

УДК 519.712
ББК 32.811.7

МОДЕЛЬ P2P АУТСОРСИНГА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Иващенко А. В.¹,

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)», Самара)

Леднев А. М.²

(ООО «Хоулмонт», Самара)

Описывается модель P2P аутсорсинга заказов на промышленных предприятиях с сетевой структурой управления, позволяющая автоматизировать взаимодействие персонала с использованием мультиагентных технологий путем реализации аукциона. Приводится пример реализации такой системы на предприятии нефтегазовой отрасли.

Ключевые слова: P2P модели, мультиагентные технологии, управление взаимодействием, предприятие нефтегазовой отрасли.

1. Введение

В связи с высокой сложностью и наукоёмкостью современных научно-производственных предприятий, на практике часто возникает следующее противоречие: с одной стороны, необходимо обеспечить высокую автономность лиц, принимающих решения, с другой стороны, требуется организовать их эффек-

¹ Антон Владимирович Иващенко, кандидат технических наук, доцент (*anton-ivashenko@yandex.ru*).

² Андрей Михайлович Леднев, MSc (University of Surrey), аспирант (*andrey.lednev@gmail.com*).

тивное взаимодействие в едином информационном пространстве для решения возникающих задач в режиме реального времени.

Например, при автоматизации планирования работы крупного предприятия нефтегазовой отрасли на уровне управляющей компании, составить детальное расписание на длительный горизонт времени бывает сложно в связи с невозможностью адекватного нормирования проектной деятельности, распрощанным распараллеливанием работ и частым делегированием части работ между подразделениями.

Решение этой проблемы видится в построении сетевой системы управления [3], широко используемой в современных организациях, однако, при автоматизации такой системы, например, с использованием мультиагентных технологий, необходимо разработать новые модели взаимодействия персонала в интегрированной информационной среде.

В статье предлагается модель аутсорсинга задач, основанная на реализации P2P сети и направленная на устранение указанного противоречия путем реализации системы управления взаимодействием активных элементов организационной системы с высокой степенью автономности в форме виртуального аукциона.

2. P2P модели в сетевых системах управления организацией

В настоящее время многие промышленные предприятия внедряют матричную (сетевую) структуру системы управления для обеспечения наиболее эффективной хозяйственной деятельности за счет повышения производительности труда и сокращения числа производств различного профиля, связанного с их специализацией согласно образованным центрам компетенций [1]. Вопросы построения таких систем управления подробно рассмотрены в рамках теории управления организационными системами [2, 3, 7]. В частности, теория иерархических систем управления [4] изучает проблемы принятия решений в условиях неопределенности в организационных системах различного

вида, а стратегии поведения сотрудников организации с сетевой структурой управления исследуются в рамках теории игр [18].

Важным аспектом практической реализации такого подхода на практике является рассмотрение взаимоотношений исполнителей не только с руководителем, но между собой. Сложность заключается в том, что применение классического проектного подхода [12] в таких организациях затрудняется, так как высокая сложность задач и неопределенность требований к необходимым для их исполнения ресурсам не позволяет произвести качественное нормирование и распределение на уровне единого центра с использованием классических методов календарно-сетевое планирования. Эта проблема решается путем распределения ответственности между крупными подразделениями предприятий, обеспечения их автономности (в рамках оперативного управления) и организации их согласованного взаимодействия, как на этапах планирования, так и в процессе исполнения работ по разным проектам.

Таким образом, актуальной задачей является изучение особенностей взаимодействия подразделений предприятия с высокой степенью автономности, как между собой, так и с единым центром управления, с целью обеспечения эффективности работы предприятия в целом. Для моделирования такого взаимодействия в современной зарубежной и отечественной научной литературе [10, 15, 19, 20] часто предлагаются P2P (peer-to-peer, равный с равным) модели взаимодействия для реализации сетевой структуры системы управления в интегрированной информационной среде.

Участниками P2P сети являются пиры, которые с точки зрения организации являются исполнителями, а с точки зрения информационной среды – акторами [5]. Акторами могут быть подразделения или сотрудники предприятия, обладающие определенной автономностью по принятию решений и способные использовать собственные ресурсы для исполнения определенных задач.

Следующие свойства P2P сетей позволяют их использовать для моделирования сетевых систем управления:

- децентрализация, т.е. отсутствие единственного контролирующего органа: ответственность разнесена по центрам компетенции, которые могут формировать отдельные кластеры;
- заимствование ресурсов и услуг: реализуемые при матричной структуре управления проекты задействуют ресурсы (людские, технологические и т.д.) из разных центров компетенций, например, в коллективах, занимающихся разработкой наукоемкой продукции, могут формироваться команды из разных отделов согласно требуемым знаниям и навыкам;
- автономность: способность каждого пира самостоятельно определять, какие ресурсы доступны для других, а какие нет. Данное свойство также присуще проектным организациям, в которых начальник отдела принимает решение каких сотрудников выделить на проект, но при этом учитывается и мнение сотрудника.

