

В.В. Голенков, В.В. Емельянов, В.Б. Тарасов

ВИРТУАЛЬНЫЕ КАФЕДРЫ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Одной из характерных черт зарождающегося *всемирного информационного общества* является формирование *новой парадигмы образования* как «инструмента социального благополучия». С одной стороны, быстрые и перманентные технологические изменения порождают массовые *потребности в непрерывном образовании* на протяжении всей жизни. С другой стороны, в контексте прав человека речь идет об обеспечении *права любого члена общества* независимо от его возраста, социального статуса и местонахождения на получение в любой период времени образовательных услуг в любой интересующей его области.

В передовых странах образование (в особенности, инженерное) все больше становится капиталом, инструментом борьбы за рынок, решения геополитических задач. Состояние образования определяет интеллектуальный потенциал общества и на данный момент, и на длительную перспективу, создает предпосылки устойчивого социально-экономического прогресса. Все это приводит к необходимости проведения передовыми странами новой образовательной политики, опирающейся на «инженерный подход» к разработке системы образования. При этом активно используются различные стратегии и средства моделирования, реструктуризации, усовершенствования, реинжиниринга организаций [1-5].

Главными современными тенденциями развития высшего образования, определяющими новые стратегии деятельности его учреждений, становятся *глобализация, клиентоцентризм, информатизация и интеллектуализация* [6-9]. Поэтому ранее неоспоримое достоинство процветающих институтов высшего образования – постоянная, устойчивая структура, мало зависящая от внешнего мира, – теперь часто оборачивается недостатком. Жесткая, детерминированная, инерционная организация не позволяет своевременно отслеживать конъюнктуру рынка и удовлетворять все возрастающие требования заказчиков образовательных услуг. Это происходит потому, что в больших, закрытых и сильно централизованных системах значительные средства затрачиваются на «внутренние нужды» (обработку информации для принятия решений) и мало ресурсов остается на развитие, совершенствование самих процессов и технологий, а также на связанную с этим поисковую и адаптационную деятельность.

В условиях рыночной экономики реинжиниринг высшего образования означает его перепроектирование как открытой, гибкой, неоднородной, децентрализованной, системы, способной успешно функционировать и эволюционировать в сложной и плохо определенной среде. В отличие от закрытых систем, мало взаимодействующих с внешней средой, открытые системы характеризуются периодическим и интенсивным обменом с внешней средой. Здесь границы между системой и средой становятся достаточно условными и нечеткими. У открытой системы имеются хорошие возможности и средства адаптации к изменениям среды, в том числе путем модификации своей структуры и параметров. Иными словами, она способна к развитию путем самообновления – ликвидации старых и создания новых структур внутри самой себя.

С одной стороны, на макроуровне открытость системы высшего образования означает усиление ее взаимосвязей с внешней социально-экономической и культурно-политической средой на региональном, государственном и международном уровнях. Развиваются общие тенденции регионализации и интернационализации современного образования [6,7]. *Регионализация* образования подразумевает рост активности локальных образовательных организаций, поскольку переход к рынку означает сдвиг от моноцентрических к полицентрическим структурам управления и развитие координационных связей. В то же время, *интернационализация* или глобализация образования, обусловленная в первую очередь развитием сети Интернет-образования [7], предполагает создание распределенных международных кафедр и университетов, «выращивание» синергетических *мультиверситетов* – сетевых сетей из открытых учебно-научно-производственных структур, расположенных в различных странах и даже на различных континентах земного шара.

С другой стороны, на микроуровне *открытость* образовательных систем означает свободу зачисления в число обучаемых и выбора учебных курсов, составление индивидуального учебного плана, а также свободу места, времени, форм и темпов обучения [8]. В целом, *открытое образование* должно строиться на основе симбиоза сетевых и интеллектуальных информационных технологий, позволяющих объединять образовательные ресурсы крупнейших технических и классических университетов, ведущих научных организаций и передовых промышленных предприятий с целью формирования гибких, легко переструктурируемых учебных модулей, которые обеспечат интенсификацию, индивидуализацию и непрерывность обучения.

Одной из наиболее перспективных стратегий широкого практического внедрения концепции открытого образования является создание виртуальных кафедр и университетов [7-12], т.е. гибких, открытых, распределенных образовательных структур с богатыми горизонтальными связями.

