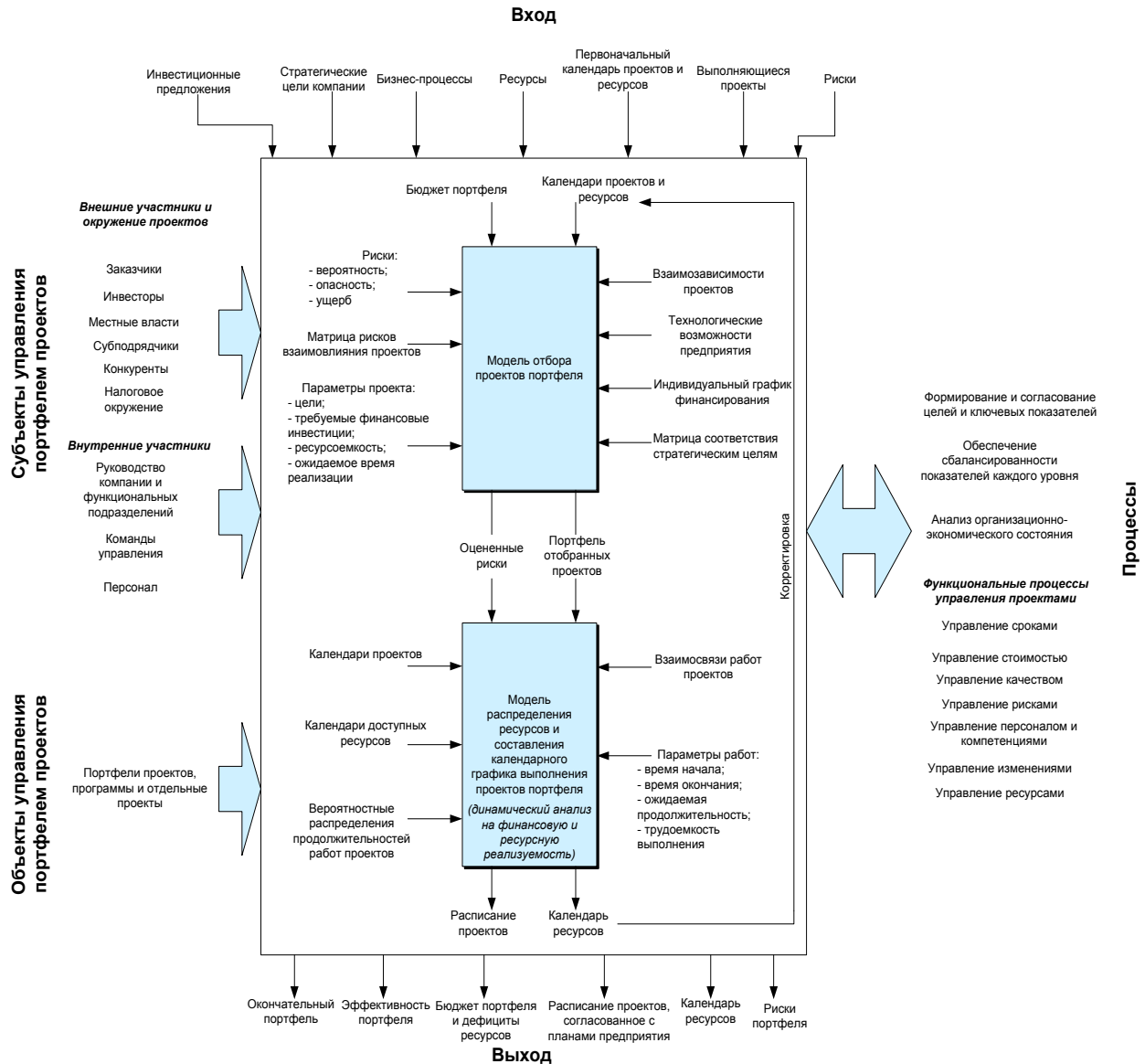


Рис. 1. Системная модель формирования портфеля проектов

Описание основных параметров модели отбора проектов

Портфель проектов предприятия лифтового хозяйства будем ассоциировать с вектором PPR (состав портфеля) размерностью соответствующей количеству проектов во множестве рассматриваемых проектов $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, значения которого представляют собой бинарные величины pp_i , где 1 означает, что i -й проект включается в портфель, 0 – означает, что i -й проект не включается в портфель. Таким образом, например, могут быть заданы проекты, которые при любых условиях нельзя исключить из портфеля.

Каждый проект, входящий в состав портфеля $i \in P$, является объектом управления и обладает рядом характеристик, требующих уточнения и формализации. Совокупность проектов организации, или портфель проектов, также является объектом управления и обладает такими параметрами, как доходность, риск, время реализации, требуемые ресурсы и т.д. При этом реализация каждого проекта влияет на ход реализации других проектов, входящих в портфель, и тем самым оказывает влияние на параметры всего портфеля проектов. Учитывая безусловную значимость характеристик каждого из проектов, входящих в состав портфеля, следует отметить, что стратегическая конкурентоспособность

и развитие организации зависят от характеристик всего портфеля проектов.

Формализовано представить проект в соответствии со стратегическими направлениями деятельности предприятия можно в виде совокупности следующих компонентов:

$$P_i = \langle X_i, W_i, R_i \rangle,$$

где X_i – вектор начальных характеристик i -го проекта; W_i – вектор характеристик привлекательности и реализуемости проекта; R_i – совокупный риск проекта.

Вектор начальных характеристик проекта представим в виде

$$X_i = \langle C_i, Y_i, S_i, H_i, T_i, R_i, I_i \rangle,$$

где C_i – цели проекта; Y_i – комплекс работ по проекту; S_i – требуемые финансовые инвестиции в проект; H_i – ресурсоемкость проекта; T_i – ожидаемое время реализации проекта; I_i – вектор взаимовлияния на другие проекты в портфеле.

Каждый проект состоит из множества работ u_{ij} , $j = \overline{1..n_p}$, где n_p – количество работ i -го проекта. Каждая работа характеризуется трудоемкостью выполнения a_{ij} и процентной загрузкой определенного производства q_u^{ij} . Состав и трудоемкость работ по проектам принимаются неизменными.

У предприятия лифтового хозяйства имеется целый ряд специализированных производств (лифтовых кабин, электродвигателей, вызывных аппаратов и др.), каждое из которых имеет определенный полезный фонд времени работы в единицу времени t (производственная мощность) pw_{tu} , $u = \overline{1..n_{\Pi}}$, где n_{Π} – общее количество производств. Ни одно из производств u предприятия в любой момент времени t не должно быть перегружено:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_p} (a_{ijt} \cdot q_u^{ij}) \cdot pp_i \leq pw_{tu},$$

где a_{ijt} – трудоемкость выполнения j -й работы i -го проекта в момент времени t (определяется на основании общей трудоемкости выполнения a_{ij} , времени начала, окончания и длительности j -й работы i -го проекта).

