

УДК 681.518(075.8) : 681.3

Метод совмещенного формирования и оценки эффективности региональных инновационных структур

А.В. Маслобоев

*Институт информатики и математического моделирования
технологических процессов КНЦ РАН, лаборатория региональных
информационных систем*

Аннотация. В работе сформулирована задача информационного обеспечения регионального инновационного развития, и в качестве решения предложена мультиагентная технология информационной поддержки инновационной деятельности в регионе. Разработана концептуальная модель агентно-ориентированной виртуальной бизнес-среды развития инноваций. Приводится описание созданных математических моделей критериев оценки эффективности инновационных структур. Предложен метод совмещенного формирования и оценки эффективности региональных инновационных структур.

Abstract. In the paper the problem of information support of regional innovation development has been defined. As a solution for this task a multi-agent technology for information support of innovation activity in the region has been proposed. The agent-based virtual business environment conceptual model has been developed. The description of implemented mathematical models for effectiveness assessment criteria of innovation structures has been represented. The method of integrated generation and effectiveness evaluation of problem-oriented innovation structures has been proposed.

1. Введение

В настоящее время в условиях жесткой рыночной конкуренции особенно остро стоит проблема эффективного информационного обеспечения исследовательских, производственных и экономических процессов, связанных с созданием конкурентоспособной продукции. Применение традиционных методов и технологий в данной области не всегда приводит к ожидаемым результатам.

Ключевым фактором экономического развития становится активность инновационного бизнеса. Особенности инновационных рынков выдвигают новые требования к качеству и оперативности принятия управленческих решений, оказывающих влияние на процесс развития социально-экономических систем. Удовлетворение этим требованиям невозможно без адекватного информационного обеспечения инновационных процессов в этих системах.

Богатый зарубежный и пока еще сравнительно небольшой российский опыт показывают, что успешное ведение инновационного бизнеса возможно только на основе использования передовых информационных технологий. Поэтому на сегодняшний день решение такой сложной и динамичной задачи как информационная поддержка инноваций является актуальной научной проблемой и немислимо без применения современных методов математического моделирования, компьютерных технологий и специализированных программных средств.

Для повышения эффективности информационного обеспечения регионального инновационного развития в ИИММ КНЦ РАН разработана мультиагентная технология информационной поддержки инновационной деятельности в регионе, обеспечивающая формирование и оценку потенциально эффективных инновационных структур. В рамках технологии осуществляется интеграция и автоматизированная децентрализованная обработка распределенных информационных ресурсов инноваций на базе взаимодействия программных агентов, имеющих гибридную архитектуру.

В настоящей работе предлагается метод совмещенного формирования и оценки эффективности проблемно-ориентированных региональных инновационных структур. Метод базируется на разработанной формализованной модели предметной области и предложенных математических моделях критериев оценки эффективности инновационных структур, а также на разработанной системе онтологий, включающей онтологию инноваций и инновационной деятельности, онтологию мира производства, онтологию науки и онтологию предметных областей. Метод позволяет избежать полного перебора всех компонентов инновационного поля посредством исключения из рассмотрения нерелевантных задаче элементов, а также обеспечивает возможность выбора наиболее эффективных инновационных структур под заданную бизнес-идею. В работе также представлены разработанные автором концептуальная модель агентно-ориентированной бизнес-среды развития инноваций и математические модели критериев оценки эффективности инновационных структур.

Представленные в статье результаты получены при выполнении работ по грантам РФФИ № 05-07-90050 "Информационные технологии региональных макросистем" и № 05-07-97508 "Создание инструментальной среды для интегрированного распределенного доступа к разнородным семантически связанным источникам данных", а также работ по программе фундаментальных исследований Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН.

2. Постановка задачи

Информационная поддержка инноваций является сложной задачей, имеющей свою специфику, которая во многом определяется специфическими особенностями региональных инновационных процессов, детально рассмотренных в (Путилов, Горохов, 2002; Емельянов и др., 2004; Маслобоев, Путилов, 2007). В частности, к ним относятся:

- большой объем разнородной информации, ассоциированной с инновационными процессами;
- большая территориальная распределенность компонентов инновационных структур;
- динамичность структуры инновационного поля – появляются и исчезают новые участники региональных инновационных процессов;
- организационная неоднородность элементов инновационного поля, существенным образом ограничивающая применимость методов и технологий, апробированных и хорошо себя зарекомендовавших в корпоративных информационных системах.

В инновационных процессах, кроме субъектов инноваций, задействованы три группы элементов: ресурсы инноваций – организационные, административные, финансовые, информационные; инфраструктура инноваций, обеспечивающая условия для успешной реализации инновационной деятельности, и инновационный менеджмент, реализующий инновационные проекты. В соответствии с этим задача информационного обеспечения инноваций имеет несколько аспектов (Путилов и др., 2005):

- создание собственно информационных ресурсов инноваций – баз данных и прочих ресурсов, имеющих отношение к инновационной деятельности;
- создание средств информационной поддержки инновационного менеджмента, прежде всего – средств поддержки принятия решений на базе моделирования инновационных процессов;
- создание информационной инфраструктуры инновационной деятельности, обеспечивающей формирование проблемно-ориентированных групп информационных ресурсов, предназначенных для поддержки отдельно взятой инновационной структуры в рамках реализации инновационного проекта.