В сетевой организации акторы взаимодействуют между собой и с центром, что необходимо учесть в модели P2P сети. Различают 3 вида P2P топологий [16, 17]:

- децентрализованная, так же известная как чистая P2P сеть, в которой сети взаимодействие происходит только между акторами, обладающими равными правами. С точки зрения организации под такой сетью можно представить коллектив высококвалифицированных специалистов, четко выполняющие поставленные задачи и не нуждающиеся во внешнем контроле. При этом основным недостатком является отсутствие центра, что делает такие сети слабо управляемыми;
- централизованная, в которой присутствует единый центр, принимающий решения. Основной недостаток такой сети – излишнее влияние центра, при отсутствии которого работа сети может остановиться, так как акторы перестанут работать при отсутствии руководителя;
- гибридная: в данной сети функции центра поочередно выполняют различные акторы. По аналогии в коллективе в качестве лидера могут выступать разные сотрудники, беря на себя ответственность за решение той или иной задачи. Дан-

ная топология соединяет преимущества двух предыдущих подходов.

При исследовании P2P моделей системы управления сетевой организации следует учесть, что в процессе планирования и исполнения заданий акторы должны обладать определенной свободой взаимодействия. Услуги, предоставляемые P2P системами, являются как целью, так и средством построения и предсказания и поведения самоорганизующихся сообществ [9]. P2P сеть формируется и изменяется динамически. В процессе проектной деятельности коллектив перестраивается, также как при добавлении/удалении элементов P2P сети, а при решении совместных задач изменяются взаимоотношения между сотрудниками, что соответствует изменению P2P связей.

Для поиска акторов для взаимодействия сотрудники могут использовать [14] алгоритм «затопления» (Flooding algorithm), основанный на распространении запроса между всеми участниками сети (затратный, но достаточно надежный алгоритм, который практически гарантирует результат) или алгоритм случайного блуждания (Random Walk Algorithm), при реализации которого опрашиваются выборочные элементы.

Таким образом, модель P2P сети позволяет описать процесс взаимодействия в организации с сетевой структурой управления. В процессе планирования проекта центр распределяет задачи между исполнителями – центрами разных компетенций с достаточно высокой степенью автономности. Сотрудники подразделений в этих центрах – акторы – в процессе P2P взаимодействия могут декомпозировать задачи и передавать друг другу частные задания в процессе планирования и исполнения работы по проекту. Для этого акторы реализуют взаимный поиск в P2P сети и распределение заданий между соисполнителями.

Такой подход обуславливает появление новых требований к программному и организационному обеспечению интеллектуальных систем поддержки принятия решений, планирования и управления взаимодействием персонала предприятий в условиях высокой динамики внешних событий. В связи с этим актуальной является задача разработки новых моделей, алгоритмов и программного обеспечения для системного анализа, обработ-

ки информации и управления Р2Р взаимодействием персонала предприятия при планировании и исполнении текущих задач.

3. Модель Р2Р аутсорсинга

Рассмотрим Р2Р сеть, которая обеспечивает возможность предоставления акторами друг другу услуг по выполнению работы по проекту в качестве соисполнителей или консультантов. В процессе **планирования** своей работы исполнители могут сконцентрироваться на своих ключевых навыках и умениях, за счет чего повышается мотивация исполнителей и снижается стоимость реализации проекта в целом. Целью такой Р2Р сети является обеспечить своевременное решение поставленных задач (комплексных и декомпозированных простых) с минимальной стоимостью:

$$(1) \sum_{i=1}^{N_{\tau}} c_i \rightarrow \min; \quad \max(t^*_i) < T,$$

где c_i – стоимость выполнения задачи τ_i , t^*_i – время завершения задачи τ_i , T – плановое время выполнения комплекса задач, $i=1..N_{\tau}$ – индекс каждой выданной задачи.

Каждый актер после получения задачи может запланировать ее решение с помощью собственных ресурсов, либо разделить ее на несколько других задач (декомпозировать) и передать часть новых задач другим соисполнителям (актерам). При этом целью актора является обеспечение исполнения поставленных им задач в срок за наименьшую стоимость. Целью актора, как соисполнителя, станет получение интересной для него задачи, исполнение которой для него будет наиболее прибыльным.

