

УДК 519.21

САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ СЕТЕВЫЕ ЭКСПЕРТНЫЕ СРЕДЫ В СИСТЕМАХ С ЭНДОГЕННЫМ ПРИНЦИПОМ ЦЕЛЕУКАЗАНИЯ

Г.П. Виноградов¹, Н.Г. Виноградова²

Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия

¹wgp272ng@mail.ru, ²n-nataly08@mail.ru

Аннотация

В статье обсуждается проблема построения модели функционирования социально-экономической системы, использующей механизмы информационного взаимодействия её участников. Центральным моментом такого взаимодействия является формирование согласованных представлений о целях, ограничениях, потребностях, возможностях и направлениях развития. Модель позволяет не только определить заказчиков и потребителей товаров и услуг, требования к объёмам и показателям качества, но и формировать их представления о собственных потребностях. Это позволяет считать, что механизмы формирования согласованных представлений и способов действия участников системы являются более эффективными, чем, например, рыночные или командно-иерархические. Показано, что наиболее перспективной формой информационного взаимодействия при решении задач поиска, производства нового знания и определения направления его использования становятся саморазвивающиеся сетевые экспертные среды. Элементарной частью такой среды является эксперт-профессионал, владеющий современными телекоммуникационными технологиями. Интеграция в сетевой структуре естественных интеллектов образует коллективный стратегический субъект, который является средством синергии знаний и действий в процессе развития. Рассматривается проблема построения самоорганизующихся сетевых экспертных сред для обеспечения инновационного развития производств, выпускающих высокотехнологичную, наукоемкую продукцию и услуги.

Ключевые слова: экспертная среда, самоорганизация, сетевые технологии, согласование представлений, инновационное развитие.

Цитирование: Виноградов, Г.П. Самоорганизующиеся сетевые экспертные среды в системах с эндогенным принципом целеуказания / Г.П. Виноградов, Н.Г. Виноградова // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, № 1(19). – С. 39-54. – DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-1-39-54.

Введение

В XXI веке развитие организационных систем во все большей степени переходит от эволюционного типа к проектному. Управление этим процессом предполагает сочетание казуального подхода (причинно-следственного) с телеологическим (целевая детерминация). Движущей силой развития становится деятельность, представленная множеством институциональных построений, ориентированных, прежде всего, на развитие *инновационной деятельности* [1, 2] путём совершенствования видов информационных взаимодействий в функционировании социально-экономических систем, в частности сетевой экономики. Информационные взаимодействия предоставляют более широкие возможности развития по сравнению с рыночными и иерархическими взаимодействиями, так как они создают предпосылки и являются средством формирования в сознании агентов согласованной *информационной модели* среды их жизнеобитания. Существуют определённые ограничения на информационные взаимодействия, которые связаны с параметрами распространения информационных потоков в системе. Институциональные структуры могут делать процесс и результат

информационных взаимодействий управляемым и согласованным. В этом смысле рыночные и иерархические взаимодействия являются частным случаем информационных взаимодействий, перенесённых в рамки определённых институциональных структур. Простейшая модель социально-экономической системы, функционирующая на базе информационных взаимодействий, включает пять типов объектов:

- макротехнология;
- информационное пространство;
- институциональные структуры;
- коллективные модели среды;
- люди, как действующие лица системы.

Такой подход означает, что наиболее перспективной формой информационного взаимодействия при решении задач поиска, производства нового знания и определения направления его использования становятся саморазвивающиеся сетевые экспертные среды. Элементарной частью такой среды является эксперт-профессионал, владеющий современными телекоммуникационными технологиями, средствами Интернета. Интеграция в сетевой структуре естественных интеллектов образует коллективный стратегический субъект, который является средством синергии знаний и действий в процессе развития.

Это позволяет считать проблематику организации саморазвивающихся инновационных сред, составной частью которых являются самоорганизующиеся сетевые экспертные среды, одним из важных направлений в теории управления. Необходима разработка методологических основ организации подобных сред и управления ими. Центральным аспектом в этом становится оценка субъектами (в дальнейшем агенты) ценности, полезности нового знания и технологий, оценка рисков, определение механизма их исключения, соотнесения нового знания с целями и задачами развития. Это требует, в свою очередь, новых моделей управления процессом формирования представлений агентов о предметной области (ПрО) при определении направления развития.

Предлагаемый подход может быть применён для формализации экспертных знаний, основой которой являются *онтологии различных уровней*. Возможность их расширения за счёт, например, информационного управления самоорганизацией экспертных сред позволяет выполнять задачи:

- классификации получаемой информации;
- интеграции разнородной и разного качества информации;
- интерпретации и оценки полезности полученных сведений;
- получения релевантной информации от носителей соответствующего знания;
- согласования субъективных онтологий предметных областей у носителей знаний.

Полученные онтологии особенно для динамичных, плохо формализуемых и слабо структурированных ПрО на основе самоорганизующихся сетевых экспертных сред позволяет существенно расширить возможности систем поддержки принятия решений, в том числе и при *проектировании* сложных систем.

1 Принципы создания и применения систем управления эволюцией организационно-технологической системы

Пусть организационно-технологическая система (ОТС) состоит из центра и n подчинённых ему агентов, обладающих свойствами активности, целеустремлённости и интеллектуальности. Состояние ОТС рассматривается как целеустремлённое состояние, а результат принятия решения – это результат компромисса между целеустремлёнными выборами агентов и центра в ситуации целеустремлённого состояния с учётом воздействия на систему

управляющих воздействий и возмущений внешней среды. Это позволяет под эволюцией ОТС понимать последовательность смены ситуаций целеустремлённого состояния, происходящих в результате целеустремлённого выбора, с целью её адаптации и самоорганизации по результатам функционирования.

Информация о состоянии активных элементов системы, получаемая центром в процессе управления, используется им для настройки механизма функционирования ОТС, который включает в себя процедуры:

- формирования данных о резервах;
- планирования;
- стимулирования;
- обучения;
- регулирования и т.п.

