

Ю.А. Ставенко, Д.А. Романов,
А.И. Громов

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИННОВАЦИЙ

В данной статье инновация рассматривается как явление, имеющее стадии возникновения, становления, внедрения и рутинизации, а также дан анализ каждой из перечисленных стадий с точки зрения когнитивного и сетевого взаимодействия.

Ключевые слова: новация, инновация, энтропия, социальная система, управление знаниями, самоорганизующаяся система, открытая система, работники знаний

Yu.A. Stavenko, D.A. Romanov,
A.I. Gromov

THE MODELING AND ANALYSIS OF INNOVATIONS' LIFE-CYCLE

The article is dedicated to theoretical and experimental study of innovation life-cycle with a help of entropy approach to dynamic information flow in social networks.

Keywords: innovation, information entropy, social system, knowledge management, self-organizing system, open system, knowledge workers

Введение

В современной экономике знаний ключевым фактором развития и основным конкурентным преимуществом социальной системы является способность к широкомасштабным инновациям. Под инновацией в данном случае необходимо понимать не только создание новых продуктов и услуг, но и способы мышления, деятельности организации, в том числе культуру как производственных отношений, так и социальных. Фактически речь идет об инновационной экологии жизни и бизнеса в рамках непрерывного инновационного процесса.

Инновационный процесс *необходимо* рассматривать как непрерывный, пронизывающий социальную систему, формирующий новые и изменяющий существующие организационные структуры. Данный процесс требует новой организационной структуры, способной поддерживать высокие уровни децентрализации и коммуникативности для быстрого принятия решений и, следовательно, принципиально новые корпоративные информационные системы (ИС). Подобные ИС должны выполнять роль каналов распространения инноваций среди элементов социальной системы (сотрудников). Следовательно, с точки зрения задач управления, мониторинг этих каналов должен выявлять и, по возможности, предсказывать появление инновации в информационном потоке.

Логичен вопрос: возможно ли вообще изучить, а тем более – предсказать явление появления и распространения инноваций по информационным каналам? Многие консультанты отрицают эту возможность, так как прогноз развития инновационных процессов для них является невыполнимой задачей. В результате сегодня в организациях не уделяется серьезное внимание процессу создания инноваций, а происхо-

дит в основном описание управляемых организованных процессов. Все это привело к сложившейся сейчас ситуации, свойственной многим российским компаниям: инновационное развитие заменяется имитационным, при котором происходит не генерирование инноваций, а копирование лучших практик. Появление ценности в виде инновации в этом случае может быть вообще нигде не зафиксировано.

Следовательно, изучение сути инновации, процессов ее становления в эмерджентных социальных структурах, по сути представляющих ту или иную организацию, является необходимым условием поддержки и совершенствования инновационной деятельности, если мы о ней задумываемся.

Обучающаяся организация

Способом достижения инновационной зрелости является создание организации, в которой существуют структуры и процедуры, помогающие сотрудникам совместно обнаруживать и создавать новое знание [1]. В подобных системах происходит сокращение числа вертикальных уровней иерархии, которое компенсируется благодаря соответствующему росту количества внутренних и внешних горизонтальных связей, увеличению активности, делегированию полномочий и взаимной координации действий отдельных сотрудников.

Таким образом, изменения культуры производственных отношений приводят к пониманию необходимости непрерывного совершенствования знаний в операционной среде сотрудников, что неизбежно приводит к повышению качества деятельности и процессов достижения целей. В результате инновационная деятельность обретает основание и становится неотъемлемой частью существующего бизнеса.

Самоорганизующиеся открытые системы

Самообучающиеся организации представляют собой открытую систему, которая постоянно находится в состоянии структурной реорганизации под воздействием внешней среды и необходимости преобразования этой среды. Таким образом, качество такой организации (как и любой другой) можно определить как свойство системы к адекватной реакции на внутренние и внешние изменения.

В данном случае может показаться, что качество становится синонимом устойчивости организации к пермутациям, среди которых возможна инновация. Но ключевым в данном случае, является определение адекватности реакции системы, которая может подразумевать как отрицание всего нового, появляющегося в зародыше, в самой себе и/или во внешней среде, так и пристальное внимание к области генерирующей нечто, отличающееся от рутины. Что же определяет «адекватность» системы, кроме очевидного параметра «времени»; принятая политика относительно инновационной деятельности в организации. Таким образом, если в организации не существует инновационной политики или принята политика управления по соответствиям (compliance management), то ожидать появления инновации в подобной системе не приходится.