В данной работе под информационной поддержкой инноваций будут подразумеваться последние два из перечисленных выше аспектов, т.е. создание средств проблемно-ориентированной интеграции информационных ресурсов инноваций. Эти средства призваны обеспечить специализированная система информационной поддержки инновационной деятельности в регионе (Маслобоев, Шишаев, 2007), разрабатываемая лабораторией региональных информационных систем ИИММ КНИЦ РАН.

На основании вышесказанного можно сформулировать требования к спектру функциональных возможностей системы информационной поддержки инноваций:

- обеспечение автоматизированного поиска потенциальных бизнес-партнеров;
- формирование проблемно-ориентированных инновационных структур для реализации конкретного бизнес-проекта;
- автоматизированный выбор эффективных инновационных структур;
- автоматизация построения бизнес-планов;
- прогнозирование рисков от краткосрочных и долгосрочных капиталовложений в инновации;
- поиск наилучшей конфигурации устойчивого рынка для производимой продукции на основе моделирования отдельных сегментов рынка;
- поиск наилучших путей устойчивого обеспечения сырьем;
- возможность гибкой перенастраиваемой интеграции распределенных информационных ресурсов;
- обеспечение унифицированного интерфейса к разнородным источникам данных;
- возможность поиска источника по контенту;
- обеспечение совместного использования информационных баз инновационно-ориентированных Интернет-порталов;
- наличие методов и средств моделирования реакции социально-экономических систем на инновационное управление.

3. Методы исследования и используемые технологии

Для решения поставленной в работе задачи использованы методы концептуального моделирования, методы имитационного моделирования, методы искусственного интеллекта, методы

распределенных вычислений, теории формальных грамматик и языков.

В качестве технологии реализации разрабатываемой системы информационной поддержки региональных инноваций выбрана технология мультиагентных систем (Тарасов, 2002), в рамках которой субъекты инновационной деятельности представляются в виде программных агентов, функционирующих и взаимодействующих друг с другом в едином информационном пространстве (виртуальной бизнес-среде) в интересах своих владельцев, образуя открытую мультиагентную систему (МАС) с децентрализованной архитектурой. Агенты субъектов инноваций, обладая такими свойствами, как автономность, про-активность, самоорганизация и интеллектуальность, способны самостоятельно, независимо от пользователя воспринимать и реагировать на динамику среды, имитирующей инновационное поле. Асинхронность функционирования и коммуникаций агентов обеспечивает возможность их работы в условиях разнородных и ненадежных коммуникаций, что весьма актуально для систем регионального масштаба. Активная природа мобильных агентов, с другой стороны, позиционирует МАС как эффективное средство распределенной обработки данных. Автономность агентов и возможность их кооперации обеспечивает создание гибких, легко реконфигурируемых распределенных систем, а поддержка агентами онтологии обеспечивает возможность создавать расширяемые определения разнородных информационных ресурсов.

4. Концептуальная модель агентно-ориентированной виртуальной бизнес-среды

Концептуальная модель агентно-ориентированной виртуальной бизнес-среды (КМ ВБС) развития инноваций объединяет в себе несколько компонентов:

- множества объектов модели;
- отношения, задаваемые над множествами объектов модели;
- множества атрибутов объектов и отношений.

Из указанных компонентов первый и второй образуют схему КМ ВБС, третий представляет модель атрибутов.

Разработанная КМ ВБС имеет иерархическую структуру и включает в себя следующие множества элементов: объекты (субъекты инновационной деятельности) – S , агенты субъектов – A , из которых формируются проблемно-ориентированные инновационные структуры – BS (множества взаимосвязанных объектов, задействованных в реализации конкретного бизнес-плана), бизнес-процессы – P , $R = \{BI, BPL\}$ – ресурсы инноваций, к которым относятся бизнес-идеи (инновационные предложения) – BI и бизнес-планы (инвестиционные предложения) – BPL . Инновационные предложения, фигурирующие в системе, разделены на два класса – генерализованные бизнес-идеи и детализированные бизнес-идеи. Такое деление обеспечивает возможность формирования в ВБС виртуальных бизнес-площадок, объединяющих субъектов инноваций с близкими интересами и целями, вероятность взаимодействия между которыми высока. Это, в свою очередь, ведет к повышению эффективности взаимодействия между агентами и снижению нагрузки на сеть. Объекты КМ ВБС, представляющие субъектов инноваций, образуют иерархию, что позволяет учитывать при оценке надежности потенциальных бизнес-партнеров и формировании инновационных структур организационную подчиненность субъектов инновационной деятельности.

Такая детализированная КМ позволяет учесть специфические особенности субъектов инноваций на всех этапах жизненного цикла инновационного продукта и создавать более гибкие имитационные модели деловых процессов, в которых они участвуют. Для автоматизации поиска потенциальных бизнес-партнеров и формирования эффективных бизнес-структур в КМ введены интеллектуальные агенты, представляющие интересы естественных участников бизнес-процессов. Для обеспечения анализа и прогнозирования капиталовложений в инновации концептуальная модель содержит описания характеристик инновационных предложений (бизнес-идей / проектов) и бизнес-планов субъектов инноваций.