1. Виртуальная кафедра

По нашему мнению, в основе реинжиниринга высшего образования должно лежать формирование гибких сетевых единиц – виртуальных кафедр. В условиях смешанного децентрализованно-централизованного управления университет (вуз) должен передавать часть своих прав и полномочий кафедрам [10]. Именно кафедра является той базовой университетской единицей, которая наиболее заинтересована в прямых связях с заказчиками и приспособлении к конъюнктуре рынка. Именно кафедра наиболее активна в плане получения и выполнения инновационных заказов как в сфере подготовки специалистов, так и области НИОКР. Именно кафедра может наиболее эффективно и целенаправленно изыскивать источники получения внебюджетных средств и обеспечить их рациональное расходование, учитывая как интересы сотрудников, так и потребности развития материальной базы и научно-педагогического потенциала. Поэтому создание достаточно автономных сетевых (или виртуальных) кафедр видится как важнейшее направление организационных инноваций в процессе интенсивной информатизации образования.

Виртуальная кафедра представляет собой сложное переплетение реальных и виртуальных структур, приводящее к резонансным, синергетическим эффектам в области обучения, воспитания и подготовки специалистов. С одной стороны, такая кафедра не существует в реальном физическом пространстве, а создается путем информационной интеграции требуемых педагогических, учебно-методических, программно-технических и других ресурсов, отбираемых с различных кафедр, факультетов и вузов. Электронным путем формируется искусственная организация, которая функционирует в виртуальном пространстве. С другой стороны, «полностью

виртуальная», т.е. не имеющая базовых структур в реальном пространстве кафедры, конечно, не может существовать. В этом плане, виртуальная кафедра может рассматриваться как своего рода *метакафедра*, объединяющая цели, традиции, ресурсы и опыт нескольких кафедр (и даже вузов) в интересах подготовки специалистов высокого уровня, а, в конечном счете, чтобы обеспечить выживание и конкурентоспособность партнеров на рынке образовательных услуг [9,10].

В частности, формирование виртуальной кафедры с использованием ресурсов кафедр разного масштаба и типа позволит скомпенсировать их недостатки и усилить достоинства. Например, можно объединить средства и возможности больших, давно образованных монодисциплинарных кафедр, имеющих богатые педагогические ресурсы и традиции, но обладающих сильной инерционностью и плохо приспособляющихся к требованиям рынка, и небольших новых кафедр, порой испытывающих недостаток в ресурсах, но способных быстро реагировать на изменения и оперативно получать заказы в сфере образовательных услуг. Следовательно, виртуальная кафедра – одна из перспективных клиентоцентрических стратегий в сфере инженерного образования, где моделирование взаимоотношений с партнерами играет главную роль, позволяя существенно улучшить организационную гибкость, адаптивность и реактивность.

В целом, понятие виртуальной кафедры можно охарактеризовать следующими признаками [9,10].

- Подбор кафедр (организаций), имеющих общие (совместимые) цели, потребность в опыте и ресурсах друг друга, что определяет необходимые условия формирования виртуальной кафедры и правила вхождения в нее;
- Электронная интеграция лучших педагогических, учебно-методических и организационно-технических ресурсов на основе новейших сетевых технологий;
- Реализация процессов кооперации и координации пространственно удаленных партнеров;
- Совместное производство и использование географически распределенных педагогического опыта (знаний) и образовательных технологий, а также их быстрое приумножение;
- Возможность быстрого формирования, развертывания, реструктурирования и расформирования в интересах оперативной адаптации к состоянию рынка образовательных услуг;
- Реализация междисциплинарной стратегии обучения;
- Формирование автономных виртуальных учебных групп с гибким распределением и перераспределением функций и ролей партнеров, взаимодействующих на расстоянии.

Основными этапами работы в процессе «виртуализации» кафедры являются [11]:

- пересмотр всех видов деятельности кафедры с их последующей реорганизацией (реинжинирингом);
- определение основных объектов реинжиниринга (инноваций) и выделение основных информационных потоков кафедры;
- выбор инструментальных средств для создания поддерживающей информационной системы;
- собственно реализация всех компонентов (интеллектуальной) информационной системы;
- внедрение и опытная эксплуатация;
- доработка и модификация системы.