Таким образом, можно сформулировать задачу **аутсорсинга в Р2Р сети**: необходимо обеспечить повышение качества и сокращение расходов на выполнения комплексных задач с неизвестным уровнем вложенности в заданных временных рамках за счет декомпозиции сложных задач на более простые и передачи их между актерами для исполнения.

Выделим основные события в такой сети. Обозначим акторов-исполнителей задач u_n , где u_0 – центр, иницирующий

планирование. Событие предложения новой задачи исполнителям обозначим:

$$(2) \quad e_{i,m,n}(\tau_i, u_m, u_n, t_{i,n}),$$

где u_n – акторы-претенденты, $n=1..M_u$. Случай $m=0$ соответствует первоначальному распределению задач центром.

Актор u_n может согласиться на исполнение задачи или ответить отказом. Будем считать отказом отсутствие ответа в течение некоторого интервала времени, а согласием сообщение:

$$(3) \quad m_{i,n,m}(\tau_i, c_{i,n}, \Delta t_{i,n}^*, t_{i,n}^*),$$

где $c_{i,n}$ – стоимость выполнения, $\Delta t_{i,n}^*$ – продолжительность, $t_{i,n}^*$ – срок выполнения задачи τ_i .

Событие выбора одного из акторов в качестве исполнителя (планирования задачи) обозначим:

$$(4) \quad e'_{i,m,n}(\tau_i, u_m, u_n, t'_{i,n})$$

В процессе планирования актер может декомпозировать задачу на подзадачи:

$$(4) \quad e''_{i,m}(\tau_i, \{\tau_j\}, u_m, t''_{i,m}),$$

где τ_j – набор подзадач.

Декомпозиция производится как с целью более точного распределения имеющихся у актора ресурсов при планировании задачи (то есть определении $\Delta t_{i,n}$, $t_{i,n}^*$), так и для ее частичной передачи другим исполнителям. Будем считать, что распределение подзадач, полученных в ходе декомпозиции, соисполнителям происходит после того, как задача была запланирована (в противном случае необходимо рассматривать циклы планирования, возникающие при множественной последовательной декомпозиции). Ответственность за выполнение задачи сохраняется за основным исполнителем, а к ее решению могут быть привлечены другие сотрудники или сторонние организации, обладающие соответствующими компетенциями и навыками.

Каждое событие может находиться в одном из двух состояний $\{0, 1\}$, определяющих его существование (это позволяет все возможные события взаимодействия между акторами описать матрицей состояний).

С учетом введенных обозначений задачу (1) можно представить в виде задачи P2P аутсорсинга:

$$(6) \quad \sum_{i=1}^{N_{\tau}} \sum_{m=0}^{N_u} \sum_{n=1}^{N_u} c_{i,n} \cdot e'_{i,m,n} \cdot (1 - e''_{i,m}) \rightarrow \min ,$$

$$\forall \tau_i, u_n : t^*_{i,n} < T ,$$

$$\sum_{i=1}^{N_{\tau}} \sum_{m=0}^{N_u} \sum_{n=1}^{N_u} (1 - e'_{i,m,n}) = 0 ,$$

$$\sum_{i=1}^{N_{\tau}} \sum_{m=0}^{N_u} \left(c_{i,m} - \sum_{j=1}^{N_{\tau}} \sum_{n=1}^{N_u} c_{j,n} \cdot e'_{i,m,n} \right) \cdot e''_{i,m} \rightarrow 0 .$$

Это означает, что суммарная стоимость атомарных задач должна быть минимальной, при этом все задачи должны быть запланированы только на один ресурс и в срок. При декомпозиции задачи каждый актер должен обеспечивать такое планирование подзадач, при котором их суммарная стоимость не будет большей плановой стоимости родительской задачи.

Отметим, что в данном контексте сознательно не учитывается последовательность задач, так как акторы обладают в общем случае неопределенным ресурсом, а трудоемкость задачи точно оценить нельзя. В задаче P2P аутсорсинга акторы являются активными и автономными: вопрос выбора между планированием и декомпозицией задачи (может быть несколько уровней вложенности) решается актором самостоятельно: выполнить поставленную задачу самостоятельно или отдать ее на аутсорсинг.

Применение принципов аутсорсинга при решении комплексных задач позволяет рассчитывать не только на более качественную, но и на более быструю реализацию. В рамках обозначенной проблемы, более точным понятием был бы краудсорсинг [8], обозначающим передачу определенных производственных функций неопределенному кругу лиц на основании публичной оферты, не подразумевающей заключение трудового договора. Тем не менее, предлагается использовать термин аутсорсинг ввиду его большей распространенности.

