

Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в корпоративных экспертных сетях*

М. В. Петров

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В работе подробно рассмотрен метод, обеспечивающий интеллектуальную поддержку автоматизации процессов, связанных с извлечением, структурированием и использованием информации и знаний об инновациях, проектах и экспертах. Данный метод включает в себя ряд алгоритмов, направленных на извлечение инноваций, их анализ и отбор, организацию процесса формирования проектов для внедрения выбранных инноваций и команд для совместного выполнения таких проектов, актуализацию компетенций исполнителей проектов. Также метод включает онтологию компетенций, используемую данными алгоритмами. Проведенные экспериментальные исследования показали повышение эффективности управленческих решений в корпоративных экспертных сетях за счет использования разработанного метода с точки зрения качественных и количественных критериев.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, экспертные сети, управление экспертами, управление проектами.

DOI 10.14357/20718632230111

Введение

В настоящее время компетенции имеют основополагающее значение в управлении знаниями и способностями агентов во многих областях применения. В управлении ресурсами компетенции могут быть критерием выбора исполнителей для конкретных задач [1–3]. Выбор, основанный на компетентности, позволяет выбирать исполнителя, наиболее близкого к требованиям, и повышать уровень производительности внутри компании [1].

В условиях быстрых изменений эксперты оказываются компетентными по большей части

лишь в отдельных вопросах т.к. не успевают отследить и воспринять процесс движения всей системы. Это затрудняет анализ взаимосвязей между различными областями знаний [4; 5].

В условиях большого количества информации сложно поддерживать ее достоверность и извлекать из нее знания. Поэтому актуальной задачей является повышение эффективности управленческих решений в корпоративных экспертных сетях на основе автоматизации процессов, связанных с извлечением, структурированием и использованием информации и знаний об инновациях, проектах и экспертах. Метод, обеспечивающий информационную

* Работа выполнена в рамках бюджетной темы № 0073-2019-0005

поддержку таких процессов, может применяться для решения данной задачи за счет обработки и предоставления пользователю только самой необходимой информации и возможных вариантов решений. Данный метод применяется в рамках системы поддержки принятия решений, под которыми понимаются человеко-машинные системы, позволяющие лицам, принимающим решения, использовать данные, знания, объективные и субъективные модели для анализа и решения слабоструктуризованных проблем [6].

1. Анализ современных работ

Метод, описываемый в данной работе, затрагивает три крупные научные области: формирование проектов на основе актуальных задач, формирование проектных команд на основе требований проектов и управление компетенциями экспертов на основе результатов выполнения проектов. Теоретические основы для этих областей давно сформированы [7-9], но наибольший интерес представляют актуальные практические решения конкретных задач.

Многие исследования направлены на формализацию задачи управления проектными командами [10–13]. Формальное описание объектов управления (эксперты, проект, компетенции, требования и т.д.) в виде математической модели позволяет применять для решения задачи поиска известные алгоритмы, а также упрощает разработку и применение новых алгоритмов. Тем не менее, зачастую при формализации некоторые важные аспекты упрощаются или даже теряются, что может негативно сказаться на получаемых результатах. Особенно это заметно при формализации коммуникативных навыков экспертов и их психологической совместимости.

Некоторые подходы к управлению проектными командами включают в себя методы управления знаниями [14]. Такие методы используют семантическое описание объектов управления, что позволяет выводить правила и закономерности, на основании которых выполняется поиск. Однако такие подходы сложны в разработке и внедрении в производственные процессы и обычно имеют узкую область применения.

В области управления проектами считаются перспективные многокритериальные человеко-машинные методы [15; 16] и, в частности, методы вербального анализа решений [17; 18]. Они эффективно справляются с основными задачами принятия решений и обеспечивают понятную интерпретацию результатов. Тем не менее, в силу своих специфик и ограничений данные методы нецелесообразно применять для решения задач, описываемых в этой работе. В частности, методы вербального анализа решений направлены на текстовый анализ, в то время как требования проектов и компетенции экспертов представлены в числовом виде.

Управление человеческими ресурсами подразумевает определение уровней квалификации для решаемых задач. Это в свою очередь делает необходимым определение имеющейся квалификации экспертов, то есть их компетенций [19]. Моделирование компетенций человеческих ресурсов способствует повышению качества управления персоналом и обеспечивает его взаимосвязь со стратегическим управлением организацией, что делает необходимым не только внедрение компетентностного подхода, но и правильный выбор методов управления персоналом [20]. Современные подходы к управлению компетенциями подразумевают формирование эффективной сети экспертов [21].

Распространенной практикой является экспертная оценка компетенций экспертов при приеме на работу [22]. Компетенции человеческих ресурсов могут быть представлены в виде ресурса организации, который создается в результате появления индивидуальных знаний, навыков, способностей или других характеристик. Значение этого ресурса, как и любого другого, может меняться, что влияет на успешность организации [23]. Кроме того, организационные и внешние изменения также способствуют изменению компетенций сотрудников [24; 25]. Наконец, навыки экспертов могут развиваться или деградировать со временем, вне зависимости от других факторов [26].

Управление компетенциями экспертов обычно подразумевает курсы и программы для развития навыков либо программы и системы, направленные на проверку текущего уровня владения компетенциями. Анализ работ пока-

зал, что взаимосвязь результатов выполнения проекта с компетенциями участников хорошо изучена. Однако управление компетенциями экспертов на основе этой взаимосвязи не описано в научной литературе. В исследованных работах актуализация компетенций либо не производится, либо производится вручную.

2. Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в корпоративных экспертных сетях

Для повышения эффективности принятия управленческих решений был разработан метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений. Данный метод направлен не только на упрощение поиска экспертов, способных выполнить проект, но и на обеспечение соответствия компетенций экспертов, содержащихся в экспертной сети, реальным для увеличения вероятности успешного завершения проектов.

2.1. Общая схема метода

Поддержка принятия решения представляет собой совокупность процедур, обеспечивающую лицо, принимающее решения, необходимой информацией и рекомендациями, облегчающими процесс принятия решения. Задачей экспертной сети в этом процессе является помощь эксперту при выборе и/или формировании нужной альтернативы. В связи с этим, интеллектуальная поддержка принятия управленческих решений должна включать в себя

получение, обработку и использование информации об объектах экспертной сети (профили экспертов, проектов, компетенции компании и т.д.) для формирования и ранжирования альтернатив, подходящих под требования решаемой задачи. Такая поддержка должна осуществляться на различных этапах жизненного цикла проекта, включающих такие управленческие решения.