В векторе взаимовлияния I_i проставляются коэффициенты, которые могут принимать значения от 0 до 1, показывающие уровень зависимости проекта i от других проектов портфеля. Если коэффициент k_{ij}^I принимает значение 0, то реализация проекта i не зависит от успешной реализации проекта j . Значение 1, напротив, означает, что проекты i и j зави-

симы и успешность реализации одного проекта напрямую зависит от реализации другого проекта, другими словами, оба проекта должны быть включены в портфель. Значения коэффициентов вектора определяются экспертным путем.

Важным шагом анализа является группировка рассматриваемых проектов для отбора в портфель в следующих аспектах: с позиций целей, финансов, условий (ресурсов).

Для этого используются показатели привлекательности и реализуемости, которые в комплексе отображает возможность реализации проекта на данном предприятии с учетом стратегических направлений деятельности предприятия, ресурсного, финансового и временного обеспечения

$$W_i = \langle SC_i, E_i, SR_i, HR_i \rangle,$$

где SC_i – индекс соответствия стратегическим целям предприятия и развития его стратегического потенциала при реализации проекта; E_i – показатели оценки экономической эффективности проекта; SR_i – финансовая реализуемость проекта; HR_i – ресурсная реализуемость проекта.

Соответствие стратегическим целям организации Str_i является одним из критических факторов успеха проекта.

Реализация стратегии компании сегодня может осуществляться с использованием различных концепций управления, среди которых одной из самых распространенных является система сбалансированных показателей (*Balanced Scorecard*, BSC). Система сбалансированных показателей (ССП) является серьезным инструментом менеджмента, который позволяет конкретизировать стратегию компании и измерить степень ее достижения с помощью системы показателей. В основу СПП было положено четыре главных составляющих: финансы, маркетинг, внутренние бизнес-процессы, обучение и рост. Соответствующий подбор целей и показателей разъясняет стратегическую направленность компании и представляет ее в измеримом виде. Система показателей деятельности компании комбинирует такие элементы системы управления как – управление по целям (система целей), показатели, планы мероприятий с концепцией представления стратегии с помощью указанных четырех (число проекций и их названия не предписываются методологией СПП) перспектив и дифференцирования стратегических целей и оперативных.

Таким образом, с учетом данных проекций можно учесть, как реализация проекта будет влиять на развитие персонала (например, повышение его компетентности), как осуществляется улучшение качества бизнес-процессов в организации, как улучшится имидж организации и др. Рассмотрим, как это можно сделать.

В рамках концепции ССП стратегия характеризуется набором показателей финансового и нефинансового характера $\{K_j^{Str_i}\}$. В рамках ССП рассматриваются целевые значения по аспектам финансов, взаимоотношений с клиентами, внутренних бизнес-процессов, инноваций, обучения и развития.

Цели проекта C_i формулируются в виде множества показателей с указанием их значений, которые должны быть достигнуты в результате выполнения проекта $\{K_j^P\}$.

Далее возможно осуществить сопоставление значений показателей стратегии $\{K_j^{Str_i}\}$ с соответствующими параметрами проекта $\{K_j^P\}$.

Показатель соответствия $SC_j^{Str_i}$ рассматривается для всех стратегических целей в обозначенных четырех проекциях.

Если в описании проекта параметр $K_j^{Str_i}$ отсутствует, то показатель соответствия $SC_j^{Str_i}$ для стратегической цели Str_i равен нулю.

В противном случае осуществляется сравнение целевых значений данного показателя в проекте K_t^P и стратегии $K_t^{Str_i}$ с учётом текущего значения (на момент времени t) этого показателя для предприятия K_t^{IP} :

$$SC_t^{Str_i} = \frac{K_t^{Str_i} - K_t^{IP}}{K_t^P - K_t^{IP}}.$$

После определения оценок соответствия по отдельным параметрам может быть рассчитано стратегическое соответствие проекта относительно стратегии Str_i путём усреднения оценок по отдельным показателям:

$$SC^{Str_i} = \frac{1}{N_{KPI}^{Str_i}} \sum_{t=1}^{N_{KPI}^{Str_i}} SC_t^{Str_i},$$

где $N_{KPI}^{Str_i}$ – число показателей в описании стратегии Str_i .

Это подходит в том случае, если каждому проекту присваивается только одна стратегическая цель. В реальности возможна ситуация с несколькими целями. В этом случае после определения оценок соответствия по каждой цели может быть рассчитано стратегическое соответствие проекта P_i путём усреднения оценок SC^{Str_i} по отдельным показателям. При этом возможно также учесть важность

стратегических целей путем введения весовых коэффициентов, которые могут быть получены экспертным путем с использованием метода анализа иерархий или парных сравнений. В случае если с каждым проектом портфеля связывается N_i^{Str} стратегических целей, индекс соответствия рассчитывается следующим образом

$$SC_i = \frac{1}{N_i^{Str}} \sum_{k=1}^{N_i^{Str}} w_k^{Str} SC_k^{Str},$$

где w_k^{Str} – важность стратегической цели, при этом $\sum_k w_k^{Str} = 1$.

Таким образом, формируется индекс соответствия проекта стратегии $SC_i \in [0,1]$, значения которого интерпретируются следующим образом: $SC_i = 1$, если проект полностью соответствует стратегии; $SC_i = 0$, если проект не соответствует стратегии; $0 < SC_i < 1$, если проект частично соответствует стратегии и при этом связан с развитием стратегического потенциала предприятия.

Показатели для определения экономической эффективности проекта представляют собой общепринятый набор

$$E_i = \langle NPV_i, PI_i, PP_i, IRR_i \rangle,$$

где NPV_i – чистый приведенный доход; PI_i – индекс доходности; PP_i – срок окупаемости; IRR_i – внутренняя норма рентабельности.

Финансовая и ресурсная реализуемость

Финансирование проектов может осуществляться из различных источников. Пусть B – бюджет, который организация имеет возможность инвестировать в проекты.

Потенциальный портфель проектов конечен и ограничен бюджетом организации:

$$\sum_{i=1}^n S_i \leq B. \tag{1}$$

При этом возможными финансовыми источниками для предприятия лифтового хозяйства являются: собственные средства; банковские кредиты; государственные и (или) муниципальные бюджетные субсидии.

Каждый источник характеризуется определенной стоимостью (нормой доходности), выраженной в процентах – v_l , $l = 1..n_{иф}$, где $n_{иф}$ – общее количество источников финансирования.

В общем случае все источники финансирования можно разделить на собственные $bs_l = 1$ и заемные $bs_l = 0$.

Для каждого источника определяется индивидуальный график финансирования в разрезе каждого проекта b_{it}^{ij} .