Предлагаемый подход позволяет снизить нагрузку на центр управления за счет того, что в случае децентрализованного

управления при большом уровне вложенности задач ему не приходится контролировать все связи (договорные отношения) и процесс исполнения по задачам. P2P модели в данном случае позволяет:

- распределить ответственность по исполнителям;
- учитывать и полезно использовать влияние человеческого фактора на процесс принятия решений;
- обеспечивать планирование в условиях неопределенности: находить для исполнения задач исполнителей с навыками и компетенциями, о которых изначально не известно центру и которые могут быть выявлены только в ходе внутрисетевого взаимодействия;
- предоставить самостоятельность исполнителям более низкого уровня при выполнении задач, увеличив их ответственность, что в стратегической перспективе позволит ускорить процесс их профессионального роста.

Таким образом, предлагаемая модель позволяет реализовать концепцию распределенной передачи функций в сетевой системе управления организацией.

4. Система управления P2P аутсорсингом

При организации межсетевого P2P взаимодействия на принципах аутсорсинга одним из ключевых показателей является стоимость выполнения задач. Проблема выбора между более дешевым, но менее компетентным ресурсом и, наоборот, с учетом загрузки всех имеющихся ресурсов остается основной проблемой планирования и распределения ресурсов.

В задаче (6) актер, взявший задачу на исполнение либо выполняет ее полностью, либо выдает одну или несколько подзадач на аутсорсинг: при этом он стремится найти соисполнителей на конкурсной основе по наименьшей стоимости для максимизации своей прибыли. Таким образом, происходит не директивное, а договорное исполнение, свойственное взаимоотношениям внутри P2P сети.

Исходя из особенностей такого рода задач, для их решения целесообразно использовать моделей контрактов [11] и аукцио-

нов [13]. Реализуем систему управления P2P аутсорсинга на основе итерационного аукциона [6].

Аукционом будем называть публичную продажу одного лота по заранее установленным правилам, определяемым центром перед началом аукциона. Роль такого центра (диспетчера) будет выполнять актер в момент декомпозиции задачи: при этом он в разные интервалы времени выставляет подзадачи (лоты), интересные другим актерам в разной степени. В самом начале процесса планирования роль диспетчера выполняет u_0 .

Целью диспетчера является обеспечение максимального суммарного выигрыша от реализации всех лотов за некоторый интервал времени. Победителем аукциона становится актер, выигравший аукцион в соответствии с его правилами. Целью актора является приобретение максимального количества лотов наибольшего интереса при минимальных затратах.

При проведении торгов диспетчер может выбирать различные формы аукциона (в зависимости от решаемой задачи). Например, аукцион может быть открытым, когда участники видят ставки всех своих оппонентов, или закрытым, во время проведения которого участники не видят ставки своих оппонентов и не могут изменять свои ставки. При проведении закрытого аукциона заявки подаются «в конвертах» – каждый участник напрямую, не разглашая публично, сообщает диспетчеру размер своей ставки. Также выделяют английский, голландский и скандинавский аукционы. Английский аукцион является самым распространенным и предусматривает пошаговое увеличение цены покупателями до того момента, пока не останется единственный победитель. В голландском аукционе торг начинается с максимально высокой цены и ведется с ее понижением, пока не найдется покупатель, согласный купить по объявленной цене. В скандинавском аукционе торги ведутся с фиксированным заранее определенным шагом повышения цены, возможность сделать ставку является платной, а победителем признается участник, сделавший последнюю ставку до момента окончания торгов.

Для эффективного решения поставленной задачи аукцион необходимо проводить в несколько итераций или этапов, на

каждом из которых диспетчер будет выстраивать взаимодействие с участниками аукциона – акторам P2P сети, сообщая им текущую цену и предложившего ее ожидаемого победителя и интервала времени, в течение которого будут собираться контрпредложения. На каждом этапе может быть выбрана своя модель аукциона, однако для простоты определения правил взаимодействия целесообразно выбрать одну из наиболее простых моделей, например, каждую итерацию проводить закрытый голландский аукцион на понижение. В этом случае на каждом этапе каждый участник не видит ставки своих оппонентов и не изменяет свою ставку, но по завершению этапа может понизить цену и инициировать новую итерацию. Аукцион завершается в случае, если контрпредложения перестают поступать.