Жизненный цикл проекта показан на Рис. 1. На нем сплошными стрелками обозначено следование этапов жизненных циклов и процессов друг за другом. Пунктирные стрелки показывают, какие информация и знания, хранящиеся в объектах экспертной сети или получаемые в ходе выполнения проекта, используются в других этапах, объектах и процессах.

При формировании задач проекта менеджер определяет его цели и задачи. Интеллектуальная поддержка при формировании задач проекта заключается в идентификации ключевых терминов, которые могут определить цели и задачи проекта. Интеллектуальная поддержка при определении требований к компетенциям экспертов на этапе заполнения профиля проекта подразумевает сопоставление компетенций компании и информации со специализированных сайтов, извлеченной на основе ключевых терминов. Наиболее подходящие требования предлагаются менеджеру для добавления в профиль проекта. Интеллектуальная поддержка при формировании групп экспертов состоит в нахождении таких групп, в каждой из которых для любой компетенции присутствует эксперт, чей уровень владения данной компетенцией не ниже

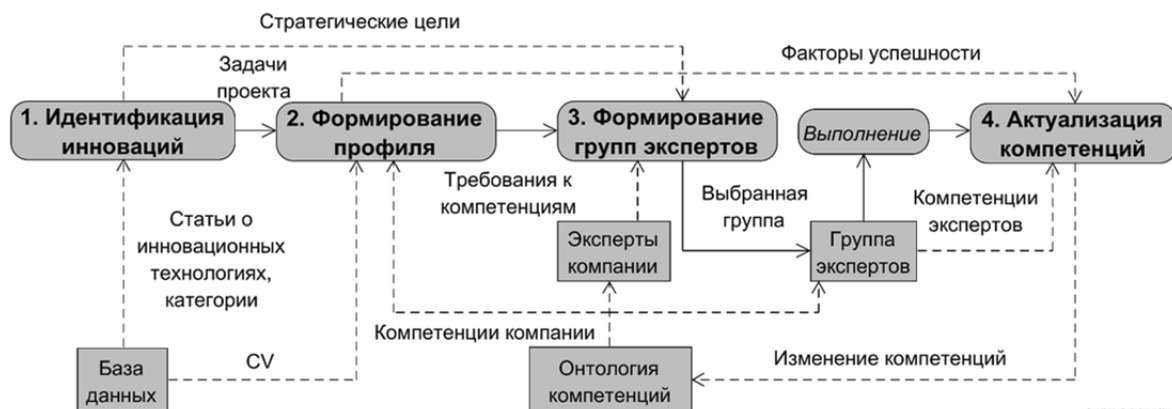


Рис. 1. Общая схема метода

требуемого. При этом, суммарная стоимость работы экспертов, входящих в группу, не должна превышать допустимый бюджет проекта.

После того, как выполнение проекта завершено, производится анализ результатов для увеличения соответствия информации, указанной в профилях экспертов, действительности. Интеллектуальная поддержка при анализе результатов заключается в расчете успешности проекта и предлагаемых изменений компетенций его участников. При заполнении профиля проекта, определении компетенций экспертов компании, формировании групп экспертов и анализе результатов выполнения проектов необходимо учитывать знания, содержащиеся в онтологии компетенций.

Онтология компетенций представляет собой множество взаимосвязанных компетенций компании. Помимо внешних связей с профилями проектов и экспертов, в онтологии компетенций указываются также внутренние связи между компетенциями. Наличие этих связей обусловлено необходимостью наглядного визуального отображения знаний, содержащихся в онтологии.

Таким образом, метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в корпоративных экспертных сетях включает в себя алгоритмы, которые будут описаны далее, а также онтологию компетенций, используемую ими.

2.2. Алгоритм идентификации потенциальных инноваций

Экспертный анализ источников, необходимый для извлечения инноваций, заключается в изучении тематических статей для выявления актуальных явлений. Эксперт, проводящий такой анализ, должен выявить новые явления, которые стали популярны в последнее время, и оценить их важность. Для упрощения и повышения эффективности данного процесса был разработан алгоритм идентификации потенциальных инноваций на основе статистического анализа доступных документов и оценок экспертов. В рамках данного алгоритма были разработаны сервис веб-краулинга, извлекающий и обрабатывающий информацию из сети Интернет, и платформа для голосования, предоставляющая возможности для выбора инноваций для внедрения. Процесс с использованием данного алгоритма показан на Рис. 2.

Менеджер указывает информацию о ресурсах, на которых могут появляться статьи о новых технологиях и решениях. Сервис веб-краулинга регулярно проверяет указанные источники и находит новые статьи, которые ранее не были найдены. Из найденных статей извлекаются все термины. Схема анализа документов (статей) и извлечения терминов приведена на Рис. 3.