Соотношение между собственными и заемными средствами не должно быть меньше определенного процента b_{lim} :

$$\frac{\sum_{t=1}^{T_i} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_p} \sum_{l=1}^{n_{иф}} (b_{it}^{ij} \cdot bs_l) \cdot pp_i}{\sum_{t=1}^{T_i} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_p} \sum_{l=1}^{n_{иф}} (b_{it}^{ij} \cdot (1 - bs_l)) \cdot pp_i} \geq b_{lim}$$

В формуле для расчета чистого приведенного дохода при этом качестве ставки дисконтирования можно использовать

$$\frac{\sum_{l=1}^{n_{иф}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_p} (b_{it}^{ij} \cdot pp_i) \cdot v_l}{\sum_{l=1}^{n_{иф}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_p} (b_{it}^{ij} \cdot pp_i)}$$

Финансовая реализуемость проекта показывает возможность реализации проекта в условиях заданной динамики финансирования и определяется из следующего соотношения:

$$d_i^S(t) \leq 0, \forall t \in (1..T_i),$$

где $d_i^S(t)$ – дефицит финансовых средств по i -му проекту, который определяется для каждого периода времени t во временных рамках проекта T_i как разность между поступлением и расходом денежных средств по проекту. Т.е проект является финансово реализуемым, если на каждом шаге расчетного периода алгебраическая (с учетом знаков) сумма денежных притоков и денежных оттоков проекта является неотрицательной. Отрицательная сумма элементов потока реальных денег на некотором шаге расчетного периода свидетельствует о финансовой нереализуемости проекта и показывает, что предприятие не в состоянии погашать свои обязательства (задолженность) и необходимо принять меры по покрытию дефицита.

Рассмотрим вопросы анализа ресурсной реализуемости.

Ресурсная реализуемость проекта показывает возможность обеспечения проекта ресурсами предприятия и определяется из следующего соотношения:

$$d_{ik}^H(t) \leq 0, \forall t \in (1..T_i),$$

где $d_{ik}^H(t)$ – дефицит k -го вида ресурсов по i -му проекту, который определяется для каждого периода времени t во временных рамках проекта T_i как разность между доступным и требуемым объемом ресурсов для реализации проекта.

Портфель проектов компании без распределения по времени приводит к тому, что использование ресурсов компании неравномерно. В моменты пиковой нагрузки в портфеле проектов ресурсов не хватает, что приводит к отклонениям в большинстве проектов компании. Набор персонала для решения проблемы с ресурсами приводит к тому, что в моменты спада активности в реализации проектов компании приходится содержать большое количество незанятых сотрудников. Необходимо анализировать портфель проектов и распределять проекты по времени в зависимости от приоритетов.

Введем ряд параметров, определяющих потребность проекта в различного рода ресурсах H_i :

– параметры материалоемкости проекта. Обозначим через $M_{ji}(t)$ потребность в материальных

ресурсах вида j для выполнения проекта i в период t в натуральном (объемном) выражении. Множество

$\{M_{j\pi}(t), j = 1..N^M, t = 1..T_i\}$ представляет собой

модель материалоемкости проекта, где N^M – количество видов материальных ресурсов;

– параметры фондоёмкости. Потребность в технологическом оборудовании и других основных фондах определим следующим образом. Обозначим через $F_{li}(t)$ потребность в оборудовании вида l для выполнения проекта i в период t в фондо-часах.

Множество $\{F_{li}(t), l = 1..N^F, t = 1..T_i\}$ представляет

собой модель фондоёмкости проекта, где N^F – количество видов оборудования;

– параметры трудоёмкости. Обозначим через $K_{mi}(t)$ потребность в сотрудниках специальности m для выполнения проекта i в период t в человеко-часах.

Множество $\{K_{mi}(t), m = 1..N^K, t = 1..T_i\}$

представляет собой модель трудоёмкости проекта, где N^K – количество персонала требуемой квалификации.

Опишем группу параметров, определяющих технологические возможности предприятия:

– технологическое оборудование и другие основные фонды. Обозначим через $F_1^{I\text{Pr}}(t)$ фонд времени работы оборудования вида l в период t в фондо-часах.

Множество $\{F_1^{I\text{Pr}}(t), l = 1..N^F, t = 1..T\}$

представляет собой модель основных фондов предприятия.

– кадровый состав предприятия. Обозначим через $K_m^{I\text{Pr}}(t)$ фонд времени работы сотрудников специальности m в период t в человеко-часах.

Множество $\{K_m^{I\text{Pr}}(t), m = 1..N^K, t = 1..T\}$ представляет собой модель кадрового состава предприятия.

Анализ ресурсной реализуемости осуществляется в две стадии. На первой – анализируются наличие ресурсов по всем работам проекта. На второй – проводится сглаживание эпюры использования ресурсов. Выровненная эпюра использования рабочей силы обеспечивает меньшую стоимость и более эффективную работу. Если не все ресурсы можно получить из внутренних источников, то необходимо купить, арендовать или взять напрокат некоторые ресурсы. Возможно, что на выполнение некоторых работ необходимо заключить контракты с субподрядчиками. Данные по минимальным количествам требуемых ресурсов, установленные процедурой распределения ресурсов, могут быть использованы на последующих стадиях при проверке достаточности ресурсов подрядчика для выполнения проекта.

Итак, на начальный момент времени процесса выбора проектов-претендентов имеется фонд ресурсов $h_i^{(0)}$. После выбора одного из проектов фонд ресурсов уменьшается на величину, равную соответственно нормо-часам трудоемкости, фондоемкости и материалоемкости выполнения j -й работы i -го проекта в момент времени t . После первого цикла расчетов соответственно фонд ресурсов уменьшается. Повторение циклов расчетов происходит до тех пор, пока не обнаружится дефицит.

Построим ограничения, определяющие технологические возможности предприятия выполнять портфель проектов.

Для любого периода времени t общая фондоемкость всех проектов по любому виду оборудования не должна превышать фонда времени этого оборудования

$$\sum_{i \in P} F_{li}(t) \leq F_1^{Pr}(t), \quad l = 1 \dots N^F, t = 1 \dots T. \quad (2)$$

При определении величины $F_1^{Pr}(t)$ необходимо учитывать планы реализации проектов по другим портфелям, планы по закупке, аренде или продаже оборудования.

Аналогичным образом строятся ограничения по использованию трудовых ресурсов. Для любого периода времени t общая трудоемкость всех проектов по любой специальности не должна превышать соответствующего фонда времени

$$\sum_{i \in P} K_{mi}(t) \leq K_m^{Pr}(t), \quad m = 1 \dots N^K, t = 1 \dots T. \quad (3)$$

При определении величины $K_m^{Pr}(t)$ необходимо учитывать планы реализации проектов по другим портфелям, планы по приёму на работу новых сотрудников либо сокращению штатов, а также отпуска и длительные командировки.