Особенность производства, использующего наукоёмкие технологии, связана со специализацией знаний и повышением степени интеллектуализации труда персонала, распределением центров принятия решений и ответственности. Это делает зависимым качество этой информации от результатов выбора агентов и как результат приводит к различной степени эффективности использования производственного, интеллектуального, финансового и другого потенциалов ОТС. Поэтому одной из важнейших проблем для центра является повышение эффективности ОТС путём повышения эффективности функционирования активных агентов, путём развития их способности видения и учёта перспективы, а также последствий принимаемых решений, влияния изменений во внешней среде и случайных факторов. Решение её возможно на основе соответствующих информационных технологий и средств автоматизации обработки информации. Их внедрение должно позволять согласовывать в целевом состоянии интересы агентов и центра и их оценок ценности ситуации целеустремлённого состояния на каждом периоде функционирования системы для поддержания соответствующего уровня мотивации и единого понимания задач персоналом. В этом смысле развитие ОТС становится ориентированным на реализацию согласованных интересов, осуществляется за счёт использования эндогенных факторов целеполагания, в определённом смысле путём целенаправленного воздействия на состояние окружения системы, а не только путём своей настройки на экзогенно заданную цель.

Основные положения и методы создания и функционирования системы управления эволюцией ОТС при таком подходе отражают специфику построения и применения процессов согласования интересов и оценок ситуации целеустремлённого состояния путём учёта субъективных представлений агентов и активизации их творческого потенциала, построения эффективных схем согласования интересов. К ним относятся принципы:

- активного окружения;
- создания коалиций с целью согласования интересов всех движущих сил, определяющих развитие;
- согласования и согласованной оптимизации на множестве компромиссных решений, принятых на основе субъективных представлений;
- моделирования (интеграция на базе теории активных систем, методов и средств моделирования, включая алгоритмический подход, структурное проектирование, моделирование на основе теории многоагентных систем, игровое имитационное моделирование);
- гибкости для аппаратно-программных и информационных технологий, обеспечивающих процессы выработки решений;
- применения субъективных представлений агентов в информационных технологиях;
- поэтапного внедрения для оценки результатов выполнения и обучения пользователей на каждом этапе;

- визуализации при построении пользовательского интерфейса для обеспечения процессов анализа и согласования информации о вариантах и результатах решений и определения направлений в пространстве экономических показателей, выбора шагов в пространстве решений, останова процесса.

Принцип активного окружения

Основными элементами внешней среды для организационно-технологической системы являются поставщики сырья, энергоресурсов, полуфабрикатов, потребители выпускаемой продукции, представители экологических служб, отвечающих за безопасность окружающей среды и т.п. Для понимания ситуации целеустремленного состояния системы надо рассматривать как минимум следующую цепочку: поставщик – производитель – потребитель (глубина рефлексии – два). Такой подход к структуризации окружения ОТС позволяет поставить в соответствие трёхуровневую активную многоагентную систему.

Поставщики, конкурирующие между собой, образуют группу агентов низшего уровня, и их цель состоит в удовлетворении желаний потребителей, расширение на этой основе доли контролируемого рынка и росте прибыли. Агенты-производители образуют второй уровень активной системы. Их основная цель состоит в приобретении сырья, полуфабрикатов и услуг возможно более высокого качества, снижение издержек и выпуск конкурентоспособной продукции. Третий уровень образуют потребители конечных продуктов, их основной целью является либо получение реального экономического эффекта за счёт приобретения продуктов от агентов второго уровня, либо удовлетворение потребностей. Характерной чертой такой системы является взаимозависимость, возникающая на основе взаимных интересов.

Одной из возможностей для повышения эффективности этой трёхуровневой активной системы является анализ производства у поставщиков и производителей продукции и, по возможности, у потребителя, кому поставляется продукция. Соответственно поставщик и потребитель должны обладать подобным знанием. Такого рода знание создаёт предпосылки определения желаемых состояний в пространстве экономических показателей за счёт появления идей улучшения организации производства, выбора шагов решений в этом пространстве с одновременной трансляцией усовершенствований потребителю. Это позволяет не только учитывать пожелания клиента, но сформировать его потребности, что создаёт направление дальнейших нововведений.

Принцип создания коалиций

Этот принцип заключается в образовании при разработке и внедрении системы управления эволюцией ОТС ответственной группы, включающей в себя поставщиков информационных технологий, разработчиков системы, пользователей и руководителей, осуществляющих финансирование работ, для согласования и подтверждения факта выявления резервов за счёт предлагаемых методов совершенствования и управления технологического процесса. Такая коалиция осуществляет проработку и принятие решений по всем стадиям создания системы управления эволюцией ОТС: по объёмам финансирования, по срокам и этапам работ, оценке достигаемых результатов и т.д.

Принцип моделирования

Вследствие распределения знания о свойствах технологического процесса и ограниченных когнитивных возможностей человека особенностью построения и использования системы управления эволюцией ОТС является активизация творческого потенциала производственного персонала, что обуславливает использование процедур согласования и согласованной оптимизации. Их цель - формирование представлений на всех уровнях о возможных

состояниях системы и окружения. Получение подобной информации вызывает необходимость создания на стадиях создания и эксплуатации системы управления эволюцией ОТС совокупности моделей (концептуальных, функциональных, информационных, структурных, алгоритмических, эвристических, математических, имитационных и др.) человеко-машинных процессов принятия согласованных решений. Они должны описывать различные функциональности системы, использовать как количественную, так и качественную информацию и образовывать интегрированный комплекс, соответствующий точкам принятия решений. Их интеграция должна быть выполнена на основе теории многоагентных систем, теории интеллектуальных организаций, теории активных систем, методов и средств моделирования, включая алгоритмический подход, структурное проектирование, на основе синергетического принципа дополнительности [3, 4].

Принцип гибкости

Система управления эволюцией ОТС должна реализовывать технологию выявления и построения моделей поведения агентов, согласования решений с помощью разработанных и применяемых информационных и программных продуктов с развитым интерфейсом для формирования состояния убеждённости у агентов за счёт информационного управления с учётом ограничений на их информационную культуру. Она должна обеспечить применение методов и моделей построения представлений пользователей о ПрО на всех уровнях, и их согласование, согласованной оптимизации на множестве компромиссных решений, принятых на основе субъективных представлений, при использовании современных обеспечивающих информационных технологий (хранилищ данных, экспертных систем, средств выявления знаний, предметно ориентированных программных систем и т.д.). Она должна также обеспечить решение задач управления при изменении структуры ПрО, модернизации методов и моделей, программных и технических средств.