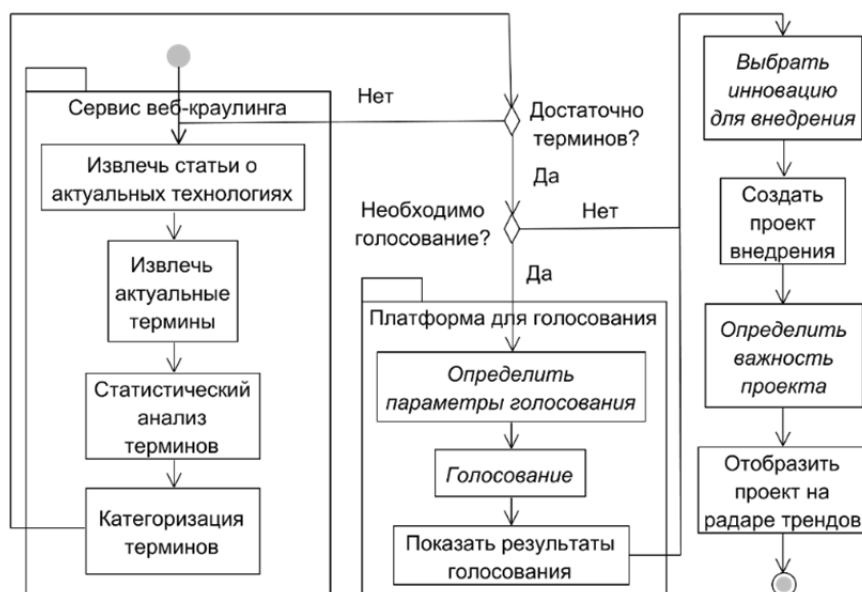


Рис. 2. Схема идентификации потенциальных инноваций

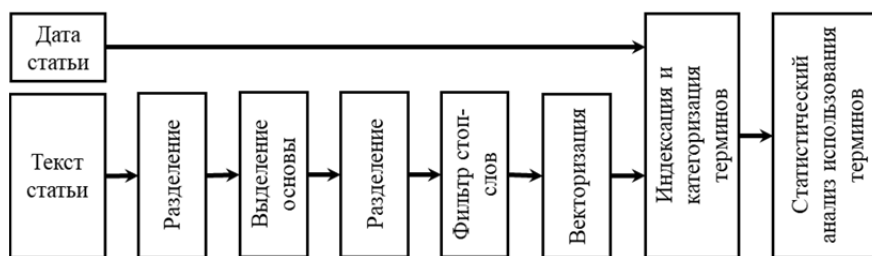


Рис. 3. Схема извлечения терминов из статьи для статистического анализа

Разделение текста (токенизация) необходима для отсева знаков препинания, содержащихся в тексте и увеличивающих разнообразие форм одних и тех же слов, и заключается в очистке текста статьи от небуквенных и нецифровых символов, разделение текста на слова (токены) и удаление односимвольных слов. Для приведения слов к единой форме и избавления от служебных слов, содержащихся в каждом тексте, производится выделение основы слов (стемминг). Повторное разделение необходимо для удаления односимвольных слов, которые могут появиться в результате выделения основы. Затем производится фильтрация, то есть убираются слова, содержащиеся в словаре незначительных слов (артикли, предлоги, местоимения и т.д.). В ходе векторизации для увеличения семантической значимости слов и более точного анализа из подряд идущих токенов создаются дополнительные термины, состоящие из «двоек» и «троек» слов. Все извлеченные таким образом термины заносятся в базу данных и связываются с метаданными статей, из которых они были извлечены. После этого возможен статистический анализ терминов.

Статистический анализ использования терминов за различные временные периоды необходим для выявления новаторских актуальных терминов и означает ранжирование терминов по показателю TFPDF, выбранному в результате компаративного анализа статистических подходов. Этот показатель рассчитывается по формуле:

$$TFPDF_i^{ratio} = \frac{TFPDF_i(D_{new}) + \gamma}{TFPDF_i(D_{old}) + \gamma}, \quad (1)$$

$$TFPDF_i(D) = |F_i| * e^{\frac{d_i}{D}}, \quad (2)$$

где: γ – коэффициент чувствительности, необходимый для оценки терминов, не встречав-

шихся в старых статьях, $0 < \gamma < 1$; $|F_i|$ – нормализованная частота термина i :

$$|F_i| = \frac{F_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^I F_j^2}}, \quad (3)$$

где: F_i – частота использования термина i среди всех статей; I – общее число терминов; d_i – число статей, в которых упоминается термин i ; D – общее число статей:

$$D = D_{new} + D_{old}, \quad (4)$$

Таким образом, использование данного показателя позволяет выявлять термины, которые мало упоминались ранее и стали часто употребляться в последнее время. Когда таких терминов, потенциально относящихся к инновации, становится несколько, необходимо выбрать, какую из них следует внедрять. Для инициации голосования менеджер определяет сроки, в которые оно будет проходить, потенциальные инновации, за которые будут голосовать участники, экспертов, участвующих в голосовании, и бюджет, определяющий количество голосов для каждого участника. Каждый эксперт может определить часть голосов из своего бюджета за ту или иную инновацию. В итоге инновации ранжируются по полученным голосам.

2.3. Алгоритм заполнения профиля проекта

Для инноваций, выбранных для внедрения, создается профиль проекта в соответствии с алгоритмом заполнения профиля проекта на основе сопоставления извлекаемых требований с онтологией компетенций, представленном на Рис. 4.

С инновацией связываются извлеченные и дополнительно указанные менеджером термины. По ним производится поиск релевантных вакансий на внешнем специализированном сайте. Из вакансий извлекается текст, относящийся



Рис. 4. Алгоритм заполнения профиля проекта

к требованиям к работникам, и к нему применяются процедуры токенизации, стемминга, фильтра и векторизации, описанные выше. После этого термины, относящиеся к требованиям в вакансии, сопоставляются с компетенциями, содержащимися в онтологии компетенций. Для каждой пары термин-компетенция считается их схожесть по формуле суммы косинусов:

$$Sum = \sum_{i=1}^{|T_{req}|} \frac{a_i b_i}{\sqrt{a_i^2} \sqrt{b_i^2}}, \quad (5)$$

где: a_i – частота токена i в компетенции; b_i – частота токена i в термине требования.

Для сравнения экспертов, которые могут быть назначены в проектную команду, был разработан универсальный показатель. Для его расчета используется информация об эксперте и его компетенциях, указанная им и подтвержденная администратором или HR-менеджером, а также информация о результатах выполняемой экспертом работы. Этим показателем является оценка уровня компетентности эксперта (General Skill Level). Она учитывает стаж эксперта, его награды, компетенции, доступность и вовремя выполненные им проекты и рассчитывается по формуле, разработанной совместно с менеджерами, отвечающими за управление проектами и формирование проектных команд, определивших компоненты оценки:

$$GSL_m = \frac{1}{5} \left(\frac{\sum_{z=1}^Z (h_m^z x^z)}{\sum_{z=1}^Z h_m^z} + A_m + \left(1 - \frac{1}{\alpha * Exp_m + 1}\right) + \frac{\sum_{n=1}^N l_{mn}}{\sum_{n=1}^N \theta(l_{mn} - 1)} + \left(1 - \frac{1}{1 + \beta * \sum_{k=1}^K rew_{mk}}\right) \right), \quad (6)$$

где: Z – число завершенных проектов, $h_m^z=1$, если эксперт P_m участвовал в проекте z , иначе $h_m^z=0$; $x^z = 1$, если проект выполнен вовремя, иначе $x^z = 0$; A_m – доступность $[0; 1]$, где 0 – эксперт P_m недоступен и 1 – эксперт доступен в рабочее время; Exp_m – число месяцев работы эксперта в компании; N – число компетенций; l_{mn} – уровень владения компетенцией S_n эксперта P_m ; K – число мотиваций; значение величины поощрения V_k для эксперта P_m , α и β – эмпирически выведенные константы, $\alpha = 1/12$, $\beta = 0,3$.