В разработке информационно-технической инфраструктуры виртуальной кафедры первостепенную роль должны играть стандарты в области образовательных

технологий, сетевых коммуникаций, взаимодействия программных средств, управления знаниями, моделирования разрабатываемых объектов, и пр. Типичная инфраструктура виртуальной кафедры объединяет следующие технологии и средства:

1. Сетевые Интернет-технологии;
2. Интеллектуальные технологии, в том числе:
 - а) распределенные базы учебно-педагогических данных и знаний, включая базы мультимедиа-данных;
 - б) технологии управления знаниями [5,13] и, в частности, средства интеллектуализации информационного поиска в сети Интернет, средства интеллектуального имитационного моделирования и пр.;
 - в) интеллектуальные обучающие системы и виртуальные учебные среды;
 - г) технологии интеллектуальных агентов и многоагентные системы.

Симбиоз этих технологий, позволяющих создавать эффективное *кафедральное информационное пространство*, дает возможность рассматривать кафедру как территориально распределенную организацию, деятельность которой направлена на подготовку специалистов по некоторой специальности. Принципиальным здесь является наличие у каждого студента и каждого преподавателя возможностей эффективного взаимодействия с кафедральной компьютерной системой. С позиции изменения компонентов процесса обучения можно дать следующее «рабочее» определение виртуальной кафедры: *Виртуальная кафедра = сетевая организация + множество интеллектуальных обучающих технологий + инфраструктура, обеспечивающая переход от обучения по отдельным дисциплинам к обучению по специальности.*

Ниже подробнее остановимся на интеллектуальных технологиях образовательного назначения [14-22], уделив особое внимание современному агентно-ориентированному подходу [12, 23-25].

Под агентом понимается открытая система, помещенная в некоторую среду, причем эта система обладает собственным поведением, удовлетворяющим некоторым экстремальным принципам. Метафора искусственного агента как *персонального помощника* пользователя отводит ему роль *интеллектуального посредника* между пользователем и средой, в которой тот работает. Тогда программные агенты понимаются как полуавтономные программные модули, способные сотрудничать с пользователем и приспосабливаться к нему, а главное действовать ради достижения целей, поставленных пользователем. Здесь полуавтономность означает наличие зависимости программного агента от пользователя, в частности, возможность пользователя изменять уровень автономности своего агента.

Настоящий бум в области программных агентов начался с развитием Интернета. Информационные агенты, такие как PointCast, доставляют пользователям новости и сообщают об изменениях на избранных сайтах. Агенты покупок (shopping agents), подобные Bargain Finder, сравнивают за них цены в электронных магазинах. Роботы-пауки бродят по ссылкам и индексируют информацию для поисковых серверов, и т. д.

Широкие перспективы дальнейших приложений персонифицированных агентов связаны с направленным поиском информации в сети Интернет с учетом ее семантических и прагматических характеристик, а также поддержкой принятия многокритериальных, трудноформализуемых решений. В информатике все большее распространение получает термин *agentware*, который характеризует новые архитектурные принципы организации обработки информации на основе агентов.

2. Интеллектуальные технологии в образовании

Можно выделить два магистральных направления применения интеллектуальных технологий в сфере высшего образования, а именно, *интеллектуализация*

преподавания и интеллектуализация учения. Для пояснения рассмотрим граничные случаи базового взаимодействия «преподаватель – компьютерная система – студент». Проблематика *интеллектуальных обучающих систем (ИОС)* [14-19] ставит на первый план воздействие преподавателей, опосредованное компьютерной системой, на студентов. Здесь главное место занимают процессы коммуникации, передачи знаний преподавателей, представленных в компьютере, студентам. При этом взаимодействие «преподаватель–компьютерная система» связано с динамическим перераспределением обучающих функций между преподавателем и ЭВМ. Компьютерная программа принимает на себя часть функций преподавателя по предъявлению учебного материала, контролю его усвоения, обнаружению ошибок у студентов, и пр. В данном случае присутствуют как явно выраженная цель обучения, так и реализация некоторого метода обучения, ведущего к достижению требуемой цели и характеризующего стиль общения электронного преподавателя со студентом.

При использовании технологии обработки знаний в обучении необходимо обеспечить высокую эффективность переноса разнородных знаний, что предполагает представление в ЭВМ как предметных знаний преподавателя, так и методических правил, как педагогических суждений, так и способов управления знаниями. Компьютерные системы, работающие по принципу *инженерии предметных, педагогических и методических знаний преподавателей*, когда программно поддерживаются *содержание, стратегии и методики обучения*, называются *интеллектуальными обучающими системами*, в частности, *экспертно-обучающими системами (ЭОС)* [17].