Что же является новацией с точки зрения самоорганизующейся открытой системы? – это ни что иное, как адекватная реакция системы на появляющиеся противоречия между существующим состоянием системы и изменившейся внешней средой, что по сути возвращает нас к определению качества системы. Следовательно, качественная организация является по определению инновационной организацией, в основе которой лежит парадигма управления знаниями.

В открытой самоорганизующейся системе можно выделить два уровня взаимодействия: на микро-уровне происходит взаимодействие отдельных индивидов или мелких групп, а на макро-уровне – общеорганизационное взаимодействие. Отклонения, многие из которых являются новациями (потенциальными инновациями), появляются на микро-уровне системы и являются источниками роста вариативности в деятельности системы. Неуправляемая вариативность неизбежно, рано или поздно, приведет систему к деградации качества, поэтому любая вариативность должна регистрироваться в системе и анализироваться на возможность совершенствования как качества конкретной деятельности, так и всей системы в целом.

Накопление положительных, относительно качества, изменений на микро-уровне должно привести к

изменениям на макро-уровне, в результате новые принципы будут закреплены в организации.

На первый взгляд, хаотичная природа инновационных процессов исключает возможность управлять ими. В действительности же дело обстоит наоборот: неустойчивость путей эволюции хаотических систем за счет инновационных возмущений делает их чрезвычайно чувствительными к управлению. Понимание самоорганизующейся природы инновационного процесса позволяет создавать такую инновационную среду внутри организации и поддерживать ее с помощью ИС, которая будет обеспечивать непрерывное управление инновациями.

Можно предположить следующие признаки инновационной среды в организации:

- Поддержка политики анализа отклонений (потенциальным инновациям): создание инновационного климата в организации, поддерживаемого топ-руководством.
- Развитие сетевых структур взаимодействия, поддерживающих распространение знаний и инноваций.
- Выявление и поддержка сотрудников, являющихся новаторами (работников знаний), которые способны создавать инновации.
- Далее в статье будет проведено исследование каждого из перечисленных выше предположений.

Очевидно, что любая инновация проходит стадии возникновения, становления, внедрения и рутинизации; рассмотрим этот процесс.

Стадия возникновения новации

Возникновение новации характеризуется отклонением от стандартного образа действий, выполнения процедур и бизнес-процессов, которое было создано новатором в процессе его работы и переработки поступившей информации из внешней и/или внутренней среды. Новация в этом случае не соответствует ожиданиям системы и является просто отклонением ее функционирования в поле случайных вариаций. Задача изучения возникновения новации может быть сформулирована как обнаружение всего, отличающегося от обычной деятельности организации, посредством анализа информационного поля.

Примером информационного потока является передача сообщений по электронной почте. Каждое сообщение (текст) можно представить в виде математического объекта: множество всех слов и множество всех обнаруженных в тексте слов из онтологии или тезауруса деятельности организации. При рассмотрении текста в виде множества слов обозначим текст $T = \{w\}$, где $w \in W$ – множество всех слов. Для множества всех слов введем меру: $\mu_T(w)$ – количество упоминаний слова w в тексте T .

Суммарный текстовый контент организации $C(t)$ в зависимости от времени представим в виде:

$$C(t) = \sum_i \mu_{T_i} \delta(t - t_i), \quad (1)$$

где δ – дельта функция Дирака, а t_i – время написания i -го текста.

Вероятность встретить данное слово w в тексте T связана с данной мерой следующим образом:

$$p_{\mu}(w) = \frac{\mu(w)}{\mu(W)} \quad (2)$$

Аналогично вероятность встретить данное слово во всём контенте организации в определённое время вычисляется следующим образом:

$$p_{C(t)}(w) = \frac{\mu_{C(t)}(w)}{\mu_{C(t)}(W)} \quad (3)$$

Чисто словарный подход приводит к большому зашумлению незначимыми словами, и многие исследователи дополняют его онтологическим подходом. В онтологическом подходе данная трудность преодолевается за счёт выделения в тексте значимых объектов (экземпляров классов онтологии) на основе созданной вручную или полуавтоматически онтологии. Такими объектами могут быть, например, понятия, специфические термины, определённые люди (их ФИО), отношения между ними, их атрибуты, а также всё, что признаётся существенно важным для данной области знания и деятельности. После выделения объектов текст любого документа представляется в виде множества заведомо значащих объектов. Даже актуальная пополняемая онтология не может включать в себя все значимые объекты, и, соответственно, многие документы будут не достаточно корректно представлены в онтологическом пространстве. Этот недостаток устраняется применением комбинированного подхода, когда и слова, и объекты участвуют в представлении текста. В этом случае строится общее множество всех слов и объектов. Основной задачей выявления новаций (отклонений информационного поля) является расчет энтропии, по которой можно было бы судить об изменениях в информационном поле. Под информационным полем в данный момент времени примем множество текстового контента, генерируемого организацией за единицу времени, прошедшую до данного момента.

$$IF(t) = \int_{t-dt}^t C(\tau) d\tau \quad (4)$$

Рассмотрим изменение информационного поля как непрерывное $IF(t)$, так и дискретное:

$$IF(t_i), \quad t_i = t_{i-1} + dt \quad (5)$$

Определим вероятность встречи конкретного слова w как:

$$P_{IF(t)}(w) = \frac{\mu_{IF(t)}(w)}{\mu_{IF(t)}(W)} \quad (6)$$

Основным предположением далее является то, что при плано-нормальном течении жизни организации $P_{IF(t)}$ меняется слабо, поэтому сильное его изменение ведёт к выводу о том, что появилась флуктуация и/или новация.

Одной из основных характеристик вероятностного распределения подходящих для решения поставленной задачи является энтропия:

$$H(p) = \sum_w p(w) \log_2 p(w) \quad (7)$$

В реальном языке частота лексемных символов различна, поэтому энтропия высказывания или сообщения меньше максимального значения. Вероятность появления каждого символа зависит от совокупности предыдущих и последующих, и поэтому можно рассчитать условную энтропию, нормировав которую на значение, полученное из суммы вероятностей символов, входящих в принятую онтологию деятельности, получим энтропийную оценку стабильности анализируемого фрагмента деятельности.

Фактически этот алгоритм является интерпретацией известной теоремы Шенона об энтропии сообщения в некоторой кодовой последовательности. В данном случае имеем в качестве алфавита набор символов, входящих в заранее исследованную и подготовленную онтологию того или иного процесса. Как правило, этот набор не превышает 2 тысяч символов, а для большинства фрагментов деятельности колеблется в диапазоне от 250 до 800 символов.

Следующим важным признаком, который необходим при расчете энтропии, является «скважность», обозначим её λ , символов в потоке и типизация их последовательностей появления в сообщениях, обозначенная как ψ . Т.е. имеем необходимость расчета $H(p, \lambda, \psi)$. Это непринципиально усложняет вычисления, т.к. обе эти характеристики являются производными от частоты (вероятности) появления символа в сообщении. Нормировав теперь полученные значения на «выделенный словарь» получим очень чувствительную меру принадлежности сообщения к рутинному процессу деятельности.

При возникновении нештатной ситуации обычный документооборот с обычным словарным распределением вероятностей будет возмущён, что выразится в специфическом изменении плотности вероятности, и приведёт сначала к резкому скачку энтропии, а затем к ее уменьшению.

Новация (отклонение) будет характеризоваться как специфическими терминами и словами, так и специфическими λ и ψ , что приведёт к видимому изменению характеристической энтропии.