2.4. Алгоритм формирования вариантов команд экспертов

Алгоритм формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов показан на Рис. 5.

На первом шаге алгоритма создается список решений (Dec), куда сохраняются все варианты проектных команд, подходящие под условия

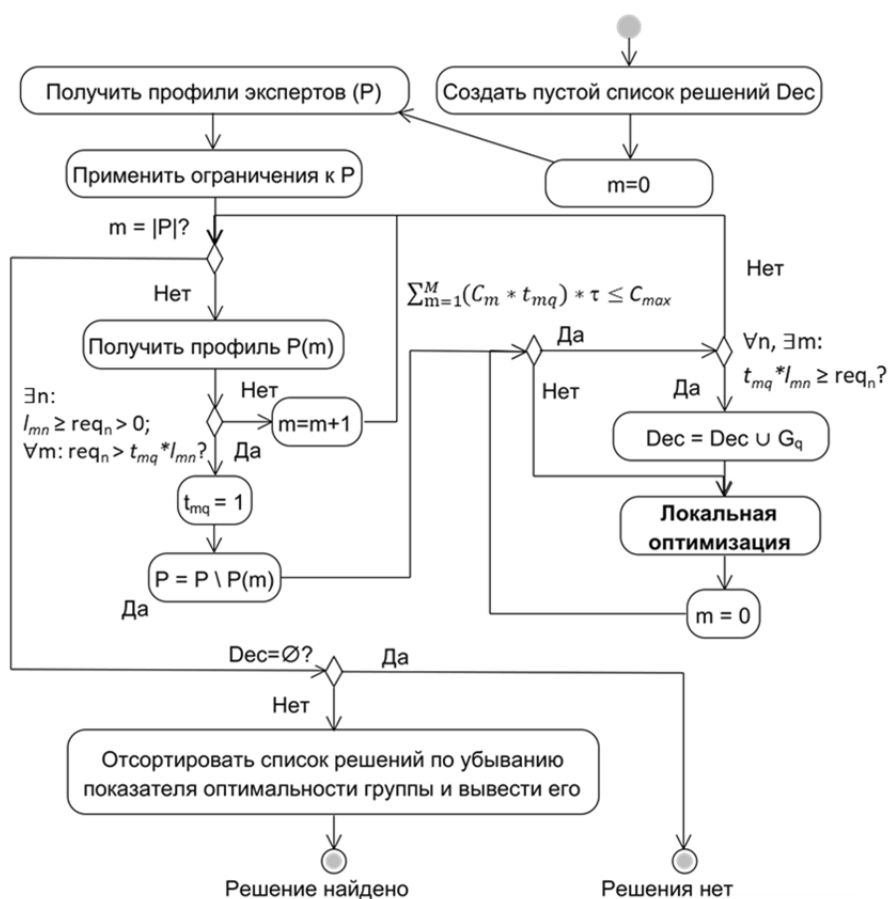


Рис. 5. Алгоритм формирования вариантов команд экспертов

текущего проекта. При формировании вариантов команд учитываются только те профили экспертов, которые попадают под ограничения проекта. Считается, что эксперт P_m не попадает под ограничения проекта z , если для него справедливо одно из следующих утверждений:

- $l_{mn} < req_n^z \vee req_n^z = 0$, то есть для всех компетенций, требуемых в проекте, уровень владения компетенцией эксперта ниже, чем требуемый;
- доступность эксперта $(A_m) = 0$;
- $\tau * C_m > C_{\max}^z$, то есть стоимость работы эксперта на протяжении выполнения проекта превысит допустимый бюджет проекта.

После применения ограничений перебираются все доступные профили экспертов. Если профиль содержит хотя бы одну компетенцию, требуемую в проекте, для которой уровень владения выше, чем у любого исполнителя в текущем варианте команды, то этот профиль до-

бавляется в текущую команду проекта и удаляется из списка доступных профилей экспертов. Если при этом суммарная стоимость работы исполнителей превышает допустимый бюджет проекта, производится оптимизация команды.

Когда для каждой требуемой компетенции в команде есть хотя бы один эксперт, чей уровень владения не ниже требуемого, текущий вариант команды проекта сохраняется в списке решений. Затем производится оптимизация текущей команды.

Оптимизация текущей команды, как после превышения бюджета проекта, так и после сохранения команды в списке решений, заключается в максимизации обобщенного показателя полезности команды, из которой убрали одного из исполнителей. Вариант команды с максимальным показателем становится текущей командой. Для него заново проводятся проверки выполнения бюджета и соответствия требованиям проекта.

Когда перебраны все профили экспертов, проектные команды ранжируются по уменьшению обобщенного показателя полезности команды экспертов для отображения менеджеру проекта.