Когда же рассматривается главным образом задача учения с применением интеллектуальных технологий на базе ЭВМ, главную роль играет взаимодействие «студент – компьютерная система», а соответствующие программные комплексы называются *интеллектуальными учебными средами (ИУС)* [20,21]. Интеллектуальные учебные среды могут быть построены с использованием средств гипермедиа и мультимедиа, а также на основе технологий создания виртуальной реальности. В данном случае цели обучаемого могут быть сформулированы довольно нечетко, а интеллектуальная среда обеспечивает наиболее благоприятные условия для достижения этих целей. Это происходит благодаря конструированию наглядных и конкретных представлений фрагментов рассматриваемой проблемной области – *микромиров* и *минимиров*. Естественным развитием такого подхода являются многомодальные компьютерно-ориентированные аналоги реальных ситуаций профессиональной деятельности – *виртуальные учебные среды*.

Характерными чертами учебных сред являются: а) обеспечение дружественного интерфейса с учащимися; б) предоставление студентам учебного материала и других ресурсов по их запросам; в) отсутствие контроля действий студентов со стороны компьютерной системы.

Системы гипермедиа также ориентированы на учение. При этом вся информация о предметной области представляется в виде сложной иерархической сети, отражающей структуру предмета. Узлы этой сети представляют различные элементы знаний – понятия, факты, особенности предмета, а дуги отражают взаимосвязи фрагментов знаний. В узлах могут находиться тексты, рисунки, графики и т.п.; вся эта информация может представляться в динамике с помощью звука, анимации или видеофрагментов. Свободно передвигаясь по сети, студент самостоятельно изучает предметную область, постепенно осваивая ее структуру. Частный случай гипермедиа – это гипертексты и гиперкниги. На наш взгляд, большие перспективы в разработке учебных средств типа гипермедиа сулит использование графодинамических методов, обеспечивающих параллельную обработку информации и ассоциативный доступ к структурам данных. Здесь может использоваться базовый графовый язык SC (Semantic Code) [26].

Концепция мультимедиа (мультимира, мультисреды) связана с эффективным одновременным использованием различных форм, моделей и средств представления информации (текстовых, компьютерной графики, видео, звуковых, тактильных и пр.) в обучении.

3. Интеллектуальные обучающие системы

Впервые общее представление об интеллектуальных обучающих системах было сформулировано еще в 1970 году Дж. Карбонеллом [14], но реальные исследовательские и коммерческие ИОС появились уже в 80-е годы XX-го века. Если в обычной автоматизированной обучающей системе программа просто указывает студенту, правилен или неправилен его ответ, то ИОС нацелена на диагностику, отладку и коррекцию поведения обучаемого. Такая система не только диагностирует и указывает студенту его ошибки, но и анализирует их причины, строит гипотезы, правила и планы исправления ошибок, дает советы, исходя из предварительно определенных стратегий обучения и имеющейся модели обучаемого.

На ранних стадиях развития ИОС подходы, разработанные в рамках ИИ, использовались лишь для представления знаний из предметной области. С середины 80-х годов в состав ИОС стала в явном виде включаться информация об обучаемом (в частности, модель идеального обучаемого) и стратегиях обучения. Наконец, в 90-е годы при построении ИОС начали применять агентно-ориентированную технологию.

Будем понимать под интеллектуальной обучающей системой комплекс программно-аппаратных средств инженерии знаний, в котором представленные в ЭВМ знания (которые могут иметь как символическую, так и образную природу), используются для направленного формирования функциональной структуры деятельности у студентов, построения системы индивидуального опыта, адекватной требованиям профессии. Специфическими компонентами ИОС, отображающими ситуацию обучения, выступают: а) *модель обучаемого* и б) *модель процесса обучения* (набор стратегий обучения). Кроме того, следует выделить в) *модельный интерфейс* между экспертной подсистемой и прочими блоками ИОС.

В блоке «модель обучаемого» должна иметься информация об индивидуальных особенностях студента, предпочитаемых им стратегиях обучения, типичных ошибках. В нем необходимо организовать представление текущего уровня обученности, диагностику текущих знаний студента. При этом следует указать информацию о том, чего он не понимает, а также сведения о предпочтительной стратегии обучения (обучение на примерах, обучение по аналогии и т.п.).