Схема концептуальной модели агентно-ориентированной виртуальной бизнес-среды имеет вид:

$$E_{ВБС} = \{S, P, I, A, R, Atr\},$$

где $S = \{s_\alpha^i\}$, $1 \leq i \leq N_\alpha$, $1 \leq \alpha \leq N_L$ – множество объектов модели (субъектов бизнес-процессов), i – порядковый номер объекта на его уровне декомпозиции, α – номер уровня дерева объектов, к которому относится данный объект (L – общее количество уровней декомпозиции); I – множество отношений, заданных на объектах модели; Atr – множество атрибутов объектов модели.

Здесь и далее N^* – мощность соответствующих множеств.

На множествах объектов модели заданы **отношения**, определяющие структуру ВБС:

$$I = \{SA, BIA, SP, SBS, SBI, SBPL, In, Out, H\},$$

где $SA \subseteq S \times A := \{(s_i, a_j) \mid s_i \in S, a_j \in A\}$ – отношение принадлежности каждому субъекту инноваций программного агента, который представляет его интересы в ВБС; $BIA \subseteq BI \times A := \{(b_i, a_j) \mid b_i \in BI, a_j \in A\}$ – отношение соответствия агента реализуемой бизнес-идее; $SP \subseteq S \times P := \{(s_i, p_k) \mid s_i \in S, p_k \in P\}$ – отношение участия субъекта инноваций в бизнес-процессе; $SBS \subseteq S \times BS := \{(s_i, bs_h) \mid s_i \in S, bs_h \in BS\}$ – отношение принадлежности субъекта к инновационной структуре; $SBI \subseteq S \times BI := \{(s_i, bi_g) \mid s_i \in S, bi_g \in BI\}$ – отношение принадлежности бизнес-идеи субъекту инноваций; $SBPL^{ind} \subseteq S \times BPL^{ind} := \{(s_i, bpl_d^{ind}) \mid s_i \in S, bpl_d^{ind} \in BPL^{ind}\}$ – отношение принадлежности бизнес-плана субъекту инноваций; $BSBPL^{gen} \subseteq BS \times BPL^{gen} := \{(bs_i, bpl_d^{gen}) \mid bs_i \in BS, bpl_d^{gen} \in BPL^{gen}\}$ – отношение принадлежности генерального бизнес-плана инновационной структуре; $BSP \subseteq BS \times P := \{(bs_i, p_k) \mid bs_i \in BS, p_k \in P\}$ – отношение участия инновационной структуры в бизнес-процессе; $In \subseteq P \times B(R)$ – отношение "входные данные процесса – процесс" и $Out \subseteq P \times B(R)$ – отношение "процесс – выходные данные процесса". Знак "×" означает декартово произведение.

Декомпозиция объектов в КМ отображает организационные связи между компонентами объекта исследования. Тем не менее, принятие организационной структуры в качестве основы декомпозиции объектов КМ накладывает определенные ограничения на допустимые связи между объектами, которые реализуются посредством назначения процессов, связанных с некоторым объектом КМ, и объектов или процессов, порождающих входные ресурсы некоторого процесса.

Иерархия объектов отражает их организационные взаимоотношения. $H = \bigcup_{\alpha=N-1}^1 H^\alpha$, $H^\alpha \subseteq S_{\alpha-1} \times B'(S_\alpha)$ – отношение иерархии объектов (здесь S_α – множество объектов на уровне α , $B'(S_\alpha)$ – разбиение множества S_α).

Объекты $S = \{s_a^i\}$, $1 \leq i \leq N_\alpha$, $1 \leq \alpha \leq N_L$ КМ ВБС имеют две основные характеристики: имя и функциональный тип, который определяет функции данного объекта, причем $S = S^{IND} \cup S^{ORG}$, где S^{IND} – множество структурно неделимых элементарных объектов (участников бизнес-процессов), S^{ORG} – множество составных объектов, состоящее из элементов или составных объектов (организаций, участвующих в бизнес-процессах). Для составных объектов задается список подобъектов, из которых эти объекты состоят.

Агенты $A = \{S, BI, ORG^A, C^A\}$ представляют в ВБС интересы участников бизнес-процессов и характеризуются множеством инновационных предложений – BI , которые они представляют в ВБС, множеством базовых организационных структур – ORG^A , соответствующих конкретным функциям (ролям) агентов, и внутренней структурой – C^A , описывающей функциональное устройство агента.

Внутренняя структура агента, описывающая его функциональное устройство, описывается в виде: $C^A = (K, M, P, R, I, C)$, где K – ментальная подсистема; M – подсистема моделирования; P – подсистема анализа и планирования; R – реактивная подсистема; I – подсистема координации и взаимодействия; C – подсистема коммуникаций. Подробное описание внутренней структуры агента представлено в (Шушаев и др., 2007).