Обобщенный показатель полезности команды экспертов для проекта z рассчитывается по формуле, использующей мультипликативную свертку параметров для обеспечения их равноценности и чувствительности к изменению каждого параметра:

$$Opt^z = \frac{G^z * H}{Q * B}, \quad (7)$$

где: Opt^z – обобщенный показатель полезности команды экспертов; G^z – уровень знаний команды; H – показатель совместимости экспертов в команде; Q – относительная стоимость работы команды экспертов в час; B – загруженность команды экспертов:

$$G^z = \sum_{m=1}^M (t_m * GSL'_m * \sum_{n=1}^N (x_{mn} \frac{l_{mn}}{req_n^z})), \quad (8)$$

$$H = \prod_i \prod_j r_{ij}, \quad (9)$$

$$Q = \frac{\sum_{m=1}^M (t_m * c_m)}{\sum_{m=1}^M c_m}, \quad (10)$$

$$B = \sum_{m=1}^M (t_m * b_m), \quad (11)$$

где: GSL'_m – общий уровень компетентности эксперта P_m с учетом текущей стратегической цели; N – количество компетенций в системе; $t_m = 1$, если эксперт P_m включен в текущую команду, иначе $t_m = 0$; $x_{mn} = 1$, если эксперт P_m владеет компетенцией S_n лучше остальных,

иначе $x_{mn} = 0$; l_{mn} – уровень владения компетенцией S_n эксперта P_m ; req_n^z – уровень владения компетенцией S_n , необходимый для проекта z ; r_{ij} – степень влияния эксперта P_i на эффективность работы эксперта P_j ; b_m – степень загруженности эксперта P_m ; c_m – стоимость часа работы эксперта P_m .

Процесс оптимизации варианта команды исполнителей может меняться в зависимости от выбранной стратегической цели для данного проекта. Четыре варианта целей, влияющие на оптимизацию, представлены в Табл. 1.

2.5. Алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов

Алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов показан на Рис. 6.

При создании проекта эксперт-менеджер определяет факторы успешности проекта, каждый из которых включает степень влияния фактора на проект и формально исчисляемый показатель степени выполнения фактора. Стоит отдельно отметить, что определение факторов для разных типов проектов и их оценка не входят в рамки разработанных алгоритма и метода. После окончания проекта менеджер указывает значения для степеней выполнения каждого фактора, после чего возможна актуализация компетенций исполнителей проекта. Изменение уровней владения каждой компетенцией каждого эксперта, участвовавшего в выполнении проекта z , вычисляется по формуле:

Табл. 1. Стратегии формирования команд проектов

Цель	Задача	Главные показатели	Изменение критерия оптимизации
Наиболее эффективная группа	Выполнить проект как можно лучше	Компетенции, опыт	GSL'_m = среднее компонент «Компетенции» и «Стаж»; $b_m=1$
Наиболее доступная группа	Выполнить проект как можно быстрее	Доступность, количество текущих задач	$GSL'_m = A_m$
Наиболее опытная группа	Выполнить сложный проект, требующий опытных экспертов	Опыт, стаж	GSL'_m = среднее компонент «Выполненные проекты» и «Стаж»; $b_m = 1$
Группа для обучения	Обучение новых экспертов на несложных проектах под руководством опытных	Наличие опытных и начинающих экспертов	GSL'_m = среднее компонент «Компетенции» и «Стаж» При оптимизации группы $Opt^z \rightarrow \min$



Рис. 6. Алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов

$$l_{mn}^{z+1} = \min \{ l_{mn}^z + U_n * d_{mn}^z * W^z, U_n \}, \quad (12)$$

где: l_{mn}^z – уровень владения экспертом P_m компетенцией S_n до начала проекта z ; U_n – максимальный допустимый уровень владения компетенцией S_n ; d_{mn}^z – степень влияния компетенции на результат проекта; W^z – коэффициент успешности проекта:

$$d_{mn}^z = \frac{1}{2} \left(\frac{l_{mn}}{\sum_{m'=1}^M (t_m^z * l_{m'n})} + \frac{req_n^z}{\sum_{n'=1}^N req_n^z} \right), \quad (13)$$

$$W^z = \sum_{o=1}^O (I_o^z * E_o^z), \quad (14)$$

где: O – количество факторов для проекта; I_o^z – степень влияния фактора o на проект; E_o^z – степень выполнения фактора o ; $t_m^z = 1$, если эксперт P_m выполнял проект z , иначе $t_m^z = 0$.

Таким образом, чем выше уровень владения компетенцией по сравнению с аналогичными уровнями остальных участников и чем выше требования к компетенции по сравнению с другими требованиями проекта, тем сильнее изменяется компетенция. Изменение также зависит от выполнения факторов успешности проекта, особенно от тех из них, которые определены менеджером как наиболее значимые. Новые

значения уровней владения компетенциями предлагаются менеджеру для каждого эксперта, участвовавшего в проекте. Изменения уровней владения компетенциями экспертов, выбранные экспертом-менеджером, отразятся в профилях экспертов и будут учтены при формировании команд для последующих проектов.

3. Оценка эффективности

Для оценки изменения эффективности формирования команд проектов компании были рассчитаны выявленные показатели для процесса формирования проектных команд, выполняемого вручную и с помощью разработанного метода.

Для оценки времени, необходимого на формирование команды экспертов, способной выполнить проект без использования разработанного метода, бизнес-процесс формирования проектной команды был разбит на несколько этапов, для каждого из которых было оценено примерное время, необходимое для выполнения этапа. Менеджер проекта должен изучить список доступных экспертов и сопоставить их компетенции с требованиями проекта и компетенциями других экспертов, а также оценить их стоимость. Минимальное время, необходимое на формирование команды экспертов, можно посчитать по формуле:

$$V_p = \frac{1}{2} K_{ом} * (K_{ом} - 1) * C_{оп} + K_{ом} * B_{юд}, (15)$$

где: V_p – минимальное время, необходимое на формирование команды экспертов; $K_{ом}$ – количество экспертов в команде, необходимое для выполнения проекта; $C_{оп}$ – время, необходимое для сопоставления между собой компетенций двух экспертов (примерно 20 секунд для экспертов, владеющих порядка 10 компетенциями); $B_{юд}$ – время, необходимое для подсчета суммарной стоимости работы команды и сравнения с бюджетом проекта (примерно 5 секунд). Можно принять, что каждый эксперт в среднем владеет двумя новыми компетенциями, требуемыми в проекте, тогда $K_{ом} =$ половина числа требований в проекте. В Табл. 2. V_p – значение V_p , посчитанное по формуле 15, для процесса, выполняемого вручную; V_m – значение V_p , посчитанное как сумма времени работы

алгоритма формирования групп экспертов и времени, необходимого для ознакомления с предложенными вариантами (примерно 3 минуты), для процесса, выполняемого с использованием метода.