Принцип применения

Средства выявления и моделирования формирования субъективных представлений агентов и принятия на их основе решений, процессы управления представлениями, согласование и согласованная оптимизация должны быть составной частью информационных технологий на всех уровнях ОТС и обеспечить методическую, математическую и информационную поддержку деятельности агентов. Они должны быть встроены в естественный процесс управления процессом функционирования, а также в функциональности в организационно-экономической составляющей ОТС на основе средств автоматизации для придания им желаемых свойств.

Принцип поэтапного внедрения

Эффект от разработки и внедрения автоматизированных систем управления различного назначения, по зарубежному опыту, лишь в 30% случаев соответствует ожиданиям. Основная причина в этом состоит в различии представлений о целях, задачах, применяемых средств и т.п. у пользователей и разработчиков. Дело в том, что их разработка и внедрение осуществляются в изменяющейся активной экономической среде, точное описание которой получить в принципе невозможно или нецелесообразно. Поэтому для сокращения сроков и получения реального эффекта от внедрения системы управления эволюцией ОТС необходимо использовать принцип поэтапного внедрения. Он должен реализовываться на всех стадиях создания системы, начиная от предпроектного обследования до внедрения. Для оценки эффективности решений необходимо проведение комплексных экспериментальных работ

для оценки предлагаемых средств и решений, проводимых в форме игрового имитационного моделирования с учётом основных свойств объектов управления.

Принцип визуализации

Его использование при построении пользовательского интерфейса для обеспечения процессов анализа и согласования информации направлено на формирования образа как вырабатываемого, так и принятого решения. Это даёт возможность пользователям выполнять оценку как собственной деятельности, так и качества решений при создании системы управления ОТС. Такая оценка может быть выполнена на базе автоматизированной технологии оценки качества программной продукции путём применения модифицированной методики экспертной оценки качества промышленной продукции [5]. Для этого должны использоваться оценки состояния системы в пространстве показателей, соответствующем ПрО агента, определения им направления движения в пространстве этих показателей, выбора шагов продвижения в выбранном направлении, правил останова процесса, скорости сходимости согласования представлений и решений. При этом используется методика оценки эффективности, предложенная в [6] и модифицированная в [7].

2 Механизм самоорганизации сетевых экспертных систем

Саморазвитие предполагает вовлечение через использование сетевых технологий продвинутых потребителей товаров и услуг в инновационный процесс совершенствования потребительских свойств товаров и услуг, получения идей или контента путём обращения к их креативным способностям в обмен на вознаграждение, соответствующее вкладу. В Советском Союзе такое решение проблем называлось движением новаторов. На Западе оно было несколько расширено, модифицировано и названо краудсорсингом¹. Для его реализации разработаны соответствующие технологии [8]. Однако их прямая реализация без учёта принципа активного окружения приводит к значительному росту трудоёмкости при поиске и обработке большого количества информации. Поэтому необходима система, обеспечивающая направление поиска решений и идей, а также фильтрацию, обобщение информации, определение её ценности и перспективности. Способом повышения краудсорсинговых решений является синтез технологий краудсорсинга, сетевой экспертизы и методологии теории активных систем (рисунок 2).

По сравнению с традиционными технологиями поиска новых решений такой подход для формирования согласованных представлений обладает следующими преимуществами [8, 9].

- *Самоорганизация.* Открытое активное окружение позволяет привлечь для формирования идей, предложений по совершенствованию продукции и услуг практически неограниченное число экспертов. Мотивацией для этого может служить, например, система грантов.
- *Независимость.* Возможность получения информации, отражающей различные точки зрения с объяснением позиции.
- *Целенаправленность.* Субъекты, составляющие активное окружение и участвующие в информационном взаимодействии, как правило, связаны общими целями, поскольку ощутимого результата можно добиться совместными усилиями. Принцип согласования уровня вознаграждения в зависимости от вклада каждого в общий результат позволяет поддерживать творческие усилия на требуемом уровне.

¹ *Краудсорсинг* (англ. crowdsourcing, crowd — «толпа» и sourcing — «использование ресурсов») — привлечение к решению тех или иных проблем инновационной производственной деятельности широкого круга лиц для использования их творческих способностей, знаний и опыта на добровольных началах. *Прим.ред.*

- **Соревновательность.** Управляемый процесс обмена точками зрения центром приводит к повышению общего уровня качества предложений, способствует образованию коалиций субъектов.