При формировании ограничений на использование материальных ресурсов следует учитывать, что на предприятии обычно не создаётся больших

запасов сырья, материалов, комплектующих, поскольку их, как правило, не сложно купить. Поэтому в структуре ограничений целесообразно учитывать не наличные запасы ресурсов, а возможности их пополнения за счёт закупок.

Введём ограничения на расходование денежных средств, поступающих от заказчика. Их должно быть достаточно для оплаты труда исполнителей проекта, расходов, связанных с эксплуатацией основных фондов, закупкой материальных ресурсов, а также покрытия убытков, связанных с рисками. В качестве оценки величины убытков будем использовать величину, полученную путём усреднения убытков по всем рискам с учётом их вероятности:

$$\mu_i^{y6} = \sum_{j=1}^{n_{ri}} P_j(r_i) \cdot U_j(r_i),$$

где n_{ri} – общее число идентифицированных рисков для проекта.

Детально вопросы, связанные с учетом рисков ситуаций и оценкой совокупного риска проекта будут рассмотрены в одной из следующих статей.

При формировании ограничения на расходование денежных средств следует учитывать, что средства, выделенные под проект в одном из периодов могут быть использованы в другом. Поэтому будем производить суммирование выделенных и израсходованных средств по всем периодам для каждого проекта в отдельности. Ограничение выглядит следующим образом

$$\sum_{t=1}^T \left(\sum_{m=1}^{N^K} c_m^K(t) K_{mi}(k) + \sum_{l=1}^{N^F} c_l^F(t) F_{li}(k) + \sum_{j=1}^{N^M} c_j^M(t) M_{ji}(k) \right) + \mu_i^{y6} \leq \sum_{t=1}^T S_i(t), \quad i \in P \quad (4)$$

где $c_m^K(t)$ – прогнозная стоимость одного человеко-часа работы сотрудника специальности m ; $c_l^F(t)$ – прогнозные затраты на один час работы оборудования вида l ; $c_j^M(t)$ – прогнозная цена единицы ресурса вида j в периоде t .

Ограничение (4) гарантирует безубыточность проекта.

Неравенства (2), (3) и (4) определяют технологические возможности предприятия. Они обязательны для всех ситуаций. Кроме них, в структуре модели может быть ещё ряд ограничений, обусловленных позицией предприятия на рынке, его состоянием и целевыми установками.

Кроме ограничения (4), определяющего невозможность перерасхода денежных средств в целом по проекту, может быть введено дополнительное огра-

нижение на дефицит в каждом из периодов. В случае неравномерного поступления финансирования, в отдельные периоды времени может возникать дефицит финансирования, который будет ликвидирован в последующих периодах. Предприятие может временно использовать для выполнения проекта собственные средства или средства, поступающие от других проектов. Однако возможности использования этих средств ограничены и не должны превышать некоторой величины. Обозначим через S^{cob} максимальную величину собственных средств, которая может быть временно использована для покрытия дефицита. Тогда ограничение на дефицит выглядит следующим образом

$$\sum_{\tau=1}^t \sum_{i \in P} \left(\sum_{m=1}^{N^K} c_m^K(\tau) K_{mi}(\tau) + \sum_{l=1}^{N^F} c_l^F(\tau) F_{li}(\tau) + \sum_{j=1}^{N^M} c_j^M(\tau) M_{ji}(\tau) \right) + \sum_{i \in P} \mu_i^{y^0} \leq \sum_{\tau=1}^t \sum_{i \in \Pi} S_i(\tau) + S^{cob}, \quad t = 1 \dots T \quad (5)$$

Суммирование здесь производится по всем проектам, но не по всему интервалу планирования, а в отдельности для каждого периода t . Ограничение гарантирует, что ни в одном из периодов не возникнет значительный дефицит, угрожающий привести к остановке работ.

Ограничение (4) гарантирует, что поступающих от заказчиков средств достаточно для покрытия затрат по каждому проекту, включая ожидаемые средние убытки из-за рисков. Однако в отдельных случаях убытки могут значительно превысить усреднённую оценку. Если предприятие стремится избежать участия в рискованных проектах, может быть введено дополнительное ограничение на возможные убытки от риска

$$\mu_i^{y^0} + 3\sigma_i^{y^0} \leq kS^{pez}, \quad i \in P, k \in (0,1), \quad (6)$$

где $\sigma_i^{y^0}$ – среднеквадратическое отклонение величины убытков. Ограничение означает, что с большой долей вероятности ни по одному из проектов портфеля убытки не превысят доли резервного фонда, заданной коэффициентом k .

Модель отбора проектов в портфель

Рассмотренные основные положения дают возможность сформулировать задачу оценки приоритетности реализуемых проектов на основе стратегического развития предприятия.

Если при решении задачи формирования портфеля проектов рассматривают только те проекты, которые выполняются в интересах заказчиков и предполагают получение прибыли, то наиболее рас-

пространённым критерием выбора таких проектов является величина NPV_i . Оптимальным в этом случае будет считаться портфель, обеспечивающий наибольшую суммарную величину NPV_i в рамках заданных ограничений:

$$\sum_{i \in P} NPV_i \rightarrow \max.$$

Как правило, в моделях выбора проектов присутствует также требование высокой доходности ($PI_i > 1, i \in P$).

Проекты, выполняющиеся с целью стратегического развития предприятия, как правило, не предполагают получения прибыли и для их оценки и выбора нельзя использовать показатели, определяемые только по финансовым результатам. В этом случае должен быть сформирован портфель проектов, в максимальной степени соответствующий стратегическим целям организации и обладающий наилучшими свойствами по характеристикам привлекательности, реализуемости и риска.

Максимизация суммарного стратегического соответствия стратегическим целям организации может быть представлена

$$\sum_{i \in P} SC_i \rightarrow \max.$$

Укажем ограничения модели. В первую очередь следует ввести ограничения, определяющие принципиальную возможность реализации проекта. Ограничение, связанное с обеспечением достаточности выделяемого бюджета на финансирование инвестиционных затрат по проектам портфеля описывается формулой (1). Ограничения на общий расход ресурсов по предприятию – (2) и (3).

В модель следует также ввести ограничение на расходование денежных средств, сформированное путем суммирования выделенных и израсходованных средств либо в формуле (4), а в случае необходимости учета ограничения дефицита в промежуточных периодах – (5).

Рассмотренные ограничения дают возможность получить предварительный или потенциальный портфель проектов $PPR_p \subset PPR$.