Блок «модель процесса обучения» обеспечивает формирование информационной модели, предъявление информации и оценку качества деятельности студента. Здесь присутствуют знания о планировании и организации процесса обучения, об общих и частных методиках обучения. Этот блок обеспечивает реализацию различных интерактивных режимов обучения: а) тренировка обучаемого, например, в процессе развивающей игры, когда за счет изменения условий игры у студента формируются требуемые навыки и умения; б) постановка тестовых задач, по результатам решения которых можно судить об уровне подготовки и ошибках обучаемого; в) вопросно-ответные процедуры, в ходе которых обучаемого побуждают к формированию цепочек рассуждений, причем могут использоваться такие модели, которые позволяют обучаемому самому открывать некоторые правила или оценивать факты.

В интересах построения интеллектуальных систем образовательного назначения по принципам ИОС можно выделить пять наиболее существенных типов знаний [16,17]:

- *предметные знания*, относящиеся к конкретному курсу (области обучения), например, проблемам искусственного интеллекта или информационному обеспечению предприятий
- *стратегические и методические знания*, относящиеся к организации, планированию и управлению процессом подготовки студентов, например, общие цели, стратегии и сценарии обучения, правила комбинирования различных дисциплин и форм занятий, способы составления учебных планов, и пр.
- *педагогические знания*, относящиеся к управлению деятельностью студентов, например, знания о студенческой группе и особенностях отдельных студентов, знания о способах профессионально-педагогических воздействий на студентов, знания о типичных ошибках обучаемых и гипотезы об их причинах, и т.п.
- *эргономические знания* об эффективной организации интерфейса преподавателей и студентов с компьютерными системами
- *метазнания* о способах компьютерной интеграции знаний

Приведем ряд общих принципов построения интеллектуальных средств обучения [22].

1. Принцип прагматической диагностики.

Назначение диагностического компонента ИОС состоит в поддержке выполнения учебного плана. Иными словами, согласно этому принципу устанавливается иерархия подчиненности ЭС диагностики ошибок обучаемого по отношению к ЭС планирования и управления обучением.

2. Принцип сопоставления текущей модели обучаемого с моделью идеального обучаемого

Задача диагностического компонента ИОС состоит в проверке, насколько задания, определяемые предварительным учебным планом (моделью идеального обучаемого) соответствуют текущей модели обучаемого.

3. Принцип «порождающих интерфейсов» (индивидуальной оперативной адаптации формы предъявления учебного материала к отдельному студенту).

Согласно этому принципу, преподаватель должен быть в состоянии сформировать различные представления компонентов учебного материала в зависимости от текущего состояния знаний и потребностей студента в данный момент времени.

4. Принцип неэквививальности обучения

Конечный уровень подготовки (результатирующее состояние опыта) обучаемого никогда не соответствует точке в абстрактном пространстве состояний (т.е. всегда оказывается подмножеством некоторого множества целевых состояний). Соответствующие этому подмножеству состояний знания обучаемого могут быть представлены различными способами.

5. Принцип необходимого разнообразия обучающих воздействий

Для обеспечения адаптивности обучения преподаватель должен уметь выбирать наиболее эффективные варианты воздействий из всего набора обучающих воздействий (например, сочетать *манипулятивные* и *развивающие стратегии* воздействия на студентов).

3. Многоагентные системы учебного назначения

Рассмотрим проблему построения ИОС нового поколения как одного из инструментальных средств реализации стратегии открытого образования в условиях виртуальных кафедр. Далее будем строить модели виртуальной кафедры и архитектуру ИОС на основе теории агентов и многоагентных систем (см., например, [12,27]). Так общая структура МАС учебного назначения (рис.1) включает следующих агентов: а) агент интерфейса преподавателя; б) агент интерфейса обучаемого; в) агент доступа к

знаниям о процессе обучения; г) агент онтологий; д) агент-координатор взаимодействий.