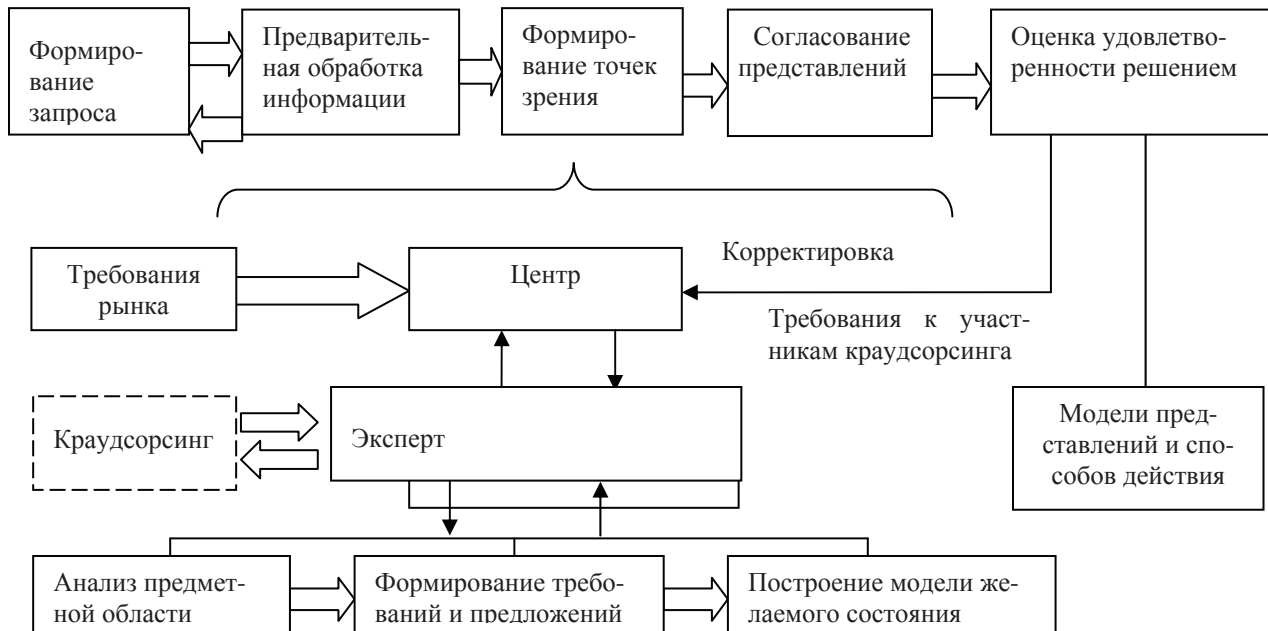


Рисунок 2 – Формирование согласованных представлений на основе краудсорсинга

В отличие от традиционных способов использования технологий краудсорсинга предлагается рассматривать процесс извлечения новых идей и знаний как активную систему с неоднородными агентами со встречным способом сообщения информации и активным воздействием центра в форме запросов для получения рефлексивных оценок. Средства краудсорсинга в этом случае используются для решения задачи по извлечению информации, очистки и предварительной обработке (выделению признаков, семантическая кластеризация, построение онтологий и т.п.), что значительно ускоряет процесс построения согласованной модели выбора в сетевой экспертизе и её трансляции в окружение ОТС.

Центр формирует запросы, оформляет их дизайн, дорабатывает семантическую кластеризацию и онтологию ПрО. Цикл взаимодействия центра с экспертами будет продолжаться до тех пор, пока вклад новой информации в рост оценки полезности сформированных представлений станет несущественным. Полученная модель представлений ПрО используется для формирования модели способа действия. Анализ удовлетворённости от принятого решения позволяет корректировать как модель представлений, так и модель способа действия (решения).

Способы описания структуры представлений субъектов активного окружения, условия их идентичности, регулярности, правильности, различий в информированности субъектов, а также условия существования динамического информационного равновесия, модели согласования представлений в процессе коммуникации приведены в [10].

3 Математическая постановка и описание задачи принятия согласованных решений

Пусть иерархическая структура производства и потребления наукоёмкой продукции задана перечислением входящих в неё агентов, описанием их прав и интересов, в соответствии с которыми они принимают решения. Кроме того, пусть определена регламентация процедур доступа, обработки и передачи информации. Будем считать, что возможности и права агентов в системе не одинаковы (что позволяет говорить об их неоднородности [9]). Неоднородность проявляется в различной степени влияния агентов друг на друга.

Для целей анализа будем рассматривать базовую модель иерархической системы, состоящей из центра (агент верхнего уровня) и агентов нижнего уровня. Согласно [11] цели верхнего уровня условно разделим на следующие группы:

- определение и согласование целей выживания и развития системы в целом в условиях неопределённости и динамики рынка;
- формирование согласованного восприятия внешней и внутренней среды системы;
- формирование согласованного представления о ситуации целеустремленного состояния;
- разработка согласованного плана действий, учитывающего интересы всех подсистем;
- оптимизация по возможности обобщенных показателей эффективности функционирования системы, представляющих собой функции от параметров всех подсистем (агентов).

Решение последних двух задач может быть записано следующим образом:

$$(1) \quad (u, v) \in \Omega,$$

где u – управление центра, $v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ – вектор управлений подсистем, Ω – множество таких управлений, которые переводят систему в одно из состояний множества X (X – область желаемых состояний системы).

Условие (1) может быть выполнено лишь на основе некоторой совокупности предположение о поведении и информированности всех агентов системы. Примем следующие предположения.

- 1) центр может сформулировать желаемое состояние системы в виде некоторого набора обобщённых показателей, которые являются функциями параметров агентов. Конкретные зависимости центру в общем случае неизвестны, но для их определения он может использовать данные прошлых периодов функционирования системы, информацию о результатах, полученных конкурентами в данном сегменте рынка и результаты сетевой экспертизы. Такое предположительное знание будем называть представлениями центра о возможностях агентов и направлении развития системы.
- 2) на основе представлений о возможностях агентов и желаемых состояниях центр определяет свое управление (план действий и информационный запрос) $u \in U$ и сообщает его агентам.
- 3) при известном управлении u_i -й агент выбирает свое управление $v_i \in V(u_i)$, которое переводит его в состояние $y_i \in Y_i$, где Y_i – множество возможных состояний. Будем считать, что агенты взаимозависимы по выбору своих состояний. Это предполагает при выборе учёт глобальных ограничений Y^{2l} . Следовательно, при выполнении условия (1) система

может находиться в одном из следующих состояний $Y = Y^{2l} \cap \left(\prod_{i=1}^n Y_i \right)$. Здесь $\prod_{i=1}^n Y_i$ – это

множество, определяемое локальными ограничениями, например, по объёму выпуска, качеству, затратам и т.д.

- 4) пусть поведение агента соответствует гипотезе рационального поведения. Тогда выбор агента будет сделан так, чтобы максимизировать свой субъективно понимаемый критерий эффективности $G_i(u, v_i)$.
- 5) центр, в общем случае, приблизительно знает пространство управлений и критерии эффективности агентов, поэтому для создания представлений о желаемых состояниях агентов он должен организовать с ними обмен информацией. Для этого центр запрашивает у агентов оценки качества продукции и услуг u и желаемые состояния u_i , уточняет их интересы в окрестности полученного решения в обмен на стимулирование за получение встречной информации.
- 6) получив новую информацию, центр пересчитывает решение и задает новые вопросы агентам до тех пор, пока не будет получено точное или близкое к нему решение.
- 7) при наличии неопределённости факторов центр стремится в соответствии с принципом детерминизма снизить её уровень за счёт применения процедур, повышающих степень полезности своих представлений [12].

Описанная модель формирования плана развития производства предполагает, что агенты, как управляющие своими подсистемами, так и использующие её на уровне своих представлений, хорошо «знают» и «чувствуют» свои объекты управления и могут с достаточной степенью точности ответить на запросы центра.

Эти предположения позволяют определить множество допустимых управлений центра следующим образом:

$$(2) \quad U^0 = \left\{ u \in U \mid V(u) = \prod_{i=1}^n V_i(u) \neq \emptyset, (u, v) \in \Omega, \forall v \in R(u) = \prod_{i=1}^n R_i(u) \right\},$$

где $R_i(u) = \text{Arg} \max_{v_i \in V_i(u)} G_i(u, v_i)$.