В таком аукционе диспетчер может управлять лишь временными характеристиками процесса сбора заявок, аналогично тому, как при проведении реального аукциона ведущий увеличивает паузы между первым, вторым и третьим ударами молотка. Такое поведение в реальности провоцирует участников аукциона делать ставки наперегонки, а в многоакторной среде стимулирует информационное взаимодействие. Таким образом, предлагается 1) при решении задач организации эффективного распределения задач при P2P аутсорсинге предлагается проводить аукцион в несколько этапов / итераций; 2) в качестве основного механизма управления распределением подзадач в условиях применения выбранной модели аукциона предлагается варьирование интервалов времени торгов по каждому лоту.

Построим модель итерационного аукциона, которая будет подходить для решения задачи P2P аутсорсинга.

Рассмотрим единичный лот τ_i с базовой ценой $C^{(0)}$, определяемой в начале торгов, который имеет для каждого актора условную ценность v_n , $n=1..N_u$, где N_u – общее количество акторов, участвующих в аукционе. На каждой итерации актор может предложить стоимость $c_{i,n}^{(k)}$, где $k=1..M_k$ – номер итерации.

Обозначим Δt_k – длительность каждой итерации. Итерации в данном случае не определяются жестко: будем считать, что каждая рассылка предложений от диспетчера начинает новую итерацию. По результатам каждой итерации диспетчером объ-

является решение (одному или нескольким акторам) о назначении новой стоимости лота $C_{i,n}^{(k)}$, которая выбирается равной минимальной среди всех предложенных, либо уменьшенной на некоторую случайную величину.

Аукцион завершается по истечении времени T_A после своего начала:

$$(7) \quad T_A = \sum_{k=1}^{M_k} \Delta t_k .$$

На каждой итерации диспетчер u_m взаимодействует с акторами u_n по принципу Р2Р: в каждом сообщении от диспетчера содержится вариант с новой или итоговой стоимостью лота на момент времени $t_{i,n}^{(k)}$:

$$(8) \quad s_{i,n}^{(k)} = \{C_{i,n}^{(k)}, t_{i,n}^{(k)}\}, \text{ соответствующий } e_{i,m,n}(\tau_i, u_m, u_n, t_{i,n}^{(k)}) .$$

В ответ актер может выслать новое предложение:

$$(9) \quad b_{i,n}^{(k)} = \{c_{i,n}^{(k)}, t_{i,n}^{(k)}\}, \text{ где } c_{i,n}^{(k)} = C_{i,n}^{(k)} - \Delta c_{i,n}^{(k)} .$$

Время обдумывания ставки актором можно определить как $t_{i,n}^{(k)} - t_{i,n}^{(k-1)}$, $t_{i,n}^{(k)} < t_{i,n}^{(k+1)}$.

Цели диспетчера по проведении серии из $l = 1..L$ аукционов согласно (6) определим как:

$$(10) \quad \sum_{l=1}^L \min_n C_{i,n}^{(M_k)} \rightarrow \min, \sum_{l=1}^L T_{A,l} \rightarrow \min .$$

Цель каждого актора u_n определим следующим образом:

$$(11) \quad \begin{aligned} V(u_n) &= \sum_{l=1}^L v_{n,l} \cdot \theta \left(\min_n C_{i,n,l}^{(M_{k,l})} - c_{i,n,l}^{(M_{k,l})} \right) \rightarrow \max, \\ C(u_n) &= \sum_{l=1}^L c_{i,n,l}^{(M_{k,l})} \cdot \theta \left(\min_n C_{i,n,l}^{(M_{k,l})} - c_{i,n,l}^{(M_{k,l})} \right) \rightarrow \max \end{aligned} ,$$

где $\theta(x) = \begin{cases} 0, & x < 0; \\ 1, & x \geq 0. \end{cases}$ – ступенчатая функция Хэвисайда.

Это означает, что для актора важно обеспечить максимальное удовлетворение от приобретения лотов, при этом получив заказы на максимальную сумму (в предположении, что актер хочет зарабатывать), время, за которое этот результат достигается, существенной роли не играет. Для достижения своей цели

диспетчер может управлять длительностью итераций и количеством вовлеченных акторов (то есть определять, кому и когда рассылать предложения $s_{i,n}^{(k)}$).

Для получения минимальной цены лота от акторов диспетчеру необходимо организовать соревновательный процесс между акторами, для чего необходимо разработать план по рассылке предложений. Каждый актор также может управлять размером и временем предложения, обеспечивая, таким образом, интерес к себе со стороны диспетчера. С другой стороны, для обеспечения лояльности и равновесных состояний, диспетчеру может быть выгодно сообщать акторам свой план. В этом случае можно исследовать зависимости между планом диспетчера и стратегиями игроков.