В терминах КМ **бизнес-структуры** $BS = \{A, BI^{GEN}, BPL^{COM}\}$ представляют собой связанные фрагменты, включающие объекты модели, удовлетворяющие определенным условиям. Эти группы (коалиции) агентов объединяются одной общей целью или целями для реализации соответствующих бизнес-идей. Для бизнес-структуры задаются множество входящих в нее агентов – A , множество генеральных идей BI^{GEN} , объединяющих объекты в бизнес-структуры, и множество бизнес-планов – BPL^{COM} , на основании которых реализуются бизнес-идеи. Бизнес-структуры формируются на основе анализа отношений между компонентами концептуальной модели, которая выполняет функцию онтологии инновационной деятельности.

Бизнес-идеи $BI = \{KD, AD\}$ описываются множествами ключевых KD и второстепенных AD параметров и используются при автоматическом формировании коалиций агентов. Это делается для того, чтобы сократить информационный обмен между агентами, интересы которых существенно разнятся, и, напротив, упростить и активизировать интеракции между агентами внутри группы. В число параметров входят как жестко типизированные, описываемые в терминах общесистемного тезауруса, так и параметры, описываемые на естественном языке. Формирование коалиций производится на основании семантического сопоставления соответствующих параметров бизнес-идей.

Бизнес-план (БП) – $BPL = \{GP, IP, RP\}$ представляет собой набор количественных параметров (GP – множество параметров, описывающих информационную составляющую БП, IP – множество параметров, описывающих инвестиционную составляющую БП и RP – множество параметров, описывающих ресурсную составляющую БП), детализирующих инновационное предложение: временные рамки реализации, планируемый объем производства, объем требуемых инвестиций, прогнозируемый срок окупаемости и др.

Общий вид множества **бизнес-процессов** в КМ ВБС: $P = \{p_n\}$, $1 \leq n \leq N_p$, где P – процессы, протекающие внутри среды, N_p – мощность множества. Формальная модель бизнес-процесса в точности соответствует описанию, приведенному в (Маслобоев и др., 2007).

Вторая часть схемы КМ представляет собой модель атрибутов. Модель атрибутов позволяет ввести дополнительные элементы описания объектов и отношений. В качестве атрибутов в КМ рассматриваются: имена объектов и процессов, имена типов объектов, типы иерархических отношений (допустимые способы декомпозиции элементов множества S). Атрибуты связываются с объектами функциональными (бинарными) отношениями, которые дают возможность по объекту – аргументу функции установить значение атрибута.

Модель атрибутов объектов в КМ образуется кортежем: $Atr = \langle T, NM, T_h \rangle$, где $T = \{T_S, T_A, T_P, T_{BI}, T_{BPL}, T_R, T_{BS}\}$, $NM = \{NM_S, NM_A, NM_P, NM_{BI}, NM_{BPL}, NM_R, NM_{BS}\}$ – множества типов и имен объектов, агентов, процессов, ресурсов, бизнес-идей, бизнес-планов и бизнес-структур КМ, соответственно. Атрибут T_h – множество типов отношений иерархии объектов, позволяет расширить возможности декомпозиции объектов КМ.

Таким образом, построена концептуальная модель агентно-ориентированной виртуальной бизнес-среды развития инноваций, которая позволяет решать задачи, связанные с информационной поддержкой инновационной деятельности на всех этапах жизненного цикла инновационного продукта (Путилов, Шишаев, 2007), и учитывает все региональные аспекты инновационного развития (Маслобоев, Датьев, 2008).

Разработанная формализованная КМ агентно-ориентированной виртуальной бизнес-среды развития инноваций, представляющей собой формализованное описание объектов системы, их связей и атрибутов в виде теоретико-множественных отношений, является основой для представления структуры и алгоритмов работы разрабатываемой на базе Института информатики и математического моделирования КНЦ РАН системы информационной поддержки инновационной деятельности, ее функциональных возможностей и составляющих программных модулей.

Формализация представления инновационной деятельности в концептуальной модели обеспечивает возможность автоматизированного анализа структуры и свойств предметной области, а также формирования в терминах КМ: математических моделей оценки эффективности потенциальных инновационных структур; формулировки оптимизационных задач выбора эффективных вариантов реализации инновационных проектов; унифицированного описания алгоритмов функционирования агентов; спецификаций исполнительской среды для реализации моделирования имитации инновационной деятельности.

5. Математические модели критериев оценки эффективности инновационных структур

Оценка эффективности соответствующей инновационной структуры осуществляется агентом на основе предварительной оценки параметров инвестиционной составляющей бизнес-плана инновационного проекта, который реализует данная бизнес-структура.

Расчет показателей и оценка экономической эффективности инновационного проекта осуществляется на основе модифицированных динамических методов расчета экономической эффективности инвестиционных проектов: метода чистой настоящей стоимости NPV, метода расчета индекса доходности PI, метода внутренней нормы рентабельности IRR и метода расчета периода окупаемости проекта PP, не учитывающих в процедуре расчета таких важных составляющих, как издержки трансакций, риски отдельно взятых этапов инновационного процесса, а также затраты на производственные ресурсы.

Эффективность инновационной структуры предложено оценивать по следующим критериям:

1) **экономическая эффективность инновационного проекта** (рентабельность), которая оценивается по трем основным показателям: чистому приведенному доходу $ChPD$ от капиталовложений в инновационный проект, индексу доходности ID , внутренней нормы доходности VND .