Если у центра имеется критерий эффективности $F(u, v)$, то оптимальным гарантирующим управлением является такое $u^0 \in U^0$, что

$$(3) \quad F^0 = \sup_{u \in U^0} \inf_{v \in R(u)} F(u, v).$$

Общность интересов центра и агентов определяется условиями на суммарное вознаграждение

$$(4) \quad \sum_{i=1}^n G(u_i, v_i) + F^0 \leq C(\bar{Y}),$$

где \bar{Y} – доход от выполнения заказов, $C(\cdot)$ – фонд материального поощрения.

Таким образом, при согласовании модели развития производства товаров и услуг в системе с не противоположными интересами необходимо рассматривать интеграционный тип возможного компромисса, поскольку величина распределяемого ресурса согласно (4) является величиной переменной, зависящей от их суммарных усилий. Поэтому цель согласования состоит в достижении суммарного выигрыша, и он может быть получен путём сообщения достоверной информации и совместным решением проблем. В системах, где агенты связаны общими интересами и целью, справедлив принцип «запрета эгоизма», так как какой-либо агент может нанести ущерб системе, только если при этом он наносит ущерб себе.

Пусть объект управления i -го агента описывается уровнем затрат y_i^{6x} , уровнем выпуска y_i^{6blx} и набором режимных параметров z_i , с помощью которых агент может влиять на ход процесса в своей ПрО. Тогда множество возможных состояний i -го агента можно определить следующим образом

$$(5) \quad Y_i = \left\{ y_i \mid \underline{y}_i^{6x} \leq y_i^{6x} \leq \overline{y}_i^{6x}, y_i^{6blx} = w_i(y_i^{6x}, z_i) \in Y_i^{6blx}, z_i \in Z_i \right\}.$$

Задача (1-5) является задачей поиска максимина со связанными ограничениями.

Обозначим через $y_i^{6blx} = w_i^*(y_i^{6x}, z_i) \in Y_i^{6blx}$ представление агента о функционировании объекта управления, тогда

$$(6) \quad Y_i^* = \left\{ y_i \mid \underline{y}_i^{6x} \leq y_i^{6x} \leq \overline{y}_i^{6x}, y_i^{6blx} = w_i^*(y_i^{6x}, z_i) \in Y_i^{6blx}, z_i \in Z_i \right\}$$

можно рассматривать как субъективные представления агента о множестве возможных состояний. Очевидно, оно определяется его знанием, опытом.

В свою очередь центр может иметь собственное представление о возможностях агентов в виде

$$(7) \quad Y_i^U = \left\{ y_i \mid \underline{y}_i^{6x} \leq y_i^{6x} \leq \overline{y}_i^{6x}, y_i^{6blx} = w_i^U(y_i^{6x}, z_i) \in Y_i^{6blx}, z_i \in Z_i \right\}.$$

В случае эффективных производств можно с достаточной степенью точности предположить выполнение гипотезы о полной информированности центра о возможностях, желаемых состояниях агентов и их продуктивности с точностью до параметров. Это означает, что центр располагает всей необходимой информацией о моделях V_i , $i = \overline{1, n}$ агентов, но не знает выбор агентов. В этом случае, как показано в [13], центр, используя это знание, рассчитывает управление $u^0 \in U^0$, а агент делает только один ход, выбирая своё состояние y_i и управление v_i из множества допустимых состояний $B_i(u_i) = Y_i(u_i) \cap Y_i$, пытаясь при этом максимизировать значение своей целевой функции

$$(8) \quad G_i(u_i, v_i) \rightarrow \max, \quad v_i \in B_i(u_i)$$

Тогда результат выбора всех агентов определяется в этом случае как множество $R(D)$ всех ситуаций, где $D = Y^{2l} \cap \prod_{i=1}^n B_i(u_i)$ множество возможных состояний всей системы. Варируя управление $u = \{u_i, i = \overline{1, n}\}$, центр может проигрывать возможные сценарии поведения системы.

4 Алгоритм построения агентом множества согласованных состояний

Агент, обладая более детализированной информацией, может при создании центром более привлекательных условий u_k путём решения задачи (8) определять для себя такой вектор

$x_k^{(h)}$, который позволяет расширить множество $X_k^{(h)}$ представлений центра о его возможностях, h – шаг итерационного процесса.

Обозначим через $\omega_k = \{\omega_k^{(h)}, h = \overline{1, H}\} \in A_k$ – вектор параметров состояния, определяющий значения вектора действий $x_k^{(h)} = \{x_{kj}^{(h)}, j \in \overline{1, m_k}\} \in X_k^{(h)}$. Можно считать, что этот вектор описывает знание агента возможностей контролируемого им объекта управления. Здесь A_k – множество возможных значений вектора состояния. Будем считать, что агент обладает способностями, знаниями, которые гарантируют существование $\Psi_k: A_k \rightarrow X_k^{(h)}$.

Доступный агенту уровень знаний о конструктивных особенностях потребляемой продукции и услуг делают справедливым предположение о существовании для k -го агента предельного множества параметров состояния.

Обозначим через $O_k^* = \{o_k^*/o_k(x_k), x_k \in X_k^{(h)}(\omega_k^{(h)}), \omega_k^{(h)} \in A_k\}$ – множество достижимости или множество предельных возможностей.

Будем предполагать, что агент за счёт своих креативных способностей, в том числе способности к самообучению и поиску новой информации, при соответствующем стимулирующем воздействии центра способен определять такие состояния $\omega_k^{(1)} \in A_k$ и $\omega_k^{(2)} \in A_k$, что

возможно $\omega_k^{(2)} \succ \omega_k^{(1)}$, где символ \succ означает «более значимо» и при этом $X_k^{(1)}(\omega_k^{(1)}) \subseteq X_k^{(2)}(\omega_k^{(2)})$. Следовательно, существует такая последовательность $\omega_k^{(1)}, \omega_k^{(2)}, \omega_k^{(3)}, \dots$, что $\lim_{h \rightarrow \infty} o_k^{(h)}(x_k^{(h)}(\omega_k^{(h)})) = O_k^*$.