Таким образом, среднее повышение эффективности времени, необходимого на формирование команды экспертов, составляет 80,5%.

Для оценки изменения времени, затрачиваемого на выполнение проекта, было оценено время, затрачиваемое на различные этапы этого процесса с использованием разработанного метода и без него. Результаты оценки представлены в Табл. 3.

Таким образом, время, затрачиваемое на полный цикл выполнения проекта, сокращается примерно в два раза. При этом сокращается время работы эксперта, то есть менеджера проекта, что позволяет оценить окупаемость применения разработанного метода.

Табл. 2. Сравнение времени, необходимого на формирование команды экспертов

Количество требований	V_p	V_m	Изменение
10	225	180	20.0
20	950	180,1	81.0
30	2175	180,5	91.7
40	3900	181	95.4
50	6125	183,3	97.0
60	8850	187,3	97.9

Табл. 3. Оценка времени, затрачиваемого на различные этапы выполнения проекта

Этап	Процесс	Количество	Время эксперта (вручную)	Время эксперта (с системой)	Время работы системы
Формирование проекта	Анализ статей	20 статей	60 мин	-	20 мин
	Извлечение инноваций	15 потенциальных инноваций	30 мин	-	2 мин
	Анализ потенциальных инноваций	5 проектов	10 мин	20 мин	-
	Формирование требований	30 требований к исполнителям	15 мин	10 мин	1 мин
Формирование команды	Подбор участников	15 участников	35 мин	-	1 мин
	Анализ стоимости	-	2 мин	-	-
	Выбор команды	5 вариантов	-	5 мин	-
Анализ результатов	Оценка успешности	10 факторов, определенных для проекта	10 мин	-	3 мин
	Актуализация компетенций	150 компетенций	50 мин	25 мин	-
Итого			152 мин	60 мин	27 мин

Для оценки окупаемости примем равноценность человеко-часов, потраченных на разработку метода, и человеко-часов менеджера. Это позволит сопоставить стоимость системы и стоимость работы менеджера в человеко-часах, без перехода на конкретные стоимости оплаты труда.

Стоимость системы составляет 530 человеко-часов. Как видно из Табл. 3, использование системы экономит примерно 1,5 человеко-часа для каждого выполняемого проекта. В крупных компаниях выполняется порядка 15 проектов в месяц. Таким образом, окупаемость составляет:

$$\text{Окупаемость} = \frac{530}{1,5 * 15} \approx 23,5 \text{ месяцев.} \quad (16)$$

Два года является адекватным сроком окупаемости для компании, поэтому критерий окупаемости применения метода выполнен.

Проведенное экспериментальное исследование подтвердило выполнение качественных и количественных критериев эффективности формирования команд. Кроме того, эффективность отдельных алгоритмов была оценена и описана ранее [27; 28]. Таким образом, эффективность процесса формирования команд проектов повысилась за счет применения разработанного метода.

Заключение

Анализ результатов внедрения разработанных метода и алгоритмов в корпоративную экспертную сеть показал сокращение времени, затрачиваемого на подбор требуемых экспертов на проекты при управлении проектными командами, на 90%. Такое значение достигается за счет отсутствия необходимости ручного перебора большого количества экспертов и сопоставления их компетенций и требований проектов. Временные затраты на поиск интересных статей об HR-инновациях уменьшились на 80%, а затраты на ознакомление, валидацию и назначение приоритетов для инновационных идей – на 40%. Кроме того, проведенные эксперименты подтверждают достижение цели, заключающейся в повышении эффективности организационной системы компании. Это обусловлено тем, что время формирования вариантов проектных команд небольшое как на малых, так и на крупных наборах

данных, а актуализация компетенций экспертов на основе результатов выполнения проектов позволяет корректировать компетенции, указанные в профилях экспертов, чтобы они соответствовали реальным компетенциям. Метод может быть использован при управлении проектными командами и управлении компетенциями на больших наборах данных без значительного увеличения времени их работы. Выводы о достоверности результатов работы алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов подтверждаются отзывами пользователей корпоративной экспертной сети, отмечающими прозрачность компетенций экспертов, которая подразумевает понятное изменение указываемых уровней владения.

Расчеты показали сокращение времени на принятие управленческих решений в течение жизненного цикла типового проекта, а также окупаемость применения программного приложения метода ИППУР в течение двух лет. Принимаемые решения стали более обоснованными за счет увеличения количества рассматриваемых потенциальных инноваций и вариантов команд экспертов-исполнителей с учетом стратегических целей компании. Использование алгоритма актуализации обеспечивает поддержку точности указанных уровней владения компетенциями для всех экспертов-исполнителей.

В качестве перспектив дальнейшей разработки темы можно указать использование нейронных сетей и машинного обучения для автоматизированного формирования онтологии компетенций компании. Кроме того, перспективной областью является формализация оценки качества различных типов проектов на основе многокритериальных человеко-машинных методов [17]. Также возможна оценка качества извлекаемых статей и их семантический анализ для увеличения качества инноваций.

Литература

1. Miranda S., Orciuoli F., Loia V., Sampson D. An ontology-based model for competence management // Data & Knowledge Engineering. 2017. vol.107. pp. 51-66.
2. Omar M.N., Fayek A.R. Modeling and evaluating construction project competencies and their relationship to project performance // Automation in Construction. 2016. vol. 69. pp. 115-130.