В условиях решаемой задачи процедура принятия решений диспетчером может быть формализована следующим образом. При формировании плана по рассылке предложений диспетчер может уменьшать время последующей итерации пропорционально изменению уровня ставки (чем меньше время выполнения задачи, тем быстрее центр проводит итерации):

$$(12) \Delta t_{k+1} = \Delta t_k \cdot \alpha_l \cdot \frac{\min(\Delta c_{i,n}^{(k+1)})}{\min(\Delta c_{i,n}^{(k)})}.$$

Реализация аукциона для решения задачи P2P аутсорсинга может быть выполнена как в подсистеме планирования и выдачи задач (заданий) (Workflow) в интегрированной информационной среде предприятия, так и с помощью интеллектуальной системы поддержки принятия решений (например, построенной на базе мультиагентной платформы (см. рис. 1)).

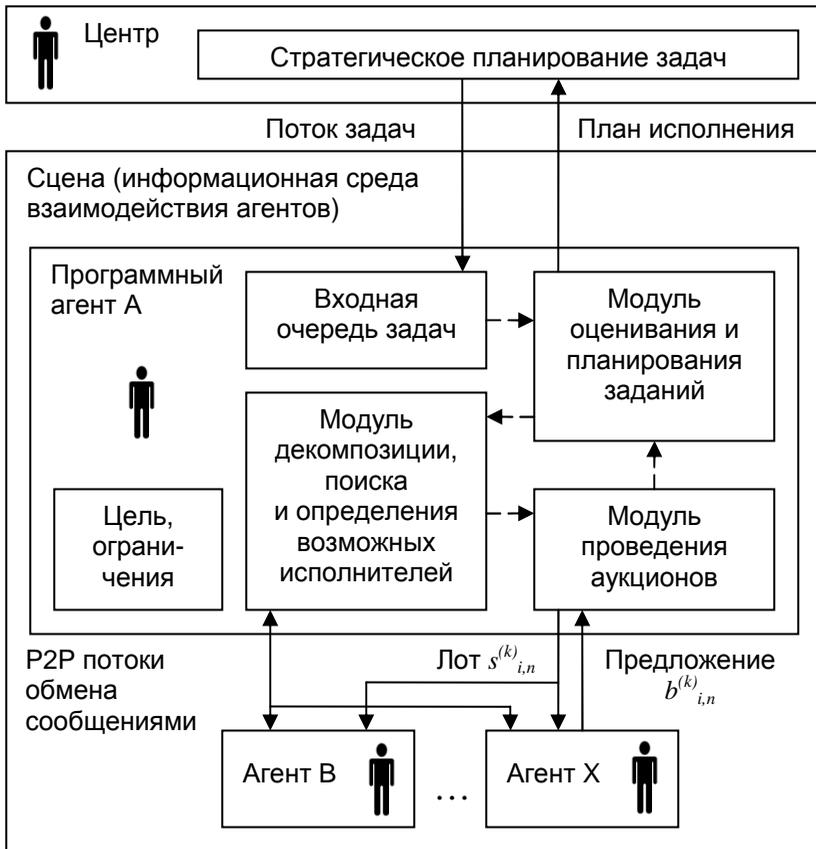


Рис. 1. Система управления P2P аутсорсингом в мультиагентной среде

В первом случае реализация аукциона выполняется как по указанию пользователя, так и в советующем режиме в случае, когда фиксируется комбинация высоких значений оцениваемых характеристик «сложность-важность-неопределенность». Во втором случае необходимо предварительно разработать агентскую имитационную модель, представив акторов и задачи (задания) в виде программных агентов.

Для такой среды можно предложить следующий алгоритм:

1. Создается динамическая P2P сеть акторов, представленных в виде программных агентов. Акторы имеют предустановленные компетенции и связи с другими акторами, которые могут менять во времени.
2. Входящий поток задач с заданным набором характеристик (стоимость, набор требований, длительность розыгрыша) поступает в систему. При этом происходит определение первичных исполнителей:
 - 2.1. В автоматическом режиме за счет применения алгоритмов матчинга между компетенциями акторов и требованиями поставленных задач;
 - 2.2. В ручном режиме, когда исполнитель указывается напрямую инициатором.
3. В результате обработки входящего потока задач, актор получает задачу и может выбрать одно из следующих действий:
 - 3.1. Принятие задачи на исполнение. Актор отказывается от проведения аукциона для передачи задачи на аутсорсинг и выполняет ее самостоятельно). Переход в п.8
 - 3.2. Разбить задачу на несколько подзадач, сгенерировав новые задачи, которые заново поступают в систему с исходным потоком (переход в п.3).
 - 3.3. Провести аукцион по задаче (отдать ее другому исполнителю). Переход в п.4.
4. При поступлении новой задачи для распределения акторам на площадке формируется новый аукцион и создается лот.
5. Для каждого нового лота:
 - 5.1. Определяется диспетчер (актор, выставивший задачу на аукцион).
 - 5.2. Определяется новый набор уточненных требований и стоимость с условием, что сумма по декомпозированным лотам не должна превышать исходную.
6. Определяется набор участников: перечень акторов между которым будет разыгрываться аукцион путем запуска алгоритма матчинга по компетенциям смежных акторов.
7. Проведение аукциона (выдача задач на аутсорсинг):