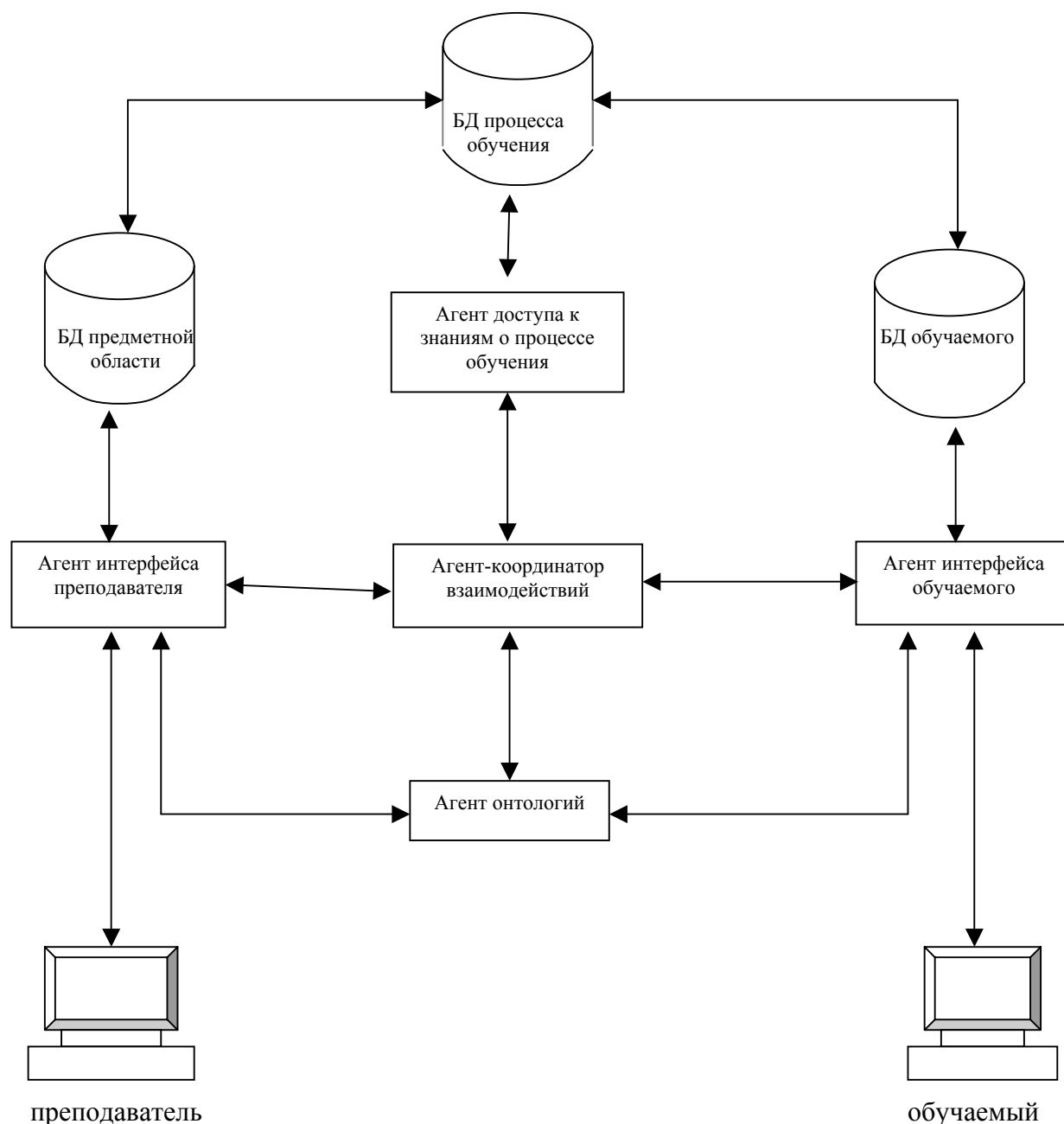


Рис.1. Структура МАС учебного назначения.

Агент интерфейса преподавателя осуществляет взаимодействие преподавателя с базой данных предметной области. С его помощью преподаватель оперативно пополняет базу данных, определяет различные уровни обученности, разрабатывает средства для проверки знаний обучающихся. *Агент интерфейса обучаемого* осуществляет взаимодействие с базой данных обучаемого, которая содержит сведения о каждом из студентов с указанием текущего уровня его подготовки, предпочтительной стратегии обучения, типичных ошибок. *Агент онтологий* (см. также [12, 13]) обеспечивает доступ к информации из базы данных предметной области, которая может извлекаться обучаемым и обновляться преподавателем, а также

осуществляет вывод на онтологии и предоставляет возможность корректировки весовых коэффициентов, характеризующих приоритетные маршруты в нечеткой сети. Таким образом, он играет роль интерфейса между базой данных и другими агентами и обеспечивает доступ к ресурсам онтологии. *Агент-координатор взаимодействий* выполняет роль посредника между агентами системы и может быть реализован в виде «доски объявлений».