а) *Чистый приведенный доход*. Пусть у субъекта инновационной деятельности имеется некоторый объем инвестиций $v2^{inv}$, который он может вложить во множество инновационных проектов bs_j , $1 \leq j \leq m$, реализующихся конкретными бизнес-структурами, где m – количество сформированных агентом инновационных структур для данного субъекта. Также пусть известно число лет $SrVip$, на которое рассчитан проект (осуществляются вложения). Тогда x_{ij} – количество средств, вкладываемое в i -том году ($1 \leq i \leq SrVip$) в j -тый проект.

Тогда прибыль определяется как: $ChPD_{ij} = f(x_{ij})$ – функция эффективности вложения. В результате итоговым критерием является сумма: $ChPD = \sum chpd_{ij} \rightarrow \max$ с учетом ограничений: $\sum x_{ij} \leq v2^{inv}$, $1 \leq i \leq SrVip$ и $1 \leq j \leq m$. Решение получается при использовании уравнения Беллмана на основе численного метода.

Чистый приведенный доход j -го инновационного проекта определяется по формуле:

$$ChPD_j = DP_j - IS_j = \sum dp_{ji} - \sum is_{ji} = \sum (\alpha_{ji} \times Chdp_{ji}^{Risk}) - \sum is_{ji} = \sum (x_{ji} \times \alpha_{ji}),$$

где $0 \leq i \leq SrVip$, $1 \leq j \leq m$; DP_j – дисконтированный денежный поток; IS_j – дисконтированные инвестиционные вложения; α_{ji} – коэффициент дисконтирования в i -том году в j -том проекте; $Chdp_{ji}$ – чистый денежный поток; x_{ji} – объем средств, вкладываемый в i -том году в j -тый проект, причем $\sum x_{ij} \leq v2^{inv}$, $1 \leq i \leq SrVip$, $1 \leq j \leq m$ и распределение вкладываемых средств по годам, на которые рассчитан проект, является неравномерным.

Расчет коэффициента дисконтирования в i -том году осуществляется по формуле: $\alpha_i = 1 / (1 + St^a)^i$, где $0 \leq i \leq SrVip$ – количество лет, на которые рассчитан проект, St^a – ставка дисконта.

Чистый денежный поток с учетом риска вычисляется по формуле:

$$Chdp_{ji}^{Risk} = \prod_{i=1}^N (v2^{inv} + Chdp_{ji})^{P(Chdp_{ji})},$$

где $Chdp_{ji}^{Risk}$ – чистый денежный поток с учетом риска; $v2^{inv}$ – вкладываемые инвестиции; $Chdp_{ji}$ – возможная прибыль исполнителя при реализации i -го исхода (этапа) j -го проекта; $P(Chdp_{ji})$ – вероятность i -го исхода; N – количество субъектов (исполнителей) j -го проекта.

Чистый денежный поток с учетом издержек транзакций на проведение необходимых сделок в ходе реализации бизнес-проекта вычисляется по формуле:

$$Chdp_{ji} = ChP_{ji} + A_{ji}^{Ob} + IZ_{ji} + A_{ji}^{Zd} - IzdTr_{ji},$$

где $ChP_{ji} = (NP - N)$ – чистая прибыль; $N = NP \times nal$ – налог на прибыль; $NP = (V^{Prod} - TR - A^{Ob} - IZ - A^{Zd})$ – налогооблагаемая прибыль; $A^{Zd} = Pr^{Zd} \times H^A$ – амортизация производственного здания; $IZ = 0,8 \times A^{Ob}$ – износ приспособлений целевого назначения 20 % от величины амортизации производственного оборудования; $TR = TZ^{Prod} \times V^{Prod}$ – текущие расходы; $TZ^{Prod} = \sum_{i=1}^D V_i^{Res} \times Pr_i^{Res}$ – текущие затраты на единицу производимой продукции; $V^{Prod} = Pr_{Sr}^{isd} \times K^{isd}$ – объем реализации продукции; $K^{isd} = K^{rab} \times PrOB$ – количество выпускаемых изделий в год; $IzdTr_{ji}$ – издержек транзакций на проведение необходимых сделок; H^A – норма амортизации; Pr^{Zd} – балансовая стоимость здания; Pr_{Sr}^{isd} – средняя цена единицы изделия; K^{rab} – количество работающего оборудования; $PrOB$ – годовая производительность единицы оборудования; nal – ставка налога на прибыль; V_i^{Res} – объем необходимых ресурсов для получения нового продукта; Pr_i^{Res} – прогнозируемая цена на ресурсы.

Тогда ChP_{ji} – чистая прибыль с учетом расходов на ресурсы, которая вычисляется по формуле:

$$ChP_{ji} = [Pr_{Sr}^{isd} \times K^{rab} \times PrOB \times (1 - \sum_{i=1}^D V_i^{Res} \times Pr_i^{Res}) - 1,8 \times A^{Ob} - Pr^{Zd} \times H^A] \times (1 - nal),$$

где H^A – норма амортизации; Pr^{Zd} – балансовая стоимость здания; TZ^{Prod} – текущие затраты на 1 у.е. реализованной продукции; Pr_{Sr}^{isd} – средняя цена единицы изделия; K^{rab} – количество работающего оборудования; $PrOB$ – годовая производительность единицы оборудования; nal – ставка налога на прибыль; V_i^{Res} – объем необходимых ресурсов для получения нового продукта; Pr_i^{Res} – прогнозируемая цена на ресурсы.