3. Чигрина А.А., Волков О.С., Багратиони К.А., Прилипко А.Г. Организационная детерминация групповой осознанности членов команд ИТ проектов // Информационные Технологии и Вычислительные Системы. 2019. №2. С. 62-74.
4. Nikitinsky N. Improving Talent Management with Automated Competence Assessment: Research Summary // Proceedings of the Scientific-Practical Conference "Research and Development - 2016". 2018. pp. 73-82.
5. Брумштейн Ю.М., Дюдилов И.А. Модели оптимизации подбора ресурсов при управлении совокупностью проектов с учетом зависимости качества результатов, рисков и затрат // Вестник Астраханского Государственного Технического Университета. Серия: Управление, Вычислительная Техника и Информатика. 2015. №1. С. 78-89.
6. Ларичев О.И. Проблемы взаимодействия человек-ЭВМ в системах поддержки принятия решений // Процедуры оценивания многокритериальных объектов. 1984. №9. С. 20-28.
7. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. М.: Наука, 1974. 256 с.
8. Китаев Н.Н. Групповые экспертные оценки. М.: Знание, 1975. 64 с.
9. Bui T.X. Co-oP: A Group Decision Support System for Cooperative Multiple Criteria Group Decision Making / Ed. by G. Goos, J. Hartmanis. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 250 pp.
10. Loufrani-Fedida S., Saglietto L. Mechanisms for Managing Competencies in Project-Based Organizations: An Integrative Multilevel Analysis // Long Range Planning. 2016. vol. 49. pp. 72-89.
11. Kholoshnia V.D., Boldyreva E.A. The System for Finding the Least Resource-Intensive Path in Two- or Three-Dimensional Space Using Machine Learning // CEUR Workshop Proceedings. 2020. Vol. 2590. pp. 1-10.
12. Bachtadze N., Kulba V., Nikulina I., Zaikin O., Żylawski A. Mathematical Model and Method of Analysis of the Personal and Group Competence to Complete the Project Task // IFAC-PapersOnLine. 2019. vol. 52. pp. 469-474.
13. Liang S., Rijke M. Formal language models for finding groups of experts // Information Processing & Management. 2016. vol. 4. pp. 529-549.
14. Karimi-Majd A., Mahootchi M., Zakery A. A reinforcement learning methodology for a human resource planning problem considering knowledge-based promotion // Simulation Modelling Practice and Theory. 2017. vol.79. pp. 87-99.
15. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: URSS, 2019. 360 с.
16. Figueira J., Mousseau V., Roy B. ELECTRE methods // Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. 2005. pp. 609-637.
17. Ройзензон Г. В. Синергетический эффект в принятии решений // Системные исследования. Методологические проблемы: Ежегодник 2011-2012. 2012. С. 248-272.
18. Ларичев О.И. Вербальный анализ решений. М.: Наука, 2006. 181 с.
19. Ижбулатова О.В. Управление компетенцией персонала как основа формирования стратегии управления человеческими ресурсами // Вестник Академии экономической безопасности МВД России. 2009. №8. С. 118-122.
20. Слепцова Е.В., Туманова М.Ю. Управление компетенциями в системе управления персоналом // Экономика устойчивого развития. 2018. №3(35). С. 293-297.
21. Абрамова Е.А. Создание модели компетенций для совершенствования бизнес-процессов управления персоналом // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2020. №4(64). С. 8-13.
22. Гладина Т.Д. Изменение традиционного мышления и компетенций при построении взаимоотношений работодателей и работников в современной рыночной культуре России // Традиции и инновации в пространстве современной культуры. 2017. С. 17-19.
23. Ployhart R.E., Moliterno T.P. Emergence of the Human Capital Resource: A Multilevel Model // Academy of Management Review. 2011. vol. 36. pp. 127-150.
24. Абазиева К.Г., Воронина А.В., Гончарова С.Н. Модель компетенций персонала в аспекте управления изменениями // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2019. №4(107). С. 36-39.
25. Canavan D., Scott P.S., Mangematin V. Creative professional service firms: aligning strategy and talent // Journal of Business Strategy. 2013. vol. 34. pp. 24-32.
26. Serditov V.A., Kanevcev M.V. Stages of development of human competences // Современный менеджмент: проблемы и перспективы. 2016. С. 193-196.
27. Петров М. Формирование группы исполнителей для совместного решения задач: основанный на компетенциях метод и его реализация // Научный вестник НГТУ. 2019. Том 75, № 2. С. 49-68.
28. Petrov M., Kashevnik A. Expert competence level adjustment based on the project participation: method and evaluation // Journal of Management Information and Decision Sciences, Allied Business Academies. 2021. Vol. 24(8). pp. 1-16.

Петров Михаил Владимирович. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН), Санкт-Петербург. Научный сотрудник, кандидат технических наук. Количество печатных работ: 22. Область научных интересов: управление компетенциями, управление проектами, экспертные сети, онтологии. E-mail: mikhail.petrov@iias.spb.su

Method of Intelligent Support for Management Decision-Making in Corporate Expert Networks

M. V. Petrov

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Abstract. Effective human resource management prevents excessive costs, improves the quality of products and services, and promotes better workforce planning. The use of expert networks is aimed at improving the company's business processes based on know-how and innovative technological solutions. Improving the efficiency of management decisions in corporate expert networks is a significant task. This improving can be based on the automation of processes associated with the extraction, structuring and use of information and knowledge about innovations, projects and experts. A method that provides information support for such processes can be used to solve this problem by processing and providing only the most necessary information and possible solutions. This article discusses in detail such a method, which includes algorithms aimed at extracting innovations, their analysis and selection, organizing the process of creating projects for the implementation of selected innovations, forming teams for the joint implementation of such projects, updating the competencies of project executors. The method also includes a competence ontology used by these algorithms. The conducted experimental studies have shown an improving the efficiency of management decisions in corporate expert networks in terms of qualitative and quantitative criteria through the use of the developed method.

Keywords: decision support, expert networks, expert management, project management.