Для получения эффективного портфеля проектов $PPR_s \subset PPR_p$ для каждого проекта из множества PPR_p определяем значения NPV_i и совокупного риска R_i . Для формирования портфеля проектов с более высокими показателями чистого приведенного дохода, но не связанных с высоким риском, введем соответствующие ограничения:

$$NPV_i, i \in PPR_s \geq NPV_i, i \notin PPR_s,$$

$$R_i, i \in PPR_s \leq R_i, i \notin PPR_s.$$

Можно ввести в модель и ограничения на возможные убытки от риска (6). Значение коэффициен-

та k целесообразно выбирать из диапазона $k \in [0,1, 0,3]$.

Может быть введено также ограничение на общую стоимость проектов, выполняющихся в рамках стратегии

$$\sum_{i \in P} S_i \leq S^{Strk},$$

где S_i – затраты на проект P_i ; S^{Strk} – средства, выделенные на реализацию стратегии.

Кроме максимизации суммарного стратегического соответствия стратегическим целям организации, может быть решена задача минимизации затрат на реализацию стратегии

$$\sum_{i \in P} S_i \rightarrow \min;$$

$$\sum_k SC^{Strk} = 1.$$

Рассмотренные оптимизационные модели составляют основу поведения агентов модели распределения ресурсов между проектами портфеля с учетом рисков.

Агентная имитационная модель распределения ресурсов между проектами портфеля

Архитектура предлагаемой системы моделирования иерархическая, поскольку при динамическом мультипроектном планировании должны быть агенты «метауровня», осуществляющие координацию распределенного решения задач другими агентами.

Агентная модель была создана на основе [5]. При этом были внесены существенные изменения, которые позволили сократить число агентов, выделение которых являлось, на наш взгляд, нецелесообразным. В свою очередь, это позволило сократить число взаимодействий между агентами, что существенно важно и для логики работы и для повышения производительности. Агенты системы с учетом их ролей при взаимодействии в процессе моделирования представлены на рис. 2.

Каждый проект связан с агентом-менеджером *ProjectManager*. Поскольку система является динамической, то создание и удаление соответствующих агентов происходит в режиме реального времени.

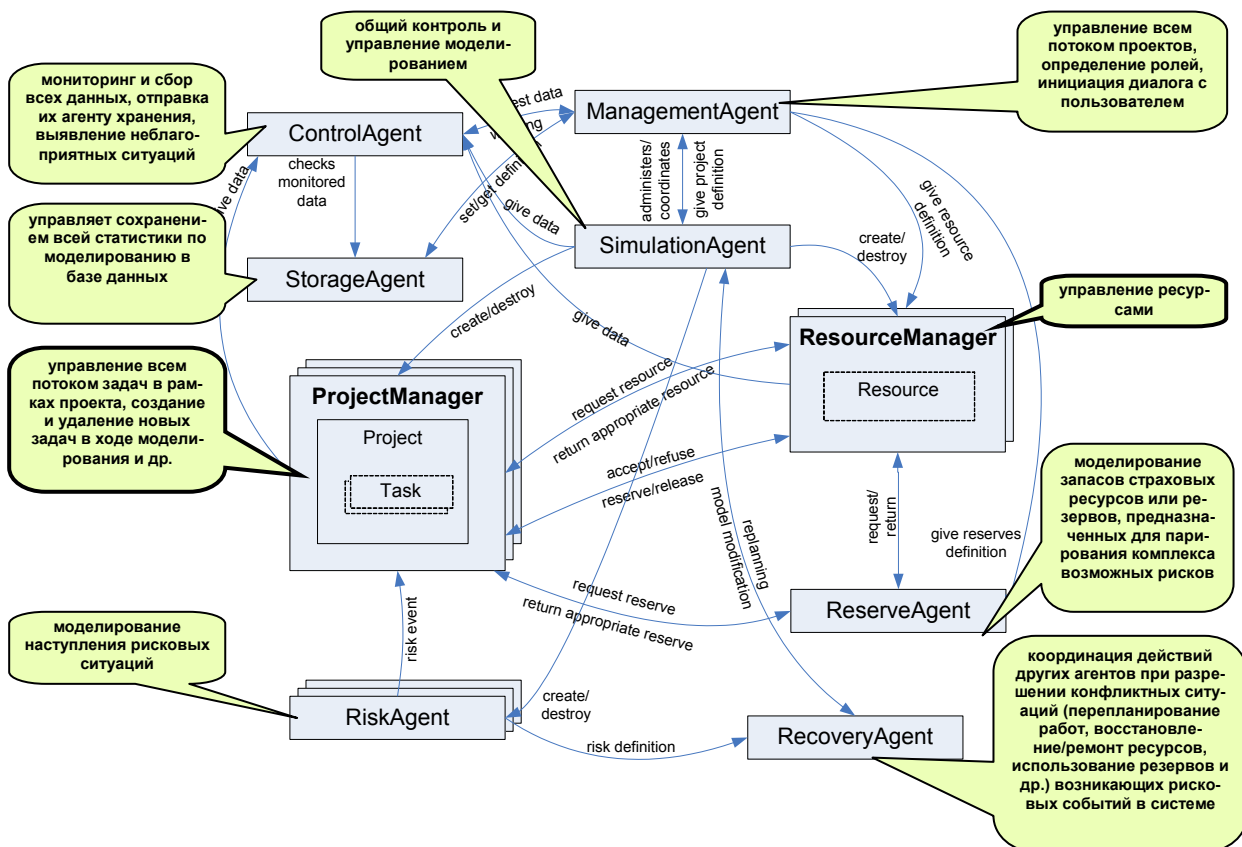


Рис. 2. Агенты системы моделирования

Согласно системной модели, приведенной в предыдущем разделе, динамическому анализу на финансовую и ресурсную реализуемость подвергается портфель отобранных проектов, соответственно

в любой момент t имеется I проектов из портфеля проектов P . Все характеристики проекта были рассмотрены ранее. Для нас здесь важно подчеркнуть, что каждый из проектов портфеля характеризуется

значением $S_i(t)$, которое можно интерпретировать как доход, полученный по проекту, весом w_i , представляющим стратегическую значимость проекта, желательным сроком завершения D_i , предельно допустимым сроком завершения D_i^* .

Каждый проект состоит из комплекса работ y_{ij} , где $j = \overline{1..n_p}$ где n_p – количество работ i -го проекта. Соответственно план портфеля проектов будет представлять собой множество работ Y с заданными сроками их выполнения и необходимыми для каждой работы финансовыми средствами:

$$Y = \{y_{ij}\},$$

$$y_{ij} = (t_{ij}^H, t_{ij}^K, s_{ij}),$$

где t_{ij}^H, t_{ij}^K – сроки начала и окончания работы y_{ij} (i – проект в портфеле ($i \in P$); j – номер работы проекта i ; s_{ij} – объём финансовых ресурсов, выделенный для выполнения работы y_{ij}).