Оценка: если в результате оценки получается, что чистый приведенный доход есть положительная величина $ChPD_j > 0$, то j -тый инновационный проект считается экономически эффективным.

б) **Индекс доходности** определяется как: $ID_{ij} = g(x_{ij})$ – функция эффективности вложения. Критерием является сумма: $ID = \sum id_{ij} \rightarrow \max$ с учетом ограничений: $\sum x_{ij} \leq v2^{inv}$, $1 \leq i \leq SrVip$ и $1 \leq j \leq m$.

Расчет индекса доходности для j -того инновационного проекта ведется по формуле: $ID_j = DP_j / IS_j$, где DP_j и IS_j рассчитываются по формулам $DP_j = \sum dp_{ji} = \sum (\alpha_{ji} \times Chdp_{ji}^{Risk})$ и $IS_j = \sum is_{ji} = \sum (x_{ji} \times \alpha_{ji})$ соответственно, $0 \leq i \leq SrVip$ и $1 \leq j \leq m$.

Оценка: если в результате оценки получается, что индекс доходности больше единицы $ID_j > 1$, то j -тый инновационный проект считается экономически эффективным.

с) **Внутренняя норма доходности** определяется как: $VND_{ij} = h(x_{ij})$ – функция эффективности вложения. Критерием является сумма: $VND = \sum vnd_{ij} \rightarrow \max$ с учетом ограничений: $\sum x_{ij} \leq v2^{inv}$, $1 \leq i \leq SrVip$ и $1 \leq j \leq m$.

Определение показателя ВНД может производиться с помощью метода последовательных операций: выбираются 2 значения ставки дисконта $St1^a$ и $St2^a$, таким образом, чтобы в интервале $(St1^a, St2^a)$ $ChPD_j$ поменял свое значение с положительного на отрицательное. Среднее значение интервала St^a_{cp} , при котором $ChPD_j = 0$. Для определения VND_j используем формулу:

$$VND_j = St1^a + [ChPD1_j \times (St2^a - St1^a) / (ChPD1_j - ChPD2_j)].$$

Оценка: если в результате оценки получается, что внутренняя норма доходности превышает ставку дисконта, т.е. $VND_j > St^a$ и $ChPD_j > 0$, то j -тый проект считается экономически эффективным.

2) **Прогнозируемое время реализации проекта** (период окупаемости) определяется как: $SrOk_{ij}=L(x_{ij})$ – функция эффективности вложения. Критерием является сумма: $SrOk=\sum srok_{ij} \rightarrow \min$ с учетом ограничений: $\sum x_{ij} \leq v2^{inv}$, $1 \leq j \leq SrVip$ и $1 \leq i \leq m$.

Период окупаемости j -го проекта определяется по формуле:

$$SrOk_j = IS_j / DP_{j, cp.} = IS_j / (DP_j / SrVip_j),$$

где $DP_{j, cp.}$ – сумма дисконтированного денежного потока в среднем за год, а DP_j и IS_j рассчитываются по формулам, приведенным выше.

Оценка: если в результате оценки получается, что период окупаемости меньше срока, на который рассчитан проект, т.е. $SrOk_j < SrVip_j$, то j -тый инновационный проект считается экономически эффективным.

3) **Надежность (компетентность) партнеров**, входящих в бизнес-структуру. О компетентности инновационного предприятия или научно-исследовательского учреждения можно судить по количеству успешно завершенных им инновационных или инвестиционных проектах. В рамках настоящей работы надежность потенциальных партнеров оценивается с учетом интенсивности их коммуникаций с другими субъектами инновационной деятельности, доли доверия к организации, которую они представляют, их места в иерархии этой организации и с учетом количества успешно завершенных бизнес-проектов.

Разработанные модели представляют собой нелинейные задачи, для решения которых использован метод динамического программирования.

6. Метод формирования и оценки эффективности инновационных структур

На основе созданной формализованной модели предметной области и предложенных математических моделей критериев оценки эффективности инновационных структур, а также разработанной системы онтологий разработан метод совмещенного формирования и оценки эффективности инновационно-ориентированных бизнес-структур. Метод обеспечивает возможность выбора наиболее эффективных инновационных структур под заданную бизнес-идею и построение прогнозов инвестиционных вложений в инновационные проекты на основе их имитации.

Метод состоит из следующих четырех основных этапов:

1. Разбиение инновационного поля на виртуальные площадки в соответствии с предметными областями и описаниями бизнес-идей субъектов инноваций.
2. Анализ параметров, описывающих бизнес-предложения субъектов инновационной деятельности, подбор подходящих партнеров, оценка их надежности и формирование всех возможных альтернативных вариантов инновационных структур.
3. Оценка экономической эффективности сформированных бизнес-структур и выделение множества эффективных инновационных структур.
4. Имитационное моделирование выделенного множества эффективных инновационных структур и выбор наиболее подходящей структуры для реализации бизнес-идеи конкретного субъекта инноваций.