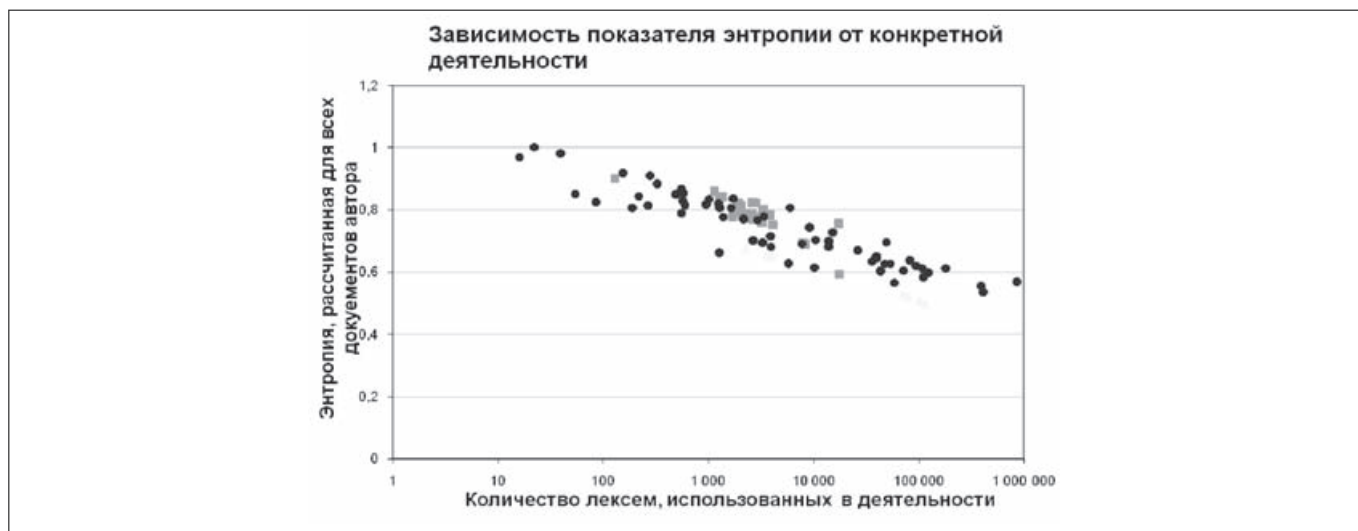


Рис. 1. Зависимость показателя энтропии от конкретной деятельности автора текста

На представленной диаграмме, очевидно, выделяются области для конкретного автора, его рутинной деятельности (розовые точки на рис. 1), и его работ (сообщений), посвященных конкретным новациям. Результаты для «научной фантастики» располагаются на прямой (желтые точки на рис. 1), т.к. в расчете этих значений не использовалась нормировка на выделенный словарь (онтологии). Сообщения различных авторов из различных фрагментов процессной деятельности также укладываются на прямой с некоторой девиацией, однако, при превышении порогового значения, выделенные сообщения оказываются, не относясь к непосредственной деятельности в процессе (синие точки на рис. 1).

Стадия становления инновации

После возникновения новация переходит в стадию становления. На этой стадии с помощью естественного отбора новаций система поддерживает свое устойчивое состояние и противостоит потоку случайных отклонений на микро-уровне, которые могут быть губительными для системы.

С точки зрения теории самоорганизации, стадия становления является стадией естественного отбора и принятия решения о полезности новации. На этой стадии происходит либо принятие, либо отклонение новации ранними последователями, либо она остается незамеченной. Естественный отбор происходит среди ближайших, связанных с новатором сотрудников, постоянно взаимодействующих с новатором. На данной стадии необходимо создать условия, способствующие обсуждению новации, достаточные для принятия адекватного конструктивного решения по ее дальнейшему внедрению или отклонению. Необходимо понимать, что требуемая инфраструктура

должна включать в себя не только ИС, но и различные составляющие корпоративной культуры и принятой политики в инновационном развитии. Из этого вытекает второе требование: *изучение сетевой структуры организации*, то есть ответ на вопрос «кто знает кого» и «кто может помочь кому принять правильное решение».

Сетевая структура, которая, по сути, отражает взаимодействие узлов социальной системы в процессе распространения инноваций, характеризуется следующими основными параметрами:

Престиж узла: входная степень узла (in-degree) — количество ребер графа, входящих в узел.

Влияние узла: выходная степень узла (out-degree) — количество ребер графа, исходящих из узла.

Центральность как посредничество (betweenness centrality) — степень посредничества узла [2].

Центральность как близость к другим узлам сети (closeness centrality) — степень близости узла к другим узлам графа [3].

Центральность как показатель центральности собственного вектора (eigenvector centrality) — важность узла в сети [4].

Очевидно, что существует зависимость между этими параметрами и скоростью распространения инноваций в социальной системе. В структуре с высокой связанностью узлов и низким уровнем центральности, инновация будет распространяться достаточно свободно и сравнительно быстро охватит всю структуру. Именно по такому, экспертному принципу в менеджменте рекомендуют формировать инновационные проектные группы. Отбор инновации в результате такой многократной коммуникативной апробации будет наиболее эволюционно надежным.