Отметим, что кроме обозначенных характеристик, каждая работа может иметь следующие атрибуты: тип (с фиксированной длительностью, с фиксированным объемом, растяжимые, контрольные события); трудоемкость; ограничения на сроки исполнения задачи, приоритеты, условия синхронизации, директивные сроки и условия выполнения, риски и другие параметры.

Каждая работа проекта связана с компетенцией h_{ij}^c . Соответственно любая работа y_{ij} с данной компетенцией h_{ij}^c может быть выполнена ресурсом m , если m обладает этой компетенцией. Длительность работы y_{ij} зависит от ресурса, назначенного для ее выполнения. Продолжительность работы y_{ij} для ресурса m обозначим как d_{ij}^m . Она рассчитывается в соответствии с формулой

$$d_{ij}^m = \frac{d_{ij}}{e_{h_{ij}^c}^m},$$

где d_{ij} является стандартной продолжительностью работы проекта и $e_{h_{ij}^c}^m$ является эффективностью ресурса m для выполнения компетенции h_{ij}^c .

Такое модельное представление предполагает, что работы любого проекта должны быть выполнены последовательно в порядке, установленном комплексом работ по проекту Y_i и ресурс может быть

назначен только одной работе. Это означает, что как только некоторый ресурс начал задачу, его деятельность не может быть прервана, соответственно ресурс должен быть освобожден, чтобы ему была назначена другая работа.

Каждый агент-менеджер *ProjectManager* представляет собой конкретный проект и характеризуется своими целями, приоритетом, сроками, стоимостью. Целью для каждого агента *ProjectManager* является поиск контрактов с ресурсами, которые могут выполнить необходимые работы с минимальными затратами. Для этого *ProjectManager* будет рассчитывать локальное оптимальное расписание с учетом затрат на ресурсы, как результат имитации рыночных взаимодействий между проектами и ресурсами.

Под ресурсами понимаются люди, оборудование и материалы, необходимые для выполнения задачи. Ресурсы являются элементом с индивидуальным поведением, поэтому моделируются агентом *ResourceManager*. Его цель состоит в том, чтобы увеличить уровень загрузки ресурсов и доходов.

Агенты *ProjectManager* участвуют в виртуальном рынке, где временной интервал ресурсов имеет цену. Агенты *ProjectManager* и *ResourceManager* заключают, таким образом, контракты для выполнения предполагаемых работ по проектам портфеля.

Агент управления ресурсами *ResourceManager* может также осуществлять подбор ресурсов для выполнения задач, контроль параметров ресурсов, подсчет затрат за хранение, наблюдая изменяющиеся потребности в ресурсах, может закупать (дозаказывать) пользующиеся спросом материалы и комплектующие или принимать решения по сокращению или увеличению складских помещений (емкость пула ресурсов).

Пусть имеется M ресурсов в системе, которые могут быть назначены одновременно на одну и ту же работу. Каждый ресурс обладает заданной стоимостью в расчете на единицу времени c_m ($m = \overline{1..M}$) и подмножеством $H^c = (h_1^c, h_2^c, \dots, h_k^c)$, которое представляет собой набор компетенций, необходимых для завершения проекта. Каждый ресурс имеет определенную степень или способность выполнять компетенции. Поэтому, рабочая способность ресурсов может быть представлена посредством вектора способностей e_m , а $e_{h_{ij}^c}^m \geq 0$ показывает способность ресурса m выполнять компетенцию h_{ij}^c .

Агент *SimulationAgent* играет несколько ролей централизованного характера: он создает агентов менеджера проектов, когда новые проекты добавляются в систему, контролирует действия, выпол-

няемые ресурсами, и выступает в роли аукциониста – проводит аукционные торги.

Использование понятия аукциона в переговорах агентов обеспечивает возможность явной передачи «полезности» (в виде цены) от одного агента к другому. Аукцион выступает в качестве рыночного механизма самоорганизации коллективного поведения, и с его помощью можно сконструировать такую схему торгов, которая обеспечит требуемые свойства мультиагентной системы. На аукционе некоторые ресурсы, необходимые для достижения цели несколькими агентами, выставляются на «продажу». Ресурсы эти ограничены, поэтому агенты соперничают между собой в процессе торгов. Возможности «покупки» ресурсов агентами также ограничены, а целесообразность покупки оценивается функцией полезности ресурса, которая, как правило, вычисляется в виде разности между доходом от использования ресурса и затратами на его покупку.

Агент *SimulationAgent* собирает исходные данные от менеджеров ресурсов, осуществляя, таким образом, мониторинг состояния системы и динамики ее развития. Он имеет, таким образом, информацию о наличии тех или иных ресурсов, и он может предложить цену за доступные временные интервалы ресурсов. Агент *SimulationAgent* – единственный агент, который проводит аукционы в системе и назначает работы по временным интервалам и ресурсам. Продавцами в этом случае выступают агенты *ProjectManager*.

Таким образом, агент моделирования *SimulationAgent* осуществляет общий контроль и управление моделированием комплекса работ, обеспечивает поддержку кооперативного решения возникающих конфликтов, если это находится в его компетенции, помогает агентам в координации действий, распределяет привилегии, предлагает разнообразные возможные общие решения, может переключать переговоры агентов (например, с избежания штрафа за счет выполнения директивных сроков проекта, на резервирование времени по ремонту оборудования собственными силами).

Агент резерва *ReserveAgent* создается в целях обеспечения устойчивых к рискам проектов, когда необходимо создавать собственный дополнительный запас страховых ресурсов или резервов, предназначенных для парирования комплекса возможных рисков. Агент *ReserveAgent* осуществляет взаимодействие с агентами *ResourceManager*.

Агент-риска *RiskAgent* предназначен для моделирования наступления рискованных ситуаций. Для каждой задачи на этапе идентификации рисков (указывается возможность присутствия риска для задачи из классификационного перечня) задается вероятность данного риска, опасность данного риска, т.е. насколько существенными окажутся последствия

наступления неблагоприятного события, важность риска как произведение вероятности на опасность его наступления. Кроме того, для каждого риска могут быть заданы следующие параметры: фаза выполнения задачи, где проявляется риск, тип и размер убытка (например, в виде требуемых дополнительно затрат или ресурсов), признак застрахованности для данного риска (указывается источник (собственный резервный фонд или третье лицо), сумма, порядок выплаты и размер процента (для внешнего страхования)). Создание нового агента-риска в системе будет соответствовать наступлению рискованного события.

На агента восстановления *RecoveryAgent* возлагаются обязанности, связанные с координацией действий других агентов (в частности, *SimulationAgent*) при разрешении (перепланирование работ, восстановление/ремонт ресурсов, использование резервов и др.) возникающих рискованных событий в системе. Кроме того, обращаясь к исторической базе данных, где сохраняется вся информация о ходе моделирования, он может осуществлять возврат к предыдущим шагам моделирования по требованию пользователя.