То есть агент путём изучения объекта управления способен определить его предельные возможности для достижения желаемого состояния. Последовательность $\omega_k^{(1)}, \omega_k^{(2)}, \omega_k^{(3)}, \dots$ будем называть последовательностью вскрытия резервов от потенциальных конструктивных решений за счёт их доработки и упрощения в обслуживании.

Такая способность агента формировать расширяющееся множество способов действия позволяет определить следующие свойства целевой функции агента и областей достижимости:

$$\forall \omega_k^{(1)}, \omega_k^{(2)} \in A_k, \omega_k^{(2)} \succ \omega_k^{(1)}, X_k^{(1)}(\omega_k^{(1)}) \subseteq X_k^{(2)}(\omega_k^{(2)}) \mapsto E\varphi_k(x_k^{(2)}) > E\varphi_k(x_k^{(1)}).$$

Это условие означает, что поведение агента при выполнении принципа рациональности соответствует закону повышающихся потребностей, который в литературе по психологии поведения определяет мотивацию и целеустремлённость агента.

В реальных условиях агент при превышении некоторого порога значимости $\Delta = E\varphi_k(x_k^{(2)}) - E\varphi_k(x_k^{(1)})$ изменения ценности ситуации целеустремлённого состояния по результату способен идентифицировать предпочтительные способы действия и видит открывающиеся возможности при изменении структуры своей информированности (знания).

Выработка решения при таком подходе заключается в реализации совокупности последовательных процедур, предназначенных для поиска промежуточных решений, на основании

которых агент уточняет свои возможности и формирует окончательное решение. Полный цикл его формирования k -м агентом состоит в выполнении следующих шагов на этапе h .

- 1) формирование множеств A_k и $X_k^{(h)}$ на основе знаний, опыта, интуиции и располагаемой информации о параметрах состояния $\omega_k^{(h)}$. Просмотр множества A_k и формирование точки $O_k^{(h)*} = \left\{ o_k^{(h)*} / o_k^{(h)*}(x_k^{(h)*}), x_k^{(h)*} \in X_k^{(h)}(\omega_k^{(h)}), \omega_k^{(h)} \in A_k \right\}$. Проверка, существует ли $x_k^{(h)*}$ такое, что $o_k^{(h)}(x_k^{(h)*}) = o_k^{(h)*}$. Если – да, то $x_k^{(h)*}$ – это компромиссное решение, а $o_k^{(h)*}$ – прогнозируемая ситуация, в противном случае переход к п. 2.
- 2) решение задачи поиска потенциально-предпочтительного набора действий $x_k^{(h)*} \in X_k^{(h)}(\omega_k^{(h)})$, позволяющего сформировать вектор $\bar{o}_k^{(h)}$ предельных значений критериев при использовании имеющегося на данный момент знания о правиле $\Psi_k^{(h)}$ и структуре множества A_k . Так как компоненты $\bar{o}_{ki}^{(h)}, i = \overline{1, N}$ порознь достижимы, а вместе – нет, то делается попытка найти компромиссное решение. Если агент не согласен попытаться найти компромиссное решение за счёт компенсаторных уступок по каждому критерию, которые несколько хуже решения $\bar{o}_k^{(h)}$, то переход к п. 3, иначе к п. 5.
- 3) исследование направлений возможного расширения множества A , организация процедур поиска новой информации (знания) о $\omega_k^{(h)} \in A_k$ и правиле $\Psi_k: A_k \rightarrow X_k^{(h)}$.
- 4) если расширение множества A_k возможно, то переход к п. 1, иначе фиксация ситуации, что компромиссное решение не может быть найдено при выбранном векторе $o_k^{(h)*}$.
- 5) получение от агента сведений, достаточных для определения вектора $\underline{o}_k^{(h)} < o_k^{(h)*}$, где $\underline{o}_k^{(h)}$ – минимальные требования агента к принимаемым им во внимание результатам.
- 6) выполнение процедуры поиска минимально-предпочтительной точки в пространстве критериев по направлению предпочтения $\underline{o}_k^{(h)}, o_k^{(h)*}$, определение вектора $\omega_k^{(h)*} \in A_k$ и $x_k^{(h)*} \in X_k^{(h)}(\omega_k^{(h)*})$ – минимального значения плановых показателей, соответствующих значениям компонент вектора $\underline{o}_k^{(h)}$.
- 7) если полученные значения для $x_k^{(h)*}, \underline{o}_k^{(h)*}$ принимаются как компромиссное решение, то процедура останавливается, в противном случае переход к п. 8.
- 8) для ограничений на $\underline{o}_k^{(h)}$ определяется приоритетная координата $i \in \overline{1, N_k}$, по которой делается расширение множеств A_k и $X_k^{(h)}$, так чтобы $o_{ki}^{(h)}(x_k^{(h)}) = o_{ki}^{(h)} + \Delta_{ki}^{(h)}$,

где $\Delta_k^{(h)}$ - минимально возможное улучшение, которое является значимым для агента и

определяется по его высказываниям о «гибкости» ограничения на основе выполнения процедур поиска дополнительной информации. Переход к п. 1.

Описанный алгоритм использует три типа механизмов, применение которых порождает интерактивный процесс для построения компромиссного решения.

С помощью *механизма анализа* агент в момент r обрабатывает сведения, полученные на шаге $r - 1$ для построения множеств P_k и X_k с целью определения x_k, y^{o*}, c^*, z^* . Здесь сопоставляются результаты, полученные на момент r с результатами на шаге $r - 1$, формируется представление о значениях вектора o^{o*} и значений уступок по его компонентам. Строится предварительное представление о желательных значениях показателей $E\varphi_k(o(y^{o*}))$ и $EE_k(o(y^{o*}))$.