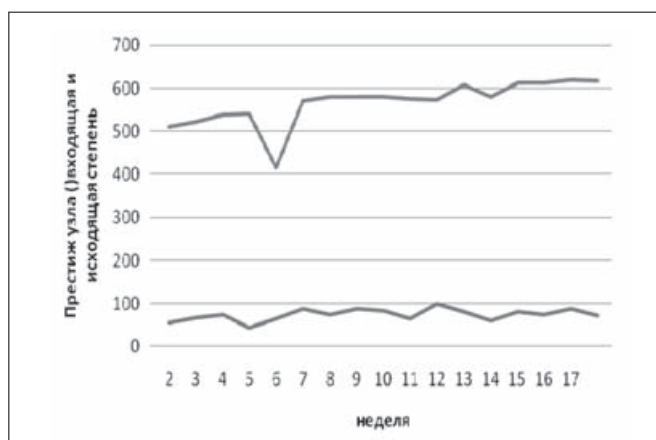


Рис. 2. Динамика показателей In-degree (верхний график) и out-degree (нижний график) для узла 1051. Данный узел принадлежит сотруднику отдела секретариата, этим обусловлено такое высокое количество исходящих сообщений (рассылки) по сравнению с входящими сообщениями

В структуре с высокой связанностью и высоким уровнем центральности ход становления и развития инновации будет, в основном, зависеть от реакции центрального узла. Если центральный узел поддержит инновацию, уже принятую некоторыми другими узлами, и станет лидером изменений, скорость распространения инновации будет наиболее высокой. Если центральный узел является единственным носителем инновации, то попытка навязать ее, скорее всего, окажется безуспешной.

Еще одним типом структур социальной сети является так называемая сеть центр-периферия (core/periphery network). Смысл ее в том, что она имеет плотно связанный центр, окруженный слабо связанными периферийными узлами. Уникальная особенность подобной сети заключается в том, что она не может быть разделена на сплоченные группы, хотя некоторые узлы связаны сильнее, чем другие. Это позволяет сети быть стабильной. Периферия выступает в роли открытой границы сети. Соответственно, периферийные узлы могут со временем «обрасти» связями с центром и/или стать мостами в другие сети.

В проведенном анализе массива переписки компании «АВС» можно предположить, что данная сеть имеет структуру центр-периферия. Эти выводы подкреплены расчетными характеристиками узлов.

Кроме того, важно учитывать силу связей между узлами сети. Сильные связи формируются при часто повторяющихся контактах узлов, обуславливающих устойчивость взаимодействия (например, связь между близкими друзьями). Слабые связи — это связи с почти незнакомыми друг с другом сотрудни-

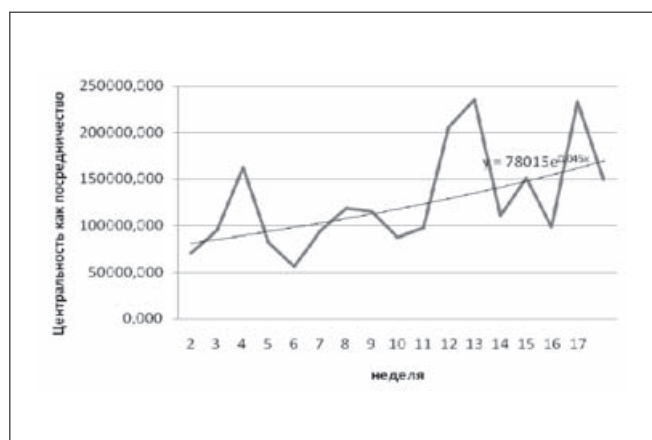


Рис. 3. Динамика показателя betweenness centrality для узла 1051. Данный узел будет являться самым влиятельным посредником, так как секретарь делает рассылку всем сотрудникам компании

ками, которые не поддерживают тесные отношения друг с другом.

Узел сети, не имеющий слабых связей, оказывается отделенным и не располагающим информацией о внесистемной среде. Новая, отклоняющаяся от ожиданий информация, возможно необходимая для создания новаций, поступает узлу именно по слабым связям, так как внутри группы, объединенной сильными связями, формируется единое коммуникативное пространство, отвергающее флуктуации. Следовательно, с течением времени существенно снижается разнообразие мышления, действия, коммуникации — то есть ослабевает действие одного из ключевых факторов зарождения новаций.