- 7.1. Определить начальную стоимость лота (может быть меньше заданной).
 - 7.2. Разослать актерам сообщение о стоимости лота.
 - 7.3. Собрать ставки акторов.
 - 7.4. Если получены ставки со стоимостью меньше исходной, то лоту назначается новая стоимость и переход к шагу п.7.2, иначе аукцион завершен.
 - 7.5. В случае если ставок получено не было задачу выполняет актер, сделавший наименьшую ставку.
8. Формальное назначение задачи и ее фиксация в оперативном плане.

5. Реализация системы P2P аутсорсинга на предприятии нефтегазовой отрасли

Предлагаемая модель была реализована компанией «Хоулмонт» (<http://www.haulmont.ru/>), специализирующейся на разработке, внедрении и сопровождении автоматизированных систем управления деятельностью предприятий. В качестве продукта, на базе которого производилась реализация, была выбрана система документооборота «Тезис», позволившая за счет использования гибкого конструктора бизнес-процессов и имеющейся функциональности по выдаче и контролю исполнения задач реализовать в виде отдельного модуля распределенную P2P сеть взаимодействия акторов с применением наиболее современных веб-технологий на базе J2EE.

Для апробации предложенной модели был проведен ряд имитационных экспериментов при помощи специально разработанного программного модуля, генерирующего случайный поток задач, соответствующих по трудоемкости и длительности реальным задачам предприятия нефтегазовой отрасли.

В ходе проведенного эксперимента было разыграно 100 лотов с начальной стоимостью 100 условных единиц. При проведении аукциона для каждого лота определялась набор участников от 2 до 5. В результате было произведено 2 измерения: итоговая стоимость разыгранного лота и суммарный интерес акторов к лоту по 10 бальной шкале. Таким образом, минималь-

ный интерес к лоту может быть равен 0, а максимальный 50 (см. рис. 2).



Рис. 2. Результат моделирования аукциона

Полученные значения финальных значений лотов были отфильтрованы в порядке возрастания. Результаты показали, что использование аукциона позволяет обеспечить требуемую для P2P аутсорсинга стратегию: чем больше интерес акторов к лоту, тем меньше цена, по которой он будет продан. Это свидетельствует о том, что исполнители пытаются получить задачи, которые внесут наибольший вклад в развитие их первоочередных компетенций. В ходе проведенного эксперимента было также определено оптимальное соотношение, при котором интерес лота соответствует его стоимости, что позволило задать корректные весовые коэффициенты для задач и компетенций в реальной автоматизированной системе.

Практическое применение предложенной концепции было апробировано в одном из крупнейших предприятий нефтегазовой отрасли. Особая сложность внедрения системы в целом и описанного модуля заключалась в особенностях распределенной организационной структуре предприятия. Предприятие состоит из нескольких географически распределённых компаний и включает добычу, переработку, транспортировку, складирование нефти и продаж топлива.

Для управления данной структурой выделена отдельная управляющая компания, а организации, отвечающие за разные стадии жизненного цикла продукции, обладают определенной автономностью. Компания делится на подразделения и депар-

таменты с вложенным подчинением, постановка целей в организации происходит сверху вниз путем каскадирования целей. Это свидетельствует о возможности и необходимости применения сетевой системы организационного управления.

Управление эффективностью сотрудников было автоматизировано на базе системы «Тезис», что позволило обозначить у специалистов начальные компетенции и навыки, информация о которых необходима для реализации алгоритмов матчинга. Предложенный механизм реализации модели P2P аутсорсинга показал возможность построения сетевого управления в организации с иерархичной структурой при решении проектных и комплексных задач. Его применение позволило до 30% сократить временные затраты по определению исполнителей задач по проекту и построению сетевого план графика и до 50% увеличить долю выполнения поставленных задач в срок.