Первый этап предполагает разбиение виртуального бизнес-пространства (ВБС) на подпространства, представляющие собой виртуальные бизнес-площадки, объединяющие субъектов инноваций с близкими интересами и целями, вероятность взаимодействия между которыми высока. Формирование бизнес-площадок может осуществляться как на основе анализа взаимосвязей между компонентами КМ ВБС и системы онтологий, описывающей инновационную инфраструктуру, так и посредством отображения целей агентов на древовидные концептуальные модели предметной области, последующей локализации основной части поисковых и иных запросов агентов внутри группы, и дальнейшего анализа активности их коммуникаций друг с другом. Сходство интересов приводит к тому, что наиболее активные и информационно-насыщенные коммуникации агентов сосредоточены внутри бизнес-площадки, тогда как за ее пределами информационный обмен менее активен, при этом объектом обмена являются генерализованные (меньшие по объему) бизнес-предложения агентов. Целью данного этапа является сокращение общего числа рассматриваемых вариантов субъектов, функционирующих в инновационном поле, в процессе поиска подходящих бизнес-партнеров и формирования множества эффективных бизнес-структур, что позволяет избежать полного перебора всех субъектов в ВБС.

В ходе *второго этапа* осуществляется семантическое сопоставление качественных и количественных параметров, описывающих бизнес-предложения субъектов инноваций, взаимодействующих на виртуальных бизнес-площадках в ВБС. На основе семантического анализа параметров бизнес-предложений участников инновационной деятельности и анализа отношений между основными компонентами КМ агент производит подбор подходящих бизнес-партнеров для реализации

определенной бизнес-идеи и формирует из них бизнес-структуры. В процессе подбора потенциальных партнеров производится оценка их надежности. В рамках данного этапа выполняются процедуры автоматизированного построения генерализованных бизнес-планов, формируемых агентом инновационных структур. Целью данного этапа является подбор подходящих бизнес-партнеров для текущего субъекта, осуществляющего поиск партнеров в ВБС, и формирование всех возможных альтернативных вариантов инновационных бизнес-структур, способных реализовать некоторую бизнес-идею этого субъекта.

Третий этап предполагает расчет и анализ показателей эффективности инновационных проектов, реализуемых оцениваемыми бизнес-структурами, на основе вычислительных моделей представленных в разделе 5 статьи. На данном этапе осуществляется предварительная оценка эффективности сформированных агентом инновационных структур. Целью этапа является выделение множества эффективных инновационных бизнес-структур и сужение множества их альтернативных вариантов на основе полученных оценок.

Четвертый этап предусматривает построение сценариев развития (имитационных моделей) инновационных проектов, реализуемых выделенным множеством бизнес-структур после их предварительной оценки на предыдущем этапе. Также строятся и анализируются сценарии поведения конкурентов и компаньонов. Осуществляется прогнозирование рисков и эффекта от капиталовложений в выделенное множество инновационных проектов. На основе имитации осуществляется идентификация наиболее эффективного инновационного проекта и выбор соответствующей ему эффективной инновационной бизнес-структуры. Целью данного этапа является выбор инновационной структуры, реализующей наиболее эффективный инновационный проект. Оценка риска отдельного инновационного проекта осуществляется на основе имитационного моделирования методом Монте-Карло, описанного в (Лычкина, 2006).

Схема вышеописанного метода совмещенного формирования и оценки эффективности инновационных структур приведена на рисунке.

Разработанные модели и метод составляют основу мультиагентной технологии информационной поддержки инновационной деятельности в регионе (Маслобоев, 2008), реализованную в виде мультиагентной системы интеграции распределенных информационных ресурсов инноваций (Маслобоев, Шишаев, 2007).