С помощью *механизма целеполагания* по результатам анализа определяются условия возможности достижения желательных значений $x_k, y^{o*}, c^*, z^*, E\varphi_k(o(y^{o*})), EE_k(o(y^{o*}))$. Рассчитывается идеальная точка в пространстве оценок o , связанная с множествами P_k и X_k - это точка \bar{o}^* , имеющая координаты $\bar{o}_i^* = \max_{p \in P_k, x \in X_k} o_i(x(p)), i = \overline{1, L}$. То есть \bar{o}^*

$$p \in P_k, x \in X_k$$

- наибольшее значение оценки по координате i , которое может быть получено с помощью намеченных действий. Эта точка образует центр области поиска предпочтительных состояний. Если при найденном значении координат точки \bar{o}^* ограничения не выполняются, то агент рассматривает возможность расширения множеств P_k, X_k и C_k за счёт включения дополнительных переменных, осуществления структурных изменений и т.п. для ослабления наиболее жёстких ограничений так, чтобы выполнялось включение $P_k(r) \subseteq P_k(r+1)$ и $X_k(r) \subseteq X_k(r+1)$. Если это невозможно, то формируются сведения о координатах $\underline{o}_i < \bar{o}_i^*$

точки $\underline{o}_i \neq \bar{o}_i^*$, которая была бы достижимой и лучшим компромиссом в окрестности точки \bar{o}^* . Путём минимизации потерь $\sum_{i=1}^L |o_i - \bar{o}_i^{o*}|$ определяются величины $p_i = o_i - \bar{o}_i^{o*} \neq 0$ примерно эквивалентные, небольшие и значащие для агента.

Благодаря *механизму самоорганизации* формируются знания о правилах Δ и Ψ для расширения множеств P_k, X_k и C_k . Механизм может иметь различные формы:

- проведение экспериментальных исследований на объекте с целью улучшения своего представления о его функционировании;
- анализ обстановки V_{-k} ;
- привлечение экспертов для подготовки рекомендаций по улучшению режимов ведения процесса;
- процедуры опроса персонала;
- процедуры голосования и т.п.

Заключение

В статье представлен результат построения механизма управления инновационной деятельностью, основанный на управляемом информационном взаимодействии участников. Такой подход рассматривается как альтернатива рыночным механизмам, так как он является средством построения:

- согласованных представлений о ситуации целеустремленного состояния участниками взаимодействия (понимаемой в смысле [13]);
- согласованной системы целей и способов их достижения участниками, связанными общими не противоположными интересами, в общем случае не совпадающими.

Рассмотрены принципы построения системы управления развитием организационно-технологической системы, активно использующей инновации. На их основе предложен механизм самоорганизации сетевых экспертных систем, использующий сетевые технологии для вовлечения поставщиков, производителей и потребителей товаров и услуг в инновационный процесс.

Реализацию такого механизма предложено осуществлять на основе синтеза технологий краудсорсинга, сетевой экспертизы, современных сетевых и телекоммуникационных технологий, методологии теории активных систем. Это позволяет реализовывать не только рефлексию нулевого уровня, но и рефлексии более высоких уровней, а также сделать процесс и результат рефлексии управляемым, например, путём построения *открытых развивающихся онтологий ПрО*. Такой подход означает также активное использование различных средств информационного управления для создания соответствующих информационных структур у участников информационного взаимодействия.

Предложен алгоритм построения агентом множества согласованных состояний, использующий механизмы анализа, целеполагания и самоорганизации.

Благодарности

Данная работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта 14-01-00328\14.

Список источников

- [1] *Gubanov, D.* E-Expertise: Modern Collective Intelligence / D. Gubanov, N. Korgin, D. Novikov, A. Raikov // Springer Series: Studies in Computational Intelligence. – 2014. - Vol. 558, XVIII. - 112 p.
- [2] *Виттих, В.А.* Социогуманитарные и коммуникационные проблемы интересубъективного управления инновационными процессами / В.А. Виттих, Т.В. Моисеева, С.В. Смирнов // Проблемы социогуманитарного обеспечения инновационных процессов на евразийском пространстве. Под ред. В.Е. Лепского. – М.: Когито-Центр, 2014. – С. 214-224.
- [3] *Городецкий, В.И.* Теория, модели, инфраструктуры и языки спецификации командного поведения автономных агентов. Обзор (Часть 1) / В.И. Городецкий // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011. - №2. – С. 19-30.
- [4] *Скобелев, П.О.* Ситуационное управление и мультиагентные технологии: коллективный поиск согласованных решений в диалоге / П.О. Скобелев // Онтология проектирования. – 2013.- №2(8). – С. 26-48.
- [5] *Кузнецов, В.Н.* Эвристическая стратегия диагностики слабо формализуемых технологических систем / В.Н. Кузнецов // Элементы и системы оптимальной идентификации и управления технологическими процессами. – Тула: ТГТУ, 1993. – с. 29-35.
- [6] *Бурков, В.Н.* Механизмы функционирования организационных систем / В.Н. Бурков, В.В. Кондратьев. – М.: Наука, 1981. - 384 с.
- [7] *Новиков, Д.А.* Рефлексия и управление: математические модели / Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили. - М.: Физматлит, 2013. – 412 с.

- [8] **Райков, А.Н.** Конвергентное управление и поддержка решений / А.Н. Райков.// М.: Издательство ИКАР, 2009. – 245 с.
- [9] **Виноградов, Г.П.** Моделирование поведения агента с учётом субъективных представлений о ситуации выбора / Г.П. Виноградов, В.Н. Кузнецов // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2011 - №3. - С. 58-72.
- [10] **Виноградов, Г.П.** Формирование представлений агента о предметной области в ситуации выбора / Г.П. Виноградов, Г.П. Шматов, Д.А. Борзов // Программные продукты и системы. - 2015. - №2 (110). – С. 83–94.
- [11] **Лепский, В.Е.** Эволюция представлений об управлении в контексте научной рациональности / В.Е. Лепский // Философия управления: методологические проблемы и проекты. Отв. ред: В.И. Аршинов, В.М. Розин. – М.: ИФРА, 2013. – с. 68-99.
- [12] **Новиков, Д.А.** Математические модели формирования и функционирования команд / Д.А. Новиков – М.: Физматлит, 2008. - 184 с.
- [13] **Виноградов, Г.П.** Методы и алгоритмы принятия решений в автоматизированных системах управления производствами с непрерывной технологией на основе субъективных представлений / Г.П. Виноградов. - Тверь: ТГТУ, 2013. - 256 с.