Литература

1. БАЙБАКОВА Е. Ю., КЛОЧКОВ В. В. *Реструктуризация промышленности и перспективы изменения пространственной организации экономики России* [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gosbook.ru/node/59312> (дата обращения 14.01.2013).
2. БУРКОВ В. Н., ГУБКО М. В., КОРГИН Н. А., НОВИКОВ Д. А. *Теория управления организационными системами и другие науки об управлении организациями // Проблемы управления*, 2012. – № 4. – с. 2 – 10
3. БУРКОВ В. Н., КОРГИН Н. А., НОВИКОВ Д. А. *Введение в теорию управления организационными системами: учебник / Под ред. Д.А. Новикова*. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 264 с.
4. ГОРЕЛИК В. А., ГОРЕЛОВ М. А., КОНОНЕНКО А. Ф. *Анализ конфликтных ситуаций в системах управления*. – М.: Радио и связь, 1991. – 288 с.
5. ИВАЩЕНКО А. В. *Управление взаимодействием персонала предприятия в многоакторной интегрированной информа-*

ционной среде / Программные продукты и системы, 2012. – № 3. – с. 18 – 22

6. ИВАЩЕНКО А. В., ЛЕДНЕВ А. М. *Модель аукциона в задачах управления взаимодействием активных программ по схеме P2P* // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки», 2012. – № 3 (35). – с. 19 – 25
7. НОВИКОВ Д. А. *Теория управления организационными системами*: 3-е изд. – М.: Физматлит, 2012. – 604 с.
8. ХЕЙВУД ДЖ. Б. *Аутсорсинг: в поисках конкурентных преимуществ* / Outsourcing dilemma: the search for competitiveness. – М.: «Вильямс», 2004. – 176 с.
9. ANTONIADIS P., LE GRAND B. *Incentives for resource sharing in self-organized communities: from economics to social psychology* // Digital Information Management, ICDIM, 2007. – № 7. – pp. 756 – 761.
10. BARKAI D. *Peer-to-peer computing. Technologies for sharing and collaboration on the net* / Hillsboro, OR: Intel Press, 2002. – 332 p.
11. BOLTON P., DEWATRIPONT M. *Contract theory*. – Cambridge: MIT Press, 2005. – 688 p.
12. IEEE Guide – *Adoption of the project management institute (PMI(R)) Standard A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK(R) Guide)* – Fourth Edition IEEE, 2011. – 508 p.
13. KRISHNA V. *Auction theory*: 2nd edition / Burlington, MA: Academic Press, 2009. – 336 p.
14. LI X., WU J. *Searching techniques in peer-to-peer networks* // Handbook on theoretical and algorithmic aspects of sensor, ad hoc wireless, and peer-to-peer networks. – Auerbach Publishers Inc., New York, USA, 2006. – pp. 613 – 642.
15. MILLER J. *Jabber – Conversational technologies* / Peer-to-peer: Harnessing the benefits of disruptive technology. Sebastopol, CA: O'Reilly, 2001. – pp. 77 – 88.
16. MINAR N. *Distributed systems topologies: Part 1* [Online]. – http://www.openp2p.com/pub/a/p2p/2001/12/14/topologies_one.html>. – 2001 (accessed: 15 June 2010).

17. MINAR N. *Distributed systems topologies: Part 2* [Online]. – http://www.openp2p.com/pub/a/p2p/2002/01/08/p2p_topologies_pt2.html>. – 2002 (accessed: 15 June 2010).
18. MYERSON R. B. *Game theory: analysis of conflict*. – London: Harvard University Press, 1997. – 568 p.
19. SCHODER D., FISCHBACH K. *Peer-to-peer prospects* / Communications of the ACM, 2003. – vol. 46, no. 2. – pp. 27 – 29.
20. SCHODER D., FISCHBACH K., SCHMITT C. *Core concepts in peer-to-peer networking* [Online]. – <http://www.idea-group.com/downloads/excerpts/Subramanian01.pdf>>. – 2005. (accessed: 20 January 2010).

P2P OUTSOURCING MODEL FOR INTERACTION AUTOMATION IN ORGANIZATIONAL MANAGEMENT

Anton Ivashenko, Samara State Aerospace University, Samara, Cand.Sc., assistant professor (anton-ivashenko@yandex.ru).

Andrey Lednev, SEC “Haulmont”, Samara, MSc, post graduate student (andrey.lednev@gmail.com).

Abstract: The paper describes a model of P2P orders' outsourcing at enterprise with network management structure that allows automation of employees' interaction on the basis of multi-agent technology implementing auction strategy. An example is given of such approach implementation at oil-and-gas enterprise.

Keywords: P2P model, multi-agent technology, interaction management, oil-and-gas enterprise.