DOI 10.14357/20718632230111

References

1. Miranda S., Orciuoli F., Loia V., Sampson D. An ontology-based model for competence management // *Data & Knowledge Engineering*. 2017. vol.107. pp. 51-66.
2. Omar M.N., Fayek A.R. Modeling and evaluating construction project competencies and their relationship to project performance // *Automation in Construction*. 2016. vol. 69. pp. 115-130.
3. Chigrina, A.A., O.S. Volkov, K.A. Bagrationi, A.G. Prilipko. 2019. Organizatsionnaya determinatsiya gruppovoy osoznannosti chlenov komand IT proektov [Organizational determination of the collective mindfulness of it projects' team members]. *Informatsionnye Tehnologii i Vychislitel'nye Sistemy*. [Journal of Information Technologies and Computing Systems]. 2:62-74.
4. Nikitinsky N. Improving Talent Management with Automated Competence Assessment: Research Summary // *Proceedings of the Scientific-Practical Conference "Research and Development - 2016"*. 2018. pp. 73-82.
5. Brumshtejn, Ju.M., I.A. Djudikov. 2015. Modeli optimizatsii podbora resursov pri upravlenii sovokupnost'ju proektov s uchetom zavisimosti kachestva rezul'tatov, riskov i zatrat [Optimization models of resources selection for management of the project sets taking into account the dependence of the quality results, risks and expenses]. *Vestnik Astrahanskogo Gosudarstvennogo Tehnicheskogo Universiteta. Seriya: Upravlenie, Vychislitel'naja Tehnika i Informatika*. [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics]. 1:78-89.
6. Larichev, O. 1984. Problemy vzaimodejstviya chelovek-JeVM v sistemah podderzhki prinjatija reshenij [Problems of human-computer interaction in decision support systems]. *Procedury ocenivaniya mnogokriterial'nyh ob'ektov*. [Procedures for evaluating multicriteria objects]. 9:20-28.
7. Mirkin, B.G. 1974. Problema gruppovogo vybora [Group choice problem]. Moscow: Science. 256 p.
8. Kitaev, N.N. 1975. Gruppovye jekspertnye ocenki [Group peer review]. Moscow: Knowledge. 64 p.
9. Bui T.X. Co-oP: A Group Decision Support System for Cooperative Multiple Criteria Group Decision Making / Ed. by G. Goos, J. Hartmanis. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 250 pp.
10. Loufrani-Fedida S., Saglietto L. Mechanisms for Managing Competencies in Project-Based Organizations: An Integrative Multilevel Analysis // *Long Range Planning*. 2016. vol. 49. pp. 72-89.
11. Kholoshnia V.D., Boldyreva E.A. The System for Finding the Least Resource-Intensive Path in Two- or Three-Dimensional Space Using Machine Learning // *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 2590. pp. 1- 10.
12. Bachtadze N., Kulba V., Nikulina I., Zaikin O., Żylawski A. Mathematical Model and Method of Analysis of the Personal and Group Competence to Complete the Project Task // *IFAC-PapersOnLine*. 2019. vol. 52. pp. 469-474.

13. Liang S., Rijke M. Formal language models for finding groups of experts // *Information Processing & Management*. 2016. vol. 4. pp. 529-549.
14. Karimi-Majd A., Mahootchi M., Zakery A. A reinforcement learning methodology for a human resource planning problem considering knowledge-based promotion // *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2017. vol.79. pp. 87-99.
15. Saati, T.L. 2019. Prinjatje reshenij pri zavisimostjah i obratnyh svjazjah: Analiticheskie seti [Decision Making under Dependencies and Feedbacks: Analytical Networks]. Moscow: URSS. 360 p.
16. Figueira J., Mousseau V., Roy B. ELECTRE methods // *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*. 2005. pp. 609–637.
17. Rojzenzon, G. V. 2012. Sinergeticheskij jeffekt v prinjatii reshenij [Synergistic effect in decision making]. *Sistemnye issledovaniya. Metodologicheskie problemy: Ezhegodnik 2011-2012. [System Research. Methodological issues: Yearbook 2011-2012]*. 248-272.
18. Larichev, O. 2006. Verbal'nyj analiz reshenij [Verbal decision analysis]. Moscow: Science. 181 p.
19. Izhbulatova, O.V. 2009. Upravlenie kompetencij personala kak osnova formirovanija strategii upravlenija chelovecheskimi resursami [Management competence of staff as a basis for building human resource management strategy]. *Vestnik Akademii jekonomicheskoy bezopasnosti MVD Rossii. [Vestnik of economic security]*. 8:118-122.
20. Slepčova, E.V., M.Ju. Tumanova. 2018. Upravlenie kompetencijami v sisteme upravlenija personalom [Management of competencies in the system of personnel management]. *Jekonomika ustojchivogo razvitija. [Economics of sustainable development]*. 35:293-297.
21. Abramova, E.A. 2020. Sozdanie modeli kompetencij dlja sovershenstvovaniya biznes-processov upravlenija personalom [Creating a competency model for improving human resources business processes]. *Sovremennye naukoemkie tehnologii. Regional'noe prilozhenie. [Modern High Technologies. Regional Application]*. 64:8-13.
22. Gladina, T.D. 2017. Izmenenie tradicionnogo myshlenija i kompetencij pri postroenii vzaimootnoshenij rabotodatelej i rabotnikov v sovremennoj rynochnoj kul'ture Rossii [Changing traditional thinking and competencies in building relationships between employers and employees in the modern market culture of Russia]. *Tradicii i innovacii v prostranstve sovremennoj kul'tury. [Traditions and Innovations in the Space of Modern Culture]*. 17-19.
23. Ployhart R.E., Moliterno T.P. Emergence of the Human Capital Resource: A Multilevel Model // *Academy of Management Review*. 2011. vol. 36. pp. 127-150.
24. Abazieva, K.G., A.V. Voronina, S.N. Goncharova. 2019. Model' kompetencij personala v aspekte upravlenija izmenenijami [Personnel competence model in the aspect of change management]. *Nauka i obrazovanie: hozjajstvo i jekonomika; predprinimatel'stvo; pravo i upravlenie. [Science and Education: Economy and Economy; Entrepreneurship; Law and Governance]*. 107:36-39.
25. Canavan D., Scott P.S., Mangematin V. Creative professional service firms: aligning strategy and talent // *Journal of Business Strategy*. 2013. vol. 34. pp. 24-32.
26. Serditov V.A., Kanevcev M.V. Stages of development of human competences // *Современный менеджмент: проблемы и перспективы*. 2016. С. 193-196.
27. Petrov, M. 2019. Formirovanie gruppy ispolnitelej dlja sovmestnogo reshenija zadach: osnovannyj na kompetencijah metod i ego realizacija [Formation of an expert group for joint problem solving: the competence method and its implementation]. *Nauchnyj vestnik NGTU. [Science Bulletin of the NSTU]*. 75:49–68.
28. Petrov M., Kashevnik A. Expert competence level adjustment based on the project participation: method and evaluation // *Journal of Management Information and Decision Sciences, Allied Business Academies*. 2021. Vol. 24(8). pp. 1–16.

Petrov M. V. PhD, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia, e-mail: mikhail.petrov@iiias.spb.su