SELF-ORGANIZING NETWORK EXPERT SYSTEMS ENVIRONMENT IN PRINCIPLE ENDOGENOUS TARGET DESIGNATION

G.P. Vinogradov¹, N.G. Vinogradova²

Tver State Technical University, Tver, Russia

¹wgp272ng@mail.ru, ²n-nataly08@mail.ru

Abstract

The article discusses the problem of constructing a model of the functioning of the socio-economic system, using the mechanisms of information exchange participants. The central point of this interaction is the formation of coherent ideas about the purpose, limitations, needs, possibilities and directions of development. The model allows not only to identify customers and consumers of goods and services to the volume and quality of performance requirements, but also to form their perceptions of their own needs. This suggests that the mechanisms of formation of coherent ideas and ways of acting members of the system are more effective than, for example, market or command hierarchy. It is shown that the most promising form of information exchange in solving search problems, the production of new knowledge and determine the direction of its self-developing expert network environment. An elementary part of any environment is an expert professional, owning modern telecommunication technologies. Integration into the network structure of the natural intelligence forms is a subject of a collective strategy, which is a means of synergy of knowledge and actions in the process of building a self-organizing development. The article considers the problem of creation of media expert networks for the development of innovative industries that produce high-tech, high technology products and services.

Keywords: expert community, self-organization, networking, coordination of ideas, innovative development.

Citation: Vinogradov GP, Vinogradova NG. Self-organizing network expert systems environment in principle endogenous target designation. *Ontology of Designing* 2016; 6(1): 39-54. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-1-39-54.

References

- [1] **Gubanov D, Korgin N, Novikov D., Raikov A.** E-Expertise: Modern Collective Intelligence. Springer Series Studies in Computational Intelligence 2014 - Vol. 558, XVIII. - 112 p.
- [2] **Vitikh VA, Moiseeva TV, Smirnov SV.** Socio-humanitarian and communication problems intersubjective management of innovation processes. Problems of social and humanitarian support for innovative processes in the Eurasian space. Edited by V.E. Lepsky. Moscow: Cogito-Centr Publisher; 2014: 214-224. (In Russian).
- [3] **Gorodeckij VI.** Teoriya, modeli, infrastruktury i yazyki specifikacii komandnogo povedeniya avtonomnyh agentov. Obzor (chast 1) [The theory, model, infrastructure and specification languages command behavior of autonomous

- agents. Review (Part 1)]. *Iskusstvennyj intellekt i prinyatie reshenij* [Artificial intelligence and decision making] 2011; N 2: 19-30. (In Russian).
- [4] **Skobelev PO.** Situation-driven decision making and multi-agent technology: finding solutions in dialogue. *Ontology of Designing* 2013; 2(8): 26-48. (In Russian).
- [5] **Kuznecov VN.** Evristicheskaya strategiya diagnostiki slabo formalizuemyykh tekhnologicheskikh system. Ehlementy i sistemy optimalnoj identifikacii i upravleniya tekhnologicheskimi processami. [Heuristic strategy for diagnostics of hardly formalizable technological systems. Elements and systems of optimal identification and process control] Tula: TGTU Publisher, 1993: 29-35. (In Russian).
- [6] **Burkov VN, Kondrat'ev VV.** Mekhanizmy funkcionirovaniya organizacionnykh system. [Mechanisms of functioning of organizational systems] Moscow: Nauka Publisher, 1981. - 384 p. (In Russian).
- [7] **Novikov DA, Chkhartishvili AG.** Refleksiya i upravlenie: matematicheskie modeli. [Reflection and management: mathematical models] Moscow: Fizmatlit Publisher, 2013. – 412 p. (In Russian).
- [8] **Rajkov AN.** Konvergentnoe upravlenie i podderzhka reshenij [Convergent management and decision making support] Moscow: IKAR Publisher, 2009. – 245 p. (In Russian).
- [9] **Vinogradov GP, Kuznecov VN.** Modelirovanie povedeniya agenta s uchetom sub"ektivnykh predstavlenij o situacii vybora. [Modeling the behavior of an agent based on subjective perceptions of a situation of choice] *Iskusstvennyj intellekt i prinyatie reshenij* [Artificial intelligence and decision making] 2011; 3: 58-72. (In Russian).
- [10] **Vinogradov GP, Shmatov GP, Borzov DA.** Formirovanie predstavlenij agenta o predmetnoj oblasti v situacii vybora. [The formation of preception of the the agent of the domain in a situation of choice] *Programmnye produkty i sistemy* [Software and System] 2015; 2(110): 83–94. (In Russian).
- [11] **Lepskij VE.** Evolyuciya predstavlenij ob upravlenii v kontekste nauchnoj racionalnost. *Filosofiya upravleniya: metodologicheskie problemy i proekty.* [The evolution of ideas about how to manage in the context of scientific rationality] Eds.: Arshinov VI, Rozin VM. – Moscow: IFRA Publisher, 2013: 68-99. (In Russian).
- [12] **Novikov DA.** Matematicheskie modeli formirovaniya i funkcionirovaniya komand. [Mathematical models of the formation and functioning of commands] Moscow: Fizmatlit Publisher, 2008. – 184 p. (In Russian).
- [13] **Vinogradov GP.** Metody i algoritmy prinyatiya reshenij v avtomatizirovannykh sistemakh upravleniya proizvodstvami s nepreryvnoy tekhnologiej na osnove sub"ektivnykh predstavlenij [Methods and algorithms for decision-making in the automated control system with continuous technology based on subjective perceptions] Tver: TGTU Publisher, 2013. – 256 p. (In Russian).

Сведения об авторах



Виноградов Геннадий Павлович, 1948 г. рождения. Окончил в 1971 г. факультет химического машиностроения Калининского политехнического института, д.т.н. (2013). Профессор кафедры информатики и прикладной математики Тверского государственного технического университета, член Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 200 работ в области теории принятия решений, много-агентных систем.

Vinogradov Gennadiy Pavlovich, 1948 b. He graduated in 1971 the Faculty of Chemical Engineering of the Kalinin Polytechnic Institute, Ph.D. (2013). Professor, Department of Computer Science and Applied Mathematics, Tver State Technical University; member of the Russian Association for Artificial Intelligence. The list of scientific works of more than 200 works in the field of decision theory, multi-agent systems.



Виноградова Наталья Геннадьевна, 1979 г. рождения. Окончила Тверской государственный технический университет. Аспирант Тверского государственного технического университета. В списке научных трудов три публикации в области создания самоорганизующихся инновационных сред.

Vinogradova Natalia G., 1979 b. He graduated in the city of Tver State Technical University. Postgraduate Tver State Technical University. The list of scientific works of three publications in the field of self-organizing innovative environments.