Назначение остальных агентов аналогично [5].

Поскольку каждый отдельный агент выполняет свою задачу, а общая задача выполняется множеством агентов, необходимо иметь способы взаимодействия и синхронизации действий различных агентов. Агенты обмениваются друг с другом информацией посредством переговоров.

Таким образом, все перечисленные агенты принимают активное участие в переговорах (обмене сообщениями) по моделированию комплекса работ по проекту, его перепланированию «на ходу» при изменениях ситуации, связанных с проявлением факторов риска (появлением нового ресурса или выходом из строя какого-либо старого ресурса, задержкой при исполнении определенного вида работ, неподготовленностью ресурса и т.д.).

Взаимодействие агентов организуем таким образом, чтобы максимизировать глобальную привлекательность портфеля проектов.

В качестве базовых показателей для определения привлекательности проекта можно использовать NPV_i , ROI_i и другие, которые отражают экономическую эффективность проекта. Однако, как это отмечалось ранее, нецелесообразно принимать решения о проекте только на основе этих показателей. Ведь проект может быть экономически привлекателен, но при этом не соответствовать стратегическим целям организации.

Для принятия эффективных решений о проекте целесообразно использовать более общий показатель, являющийся мерой привлекательности проекта – полезность проекта V_T .

Для принятия эффективных решений о проекте целесообразно учитывать такие аспекты проектов, которые невозможно измерить при помощи финансовых показателей, и которые, несомненно, влияют на формирование портфеля проектов. В этом случае следует говорить о более общем показателе, который является мерой привлекательности проекта – полезность проекта. В его составе, безусловно, должен быть учтен показатель индекса соответствия стратегическим целям предприятия и развития его стратегического потенциала при реализации проекта SC_i , особенности расчета которого обсуждались ранее.

Этот показатель, который согласован с концепцией *Balanced Scorecard*, может учитывать, как реализация проекта будет влиять на развитие персонала (например, повышение его компетентности), как осуществляется улучшение качества бизнес-процессов в организации, как улучшится имидж организации и др.

Таким образом, глобальную привлекательность портфеля проектов можно оценить, усреднив полезность (учитывающую финансовый результат при помощи показателя NPV_i и стратегический эффект при помощи показателя SC_i), полученную в определенном временном интервале T :

$$G = \frac{B_T}{T} = \frac{\sum_{i \in PT} (NPV_i - (\sum_{j=1}^{N_{ij}^H} c_{mj} \cdot \frac{d_{ij}}{e_{h,c}^m} + SC_i \cdot (D_i - F_i)^2))}{T},$$

где PT – множество проектов, выполняемых за период T ; c_{mj} – стоимость ресурса m в расчете на единицу времени; N_{ij}^H – ресурсы, необходимые для выполнения j работы i проекта; d_{ij} – стандартная продолжительность j работы проекта; $e_{h,c}^m$ – эффективность ресурса m для выполнения работы j ; D_i – плановый срок завершения проекта; F_i – фактический срок завершения проекта. Таким образом, показатель SC_i соответствия стратегическим целям предприятия и развития его стратегического потенциала при реализации проекта учитывается в стоимости задержки связанной с выполнением проекта.

С учетом этого при моделировании новый проект может быть отклонен всякий раз, когда будет иметь место одно из следующих событий:

– доход, полученный от проекта, не дает компенсацию затратам;

– все возможные комбинации приводят к планам, нарушающим предельно допустимый срок завершения D_i^* ;

– реализация имеющейся части проектов в плане неприемлема. Это может произойти по двум причинам. Во-первых, если новый проект обязывает отложить уже выполняемый проект, нарушая при этом D_i^* , то он будет отклонен. Если же сроки не нарушаются, но включение нового проекта при этом увеличивает суммарные затраты задержки других проектов больше, чем доход, полученный от проекта, то этот проект также будет отклонен.

Таким образом, решение о принятии или отклонении нового проекта осуществляется локально его собственным агентом *ProjectManager*. Эффективное решение в системе появляется в результате применения аукционного механизма.

Процесс принятия решений является децентрализованным, как следствие того, что взаимодействия между агентами носит аукционный характер. Каждый агент *ProjectManager* создает свой собственный локальный план, принимая во внимание свои собственные проектные цели и знания. Полученные таким образом локальные планы в общем случае являются несовместимыми (например, несколько проектов пытаются использовать одновременно один и тот же ресурс). Более того, локальные планы могут быть глобально неэффективны (прибыльные проекты могут быть отклонены, наиболее важные задержаны и т.д.). Эти проблемы, которые являются результатом автономности каждого агента, будем решать посредством введения рыночного механизма, который бы гарантировал максимальную совместимость локальных планов и глобальную эффективность.

Подобно работе [3], в которой для распределения ресурсов по независимым операциям используется метод множителей Лагранжа, мы будем использовать эту технику разложения для задач математического программирования для реализации аукционного подхода в мультипроектном планировании.

Применение функции Лагранжа для мультипроектного планирования дает возможность разложить задачу в набор нескольких подзадач (по одной каждому агенту менеджеру проектов), что облегчает удовлетворение глобальных полных ограничений.

Чтобы применить функцию Лагранжа и рыночный механизм, период планирования разделяется на множество интервалов времени относительно ресурсов, при этом каждый интервал может быть продан на аукционе (выделен проекту), а локальный план по каждому проекту портфеля будет связкой таких интервалов. Соответственно общее число рас-

смаатриваемых интервалов времени или период планирования изменяется динамически и может отличаться для каждого ресурса.

Каждый агент *ProjectManager* играет роль претендента, участвующего в аукционах, запрашивая у агентов *ResourceManager* набор временных интервалов, необходимых для выполнения текущей задачи, ожидающей выполнения из комплекса работ по проекту. Таким образом, он будет пытаться отыскать множество временных интервалов Z_i через ресурсный пул, в соответствии с минимально возможной локальной стоимостью LC_i . В состав этой стоимости включены две составляющих: суммарная стоимость выделенных ресурсных временных интервалов и штрафная стоимость задержки сроков выполнения работы.

$$LC_i = \sum_{mt \in Z_i} p_{mt} + w_i (D_i - F_i)^2,$$

где p_{mt} – цена времени t ресурса m . Набор временных интервалов Z_i составляет локальный план проекта i . Локальный план будет зависеть от цен на ресурсы. Поскольку цены меняются, то локальные планы могут быть различными на каждом круге торгов.

Чтобы выбрать набор временных интервалов Z_i , которые бы приводили к минимизации их локальных расходов, агенты *ProjectManager* используют алгоритм динамического программирования. С помощью выше приведенной формулы этот алгоритм вычисляет все возможные комбинации интервалов времени, которые составляют возможный план невыполненных работ. Далее агент *ProjectManager* выбирает лучшую комбинацию временных интервалов (с минимальной стоимостью).