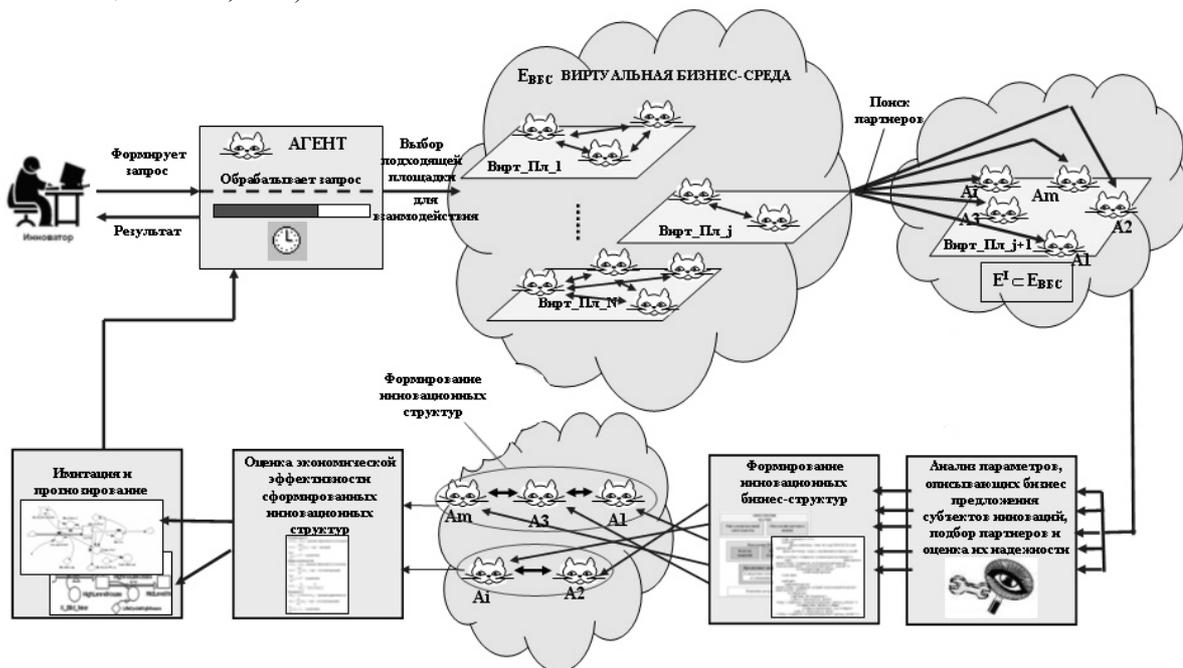


Рис. 1. Схема метода совмещенного формирования и оценки эффективности инновационных структур

7. Заключение

В ходе проведенных исследований были получены следующие результаты:

1) На основе анализа проблематики информационного обеспечения инновационной деятельности выявлены специфические особенности региональных инновационных процессов и поведения бизнес-сообществ на рынке инновационных услуг.

2) Разработана формализованная концептуальная модель агентно-ориентированной виртуальной бизнес-среды развития инноваций, которая обеспечивает возможность автоматизированного анализа структуры и свойств предметной области, формирования в терминах КМ алгоритмов построения инновационных структур, создания унифицированных алгоритмов функционирования агентов в виртуальной среде.

3) Предложены математические модели критериев оценки эффективности инновационных структур и алгоритмы вычисления параметров критериев оценки.

4) Разработан метод совмещенного формирования и оценки инновационных структур, основанный на анализе структуры и компонентов разработанной концептуальной модели, а также на совмещении семантического анализа параметров, описывающих бизнес-предложения субъектов инновационной деятельности, и оценки экономической эффективности этих бизнес-предложений. Разработаны алгоритмы семантического сопоставления параметров, описывающих бизнес-предложения субъектов инноваций, основанные на онтологическом подходе и использовании единой терминологической базы.

Полученные результаты развивают и детализируют современные концепции создания единого коммуникационно-информационного пространства и комплексного моделирования сложных региональных социально-экономических систем.

Разработанные формализованные модели и метод могут быть использованы:

- для анализа и оценки экономической эффективности инновационных идей, выдвигаемых субъектами бизнес-сообществ;
- при моделировании инновационных процессов в региональных системах различной степени сложности и масштаба;
- в составе систем поддержки принятия решений для исследования динамики поведения субъектов инновационной деятельности в различных ситуациях.

Литература

- Емельянов С.В., Попков Ю.С., Олейник А.Г., Путилов В.А. Информационные технологии регионального управления. М., Эдиториал УРСС, 400 с., 2004.
- Лычкина Н.Н. Современные технологии имитационного моделирования и их применение в информационных бизнес-системах, 2006. URL: <http://nit.miem.edu.ru/2006/sb/section0/9.htm>.
- Маслобоев А.В. Мультиагентная технология информационной поддержки инновационной деятельности в регионе. *Мат. докл. VII Всерос. школы-семинара "Прикладные проблемы управления макросистемами"*, Апатиты, КНЦ РАН, с.42-43, 2008.
- Маслобоев А.В., Датьев И.О. Технология информационно-аналитической поддержки управления развитием региональных бизнес-сообществ. *Информационные технологии моделирования и управления, Научная книга*, № 1(44), с.17-24, 2008.
- Маслобоев А.В., Путилов В.А. Проблематика информационной поддержки региональных инновационных структур. *Инновации*, № 6(104), с.73-76, 2007.
- Маслобоев А.В., Путилов В.А., Шишаев М.Г. Концептуальная модель агентно-ориентированной виртуальной бизнес-среды развития инноваций. *Сб. науч. тр. ИИММ КНЦ РАН: Информационные технологии в региональном развитии*, Апатиты, КНЦ РАН, с.15-27, 2007.
- Маслобоев А.В., Шишаев М.Г. Мультиагентная система интеграции распределенных информационных ресурсов инноваций. *Программные продукты и системы*, № 4(92), с.30-32, 2007.
- Путилов В.А., Горохов А.В. Системная динамика регионального развития. *Мурманск, НИЦ "Пазори"*, 306 с., 2002.
- Путилов В.А., Сепеда-Эррера Р.Р., Шишаев М.Г. Система информационной поддержки инновационного развития региона. *Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды VII Межд. конф.*, Самара, Самарский научный центр РАН, с.252-257, 2005.
- Путилов В.А., Шишаев М.Г. Информационная поддержка жизненного цикла инновационных изделий: проблематика, методы и технологии. *Информационные технологии в региональном развитии. Апатиты*, вып. VII, с.6-14, 2007.
- Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. М., УРСС, 348 с., 2002.