В ходе исследования был проведен анализ показателей центральности, посредничества и близости узлов. На его основании были получены следующие результаты (см. таблицу 1):

Динамику показателей по неделям можно посмотреть на следующих графиках: рис. 2–5.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы о ролях некоторых сотрудников в проекте: например, узел 1051 имеет возрастающую динамику центральности посредничества, соответственно является посредником, через которого знания распространяются по всей сети. Это также может быть объяснено тем, что он легко достижим (имеет высокий коэффициент центральности близости). Узел является наиболее влиятельным узлом. У него показатель примерно в 5 раз выше среднего (среднее значение равно Eigenvector Centrality равно 0,002). Такие выводы можно сделать для всех узлов сети.

На этапе становления существует несколько путей развития новации:

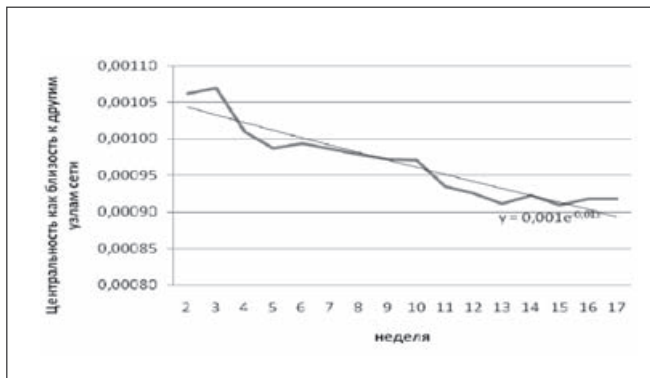


Рис. 4. Динамика показателя *closeness centrality* для узла 643. Узел 643 принадлежит руководителю службы логистики. Значение показателя падает в течении нескольких недель, что может говорить о существенном ограничении круга общения сотрудника, что говорит о том, что, скорее всего, это не оптимальный узел для передачи новации

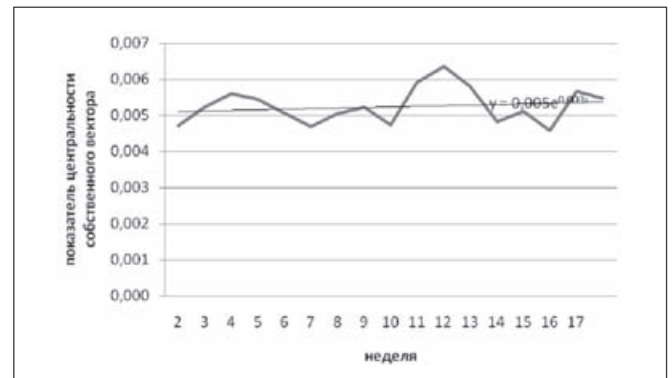


Рис. 5. Динамика показателя *eigenvector centrality* для узла 318, который является руководителем департамента аутсорсинга, динамика показателя постоянная на протяжении 16 недель, что может говорить о стабильной работе сотрудника и о том, что он может являться потенциальным передатчиком новаций

Новация рассматривается в качестве случайного отклонения и не принимается организацией. Она не вызывает реакции системы. Причиной этому может случить неубедительность новатора или нехватка ресурсов у компании.

Новация принимается и переходит на стадию внедрения в организации. Она превращается в инновацию и уже не рассматривается как отклонение. В теории самоорганизации это можно объяснить за счет того, что в результате принятия инновации все большим числом узлов социальной системы происходит достижение некоторой критической массы сторонников инновации, что приводит к смене существующего положения системы. Происходит проектирование ее внедрения в систему.

Стадия внедрения и рутинизации инновации

На следующем этапе принятая инновация внедряется в систему и реорганизует ее, после чего уже инновацией не считается, а становится традицией. Здесь важно учитывать тот факт, что при внедрении инновации возможно сопротивление со стороны сотрудников, которое является естественной реакцией самосохранения системы.

Заключение

Переход к экономике знаний требует принципиального пересмотра отношения к знаниям как основному ресурсу организации как системы. Данная трансформация затрагивает как феноменологические аспекты, так и культурологические, связанные с традициями мышления и сформированными отношениями в социальной среде организации. Принципиальным может явиться решение непрерывного мониторинга деятельности на предмет выявления

отклонений, имеющих потенциальную возможность стать новациями и, как следствие, инновациями. Можно сделать вывод, что при проектировании ИС для управления знаниями необходимо учитывать и выявлять возникновение новаций в организации, генераторами которых являются сотрудники, а также оптимизировать сетевую структуру организации для создания эффективных условий распространения знаний.