В своем решении, агент *ProjectManager* принимает во внимание только те ресурсы, которые имеют необходимые компетенции для выполнения требуемой деятельности. Кроме того, число интервалов времени, необходимых, чтобы выполнить задачу (продолжительность), определяется согласно возможностям ресурса, в соответствии с его компетенциями.

Естественно каждый агент *ProjectManager* будет рассматривать в качестве периода планирования множество интервалов времени, начиная с текущего времени до предельной даты выполнения работы D_i^* . Если агент *ProjectManager* не может отыскать множество временных интервалов так, чтобы запланировать выполнение задачи до назначенного срока D_i^* и с меньшей стоимостью, чем его доход, тогда он не будет запрашивать временные интервалы. Это

означает, что проект является убыточным в соответствующем круге торгов и поэтому, он должен быть отклонен.

Таким образом, если проект не реализуем по установленным ограничениям, то осуществляется корректировка сроков выполнения работ, т.е. перенос и сдвиг работ по проектам в рамках временных ограничений каждого проекта или портфеля в целом. После этого на следующем круге торгов опять проверяются условия. Если опять условия не выполняются, то можно перераспределить ресурсы, либо запросить их (например, использование дополнительных инвестиций).

Агент *SimulationAgent*, играющий роль аукциониста, определяет цену, оплачиваемую за интервалы времени ресурсов с целью снижения ресурсных конфликтов и максимизации их дохода. Чтобы достичь этой цели, он использует для корректирования цены в каждом круге торгов алгоритм субградиентной оптимизации. С помощью этого алгоритма *SimulationAgent* увеличивает цену на интервалы времени всякий раз, когда возникает конфликт (более одного агента *ProjectManager* запросили этот интервал времени), и уменьшает цену на временные интервалы, которые не были востребованы.

Всякий раз, когда цена на временной интервал увеличивается, агенты *ProjectManager*, которые запрашивали интервал в предыдущем круге аукциона, не будут требовать его во время следующего из-за его высокой цены. Соответственно, механизм корректировки цены пытается отыскать для каждого временного интервала агента *ProjectManager*. И этот процесс корректировки цен продолжается до бесконечности. Таким образом, в каждом круге торгов ресурсные конфликты будут снижены.

Заключение

Предложена системная модель формирования портфеля проектов в соответствие со стратегией работы предприятия, на основе использования методов теории множеств, методов системного и многокритериального анализа, агентного имитационного моделирования и методов анализа рисков и неопределенности. Модель комплексно учитывает текущее состояние предприятия и его будущие стратегические направления работы, ресурсное и финансовое обеспечение проектов и риски возникновения неблагоприятных событий. Использование данной модели позволяет последовательно проводить анализ проектов с целью выявления возможности их реализации на предприятии, согласовывать планы реализации проектов и планы предприятия на различных уровнях планирования, отбирать наиболее перспективные проекты к реализации в соответствие с определенной стратегией развития.

Разработана формализованная математическая модель выбора проектов в соответствие со стратегическими целями предприятия, которая позволяет на основе различных оценок и критериев формировать портфель проектов с учетом различных показателей стратегической деятельности предприятия. Модель согласуется с системой сбалансированных показателей предприятия.

Разработана агентная имитационная модель распределения ресурсов между проектами портфеля предприятия лифтового хозяйства, которая позволяет провести динамический анализ на финансовую и ресурсную реализуемость. Преимущества предложенного подхода – возможность построения автономных, адаптивных, с возможностями аукционного и скоординированного взаимодействия своих элементов систем моделирования, что делает их предпочтительным подходом для решения задачи децентрализованного мультипроектного планирования.

Предложенный подход имеет отличительные черты: интеграция стратегических решений (принять или отклонить новые проекты) и оперативных аспектов (распределение ресурсов); возможность гибкого управления ресурсами. Раскрыты особенности информационного взаимодействия агентов в мультиагентной системе, за счет механизмов, связанных с децентрализованным мультипроектным планированием, включающим разрешение ресурсных конфликтов при выполнении задач, поиск наиболее оптимальных ресурсов, при использовании которых выполнение работы будет происходить на наиболее выгодных условиях.

Список литературы

1. Рамазанов Д.Н. Экономико-математическая модель формирования инвестиционных проектов [Текст] / Д.Н. Рамазанов // Аудит и финансовый анализ. – 2010. – № 2.
2. Аньшин В.М. Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности [Текст] / В.М. Аньшин, И.В. Демкин, И.М. Никонов, И.Н. Царьков. – М.: Издательский центр МАТИ, 2007. – 117 с.
3. Матвеев А.А. Модели и методы управления портфелями проектов [Текст] / А.А. Матвеев, Д.А. Новиков, А.В. Цветков. – М.: ПМСОФТ, 2005. – 206 с.
4. Lixin Zhou. Multi-Agent Based Project Portfolio Management Approach [Текст] / Zhou Lixin // Proceedings of the International Symposium on Intelligent Information Systems and Applications. – 2009. – P. 240-243.
5. Прохоров А.В. Особенности использования онтологий при взаимодействии агентов в системе имитационного моделирования производственных процессов [Текст] / А.В. Прохоров, Е.М. Пахнина // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2008. – Вип. 3(18). – С. 164-170.

Поступила в редколлегию 30.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Е.А. Дружинин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ПОРТФЕЛЮ ПРОЄКТІВ ПІДПРИЄМСТВА ЛІФТОВОГО ГОСПОДАРСТВА

С.Ю. Яковлєв

Розглянуто особливості формування портфеля проєктів у відповідності зі стратегією розвитку комунального підприємства. Представлено системну модель формування портфеля проєктів. Описано математичну модель вибору проєктів, що комплексно враховує поточний стан підприємства і його майбутні стратегічні напрямки роботи, ресурсне та фінансове забезпечення проєктів і ризики виникнення несприятливих подій. Розроблена агентна імітаційна модель розподілу ресурсів між проєктами портфеля підприємства ліфтового господарства, що дозволяє провести динамічний аналіз на фінансову та ресурсну реалізуємість.

Ключові слова: портфель проєктів, стратегічні цілі, реалізуємість проєкту, ризик, розподіл ресурсів, агентна модель.

PROJECT PORTFOLIO FORMING AND MODELING APPROACH

S.Y. Yakovlev

In this work, we analyze the main features of the formation project portfolio, taking into account the companies strategy. We propose a system model for formation project portfolio. We describe the mathematical model of project selection, which comprehensively considers the current state of the company and its future strategic directions, resource and financial feasibility of the projects and the risks. We propose agent based simulation model for resource allocation between projects in portfolio.

Keywords: portfolio, strategic objectives, project feasibility, risk, resources allocation, agent model.