Данное исследование проводилось в рамках договора № 13.G25.31.0096 с Министерством образования и науки Российской Федерации о «Создании высокотехнологичного производства кросс-платформенных систем обработки неструктурированной информации на основе свободного программного обеспечения для повышения эффективности управления инновационной деятельностью предприятия в современной России».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарвин Д. Создание научающейся организации
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Centrality#Betweenness_centrality
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Centrality#Closeness_centrality
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Eigenvector_centrality#Eigenvector_centrality
5. С.М. Авдошин, В.Б. Тарасов Синергетические организации в экономике XXI-го века. С.155-163.
6. Прангишвили И.В. Энтропийные и другие системные закономерности: вопросы управления сложными системами. – М.: Наука, 2003

7. Granovetter M. The Impact of Social Structure on Economic Outcomes // Journal of Economic Perspectives 19: 33–50, 2005
8. Ahuja M., Galletta D. & Carley K. (2003). Individual Centrality and Performance in Virtual R&D Groups: An Empirical Examination. Management Science, 49(1), <http://www.inf.uni-konstanz.de/algo/publications/b-fabc-01.pdf>
9. Wasserman S., & Faust K. (1994). Social Network Analysis: Method and Applications. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
10. Borgatti S. P. (2005). Centrality and network flow. Social Networks, 27(1), 55-71.
11. Bonacich P. Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification // Journal of Mathematical Sociology, 2 (1972)
12. Granovetter M. (2005). The Impact of Social Structure on Economic Outcomes // Journal of Economic Perspectives 19: 33–50.
13. Ставенко Ю.А., Громов А.И. Энтропийный подход к моделированию бизнес-процессов В кн.: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции “Перспективы развития информационных технологий”. – Новосибирск: Новосибирский Государственный университет, 2011.

Ставенко Юрия Андреевна, Романов Дмитрий Александрович, Громов Александр Игоревич
НИУ Высшая Школа Экономики
ystavenko@hse.ru

Т.Ю. Ломакина, М.Г. Сергеева

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

В статье рассматриваются существенные изменения в высшем образовании, вызванные инновационными процессами в системе российского образования; проанализированы цели и задачи развития высшего образования; рассмотрены принципы разработки стандартов ГОС ВПО третьего поколения.

Ключевые слова: качество и преемственность образования, диверсификация образовательных программ, профессиональная деятельность, инновационные процессы в образовании

T.Yu. Lomakina, M.G. Sergeeva

PRECONDITIONS OF DEVELOPMENT OF INNOVATIVE PROCESSES IN HIGHER EDUCATION

In article essential changes in the higher education, caused by innovative processes in Russian education system are considered; the purposes and problems of development of higher education are analyzed; principles of working out of standards of GOS ВПО of the third generation are considered.

Keywords: equality and continuity of formation, a diversification of educational programs, professional work, Innovative processes in formation

В российском высшем образовании в последнее десятилетие XX и начале нынешнего века произошли существенные изменения, обусловленные специфическими особенностями экономического развития и менталитетом жителей. Эти особенности проявились как в темпах, так и в содержании произошедших и происходящих перемен.

В июле 1992 г. Был принят Федеральный «Закон об образовании», который положил начало реформам в российском высшем образовании. Закон заложил основы государственной политики в сфере образования, что позволило не только ввести необходимые коррективы в устаревшую нормативную правовую базу, но и дало импульс работе по дальнейшему ее совершенствованию. Результатом этой работы стало принятие в августе 1996 г. «Закона о высшем и послевузовском профессио-

нальном образовании», в котором в дополнение к общим принципам, продекларированным в Конституции и Законе от 1992 г., сформулированы положения, регулирующие практически все аспекты функционирования высшей школы.

Эти документы и принятая в 1994 г. пятилетняя Федеральная программа “Развитие образования в России” позволили определить главные направления реформирования системы высшего и послевузовского профессионального образования:

- обеспечение качества и преемственности образования посредством введения образовательных стандартов, определяющих необходимые для каждого уровня подготовки оптимальные объемы и соотношения различных содержательных и организационных элементов образовательной программы;