Такая МАС обладает возможностью на основе модели обучаемого генерировать процесс обучения со всеми прилагаемыми и сопровождающими функциями, а также поддерживать активную обратную связь студентов с преподавателем.

5. Многоагентная система управления ресурсами виртуальной кафедры

Виртуальная кафедра (как и любая организация) на концептуальном уровне может быть представлена как набор некоторых *ресурсов*. Состав ресурсов различен для организаций разных видов и может меняться для одной и той же системы на различных этапах ее функционирования.

Все ресурсы виртуальной кафедры можно подразделить на следующие основные группы:

- человеческие (сотрудники кафедры, внешние лица и организации);
- образовательные (учебные дисциплины, учебные планы, учебные занятия, автоматизированные обучающие системы, электронные учебники, и пр.)
- научно-исследовательские (научно-исследовательские проекты, научно-технические отчеты, публикации, статьи, монографии, программные системы, и т.п.)
- материально-технические (оборудование и, в первую очередь, обеспечение компьютерами)

Одной из главных проблем функционирования виртуальных кафедр (как, впрочем, и других сетевых структур) является обмен ресурсами. Ресурсы виртуальной кафедры в общем случае имеют два основных параметра: *местонахождение* и *состояние*. Для получения или рассмотрения возможности получения ресурса надо точно знать значение этих параметров. Однако в условиях, когда данные параметры постоянно изменяются и множество ресурсов (даже идентичных) велико, становится практически невозможно накапливать такие подробные сведения о ресурсах, имеющихся в каждом узле, в режиме реального времени. В результате, возникает необходимость в создании специальных средств обмена и управления ресурсами.

Общая модель управления ресурсами виртуальной кафедры состоит из семейства локальных систем управления (автономных агентов), объединенных в сеть [28]. Локальная система управления имеет полную информацию о своих ресурсах, но, как правило, вынуждена принимать решения в условиях недостатка информации о поведении всех компонентов виртуальной организации. Поэтому следует иметь механизм динамической корректировки параметров процесса ресурсообмена в период функционирования виртуальной организации.

Итак, интеллектуальная система управления виртуальной кафедрой интерпретируется как МАС. В ней интеллектуальные агенты имеют право принимать решения, используя для этого средства имитационного моделирования, доступную информацию и знания. Они также способны взаимодействовать друг с другом для достижения некоторых общих целей.

Важная идея подхода, описанного в работе [28], состоит в том, чтобы попытаться переложить знания о структуре и состоянии ресурсов с пользователя ресурсами на сами ресурсы (или места их возникновения). Далее, необходимо организовать взаимодействие ресурсов и, наконец, переложить заботу об обеспечении компонентов ресурса на него самого. Таким образом, ресурс превращается в агента. Иными словами, в описываемой

системе присутствует сам ресурс (информационный, материальный или ресурс-действие) и его виртуальный двойник, созданный в виде программного агента.

Базовая модель МАС управления ресурсами () включает следующих агентов:

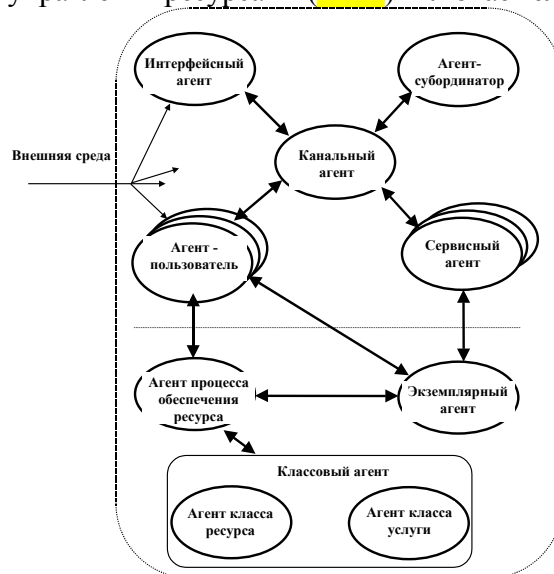


Рис.2. Архитектура многоагентной системы управления ресурсами

1) агент-пользователь; 2) каналный агент; 3) сервисный агент; 4) интерфейсный агент; 5) агент-супервизор. Здесь главную роль играет *агент-пользователь*, который соответствует отдельной локальной системе управления. Когда отсутствует внешний механизм инициализации его действий, он является *интенциональным агентом*. Иными словами, такой агент может генерировать цели, направляемые затем на утверждение (заявки). Выступая в качестве агента-заказчика, данный агент посылает заявки всем другим агентам-пользователям с требованием забрать у него или прислать ему ресурс некоторого вида. Любой другой агент-пользователь, получив и проанализировав заявку, может принять ее к исполнению (поставив в очередь своих основных действий, после чего в рассматриваемом взаимодействии он становится агентом-исполнителем) или отвергнуть. В результате такого обмена информацией устанавливается взаимодействие двух агентов – агента-заказчика и агента-исполнителя. Один и тот же агент-пользователь может быть одновременно и агентом-заказчиком, и агентом-исполнителем по отношению к другим агентам-пользователям.

Канальный агент служит для координации процесса передачи заявок и ответов. Он берет на себя функции маршрутизации различного рода пакетов (информационных, управляющих, координирующих). Используя свои знания, каналный агент может оптимизировать различного рода поисковые операции и процесс распределенной обработки информации в сети.

Для отправки, перемещения и хранения ресурсов в виртуальной организации должны существовать *сервисные агенты*, оказывающие услуги другим агентам (например, по хранению и доступу к учебной информации).

Взаимодействие агентов, входящих в МАС, с внешней средой обеспечивается *интерфейсным агентом*. Он является посредником между различными программными агентами и людьми на виртуальной кафедре. Наконец, функцию координации действий агентов, а также выявления и разрешения конфликтных ситуаций берет на себя *агент-субординатор (супервизор)*. В его задачи также входит коррекция системы при появлении новых агентов.

В МАС управления ресурсами устанавливаются связи трех типов: *координационные, управляющие и информирующие*. Между вышеупомянутыми агентами ведутся переговоры, формируются альянсы и ассоциации. В ряде случаев, процесс взаимодействия агентов можно рассматривать как взаимодействие особей некоторой популяции, развивающейся в направлении эффективного функционирования для достижения глобальной цели, за счет накопления лучших свойств особей из поколения в поколение.

Помимо перечисленных базовых агентов, при реализации МАС управления ресурсами вводится ряд *ресурсных агентов*. Это: а) агент процесса обеспечения ресурса; б) классовый агент; в) экземплярный агент. *Агент процесса обеспечения ресурса* инициирует и координирует процесс обеспечения ресурса. Он порождается агентом-пользователем, выступающим в роли заказчика образовательного ресурса.

Классовый агент содержит знания о компонентах и параметрах образовательного ресурса. В связи с тем, что в МАС присутствуют многокомпонентные ресурсы, причем может существовать несколько вариантов комбинации этих компонентов, речь идет именно о классе ресурса. В зависимости от выбранной комбинации, получатся различные *экземпляры* одного класса ресурса.

Выделяются два вида классовых агентов:

- *агенты класса ресурса*, которые содержат знания о текущем состоянии и технологической структуре образовательного ресурса, например, учебно-методической документации, модуля учебного курса, электронного учебника (они привязаны к агенту-пользователю, являющемуся производителем или хранителем данного ресурса);
- *агенты класса услуг*, содержащие знания о текущем состоянии и структуре услуги, например, учебного процесса, (они привязаны к сервисным агентам).

Экземплярный агент является экземпляром класса ресурса, получаемым в результате конкретизации параметров ресурса. Он непосредственно инициирует те или иные действия (операции) в системе, обращаясь с требованиями на проведение действия к агенту-пользователю или сервисному агенту, а также отслеживает все изменения параметров ресурса в процессе его воспроизведения. Действия должны быть выполнимыми к моменту обращения экземплярного агента к агенту-исполнителю, об этом заботятся классовые агенты во время предыдущей фазы процесса обеспечения ресурса.

Все классовые агенты имеют структуру «и/или»-графа, где вершины соответствуют состоянию процесса обеспечения ресурса или являются ссылками на другие классы ресурсов, а дуги соответствуют действиям (операциям) процесса и ссылаются на другие классы услуг.

Обеспечение любым образовательным ресурсом требует ряда действий (построение, приобретение перенос, контроль и т.д.), которые могут являться ссылками на сервисные классы и ряда компонентов, которые в свою очередь также могут быть ресурсами другого класса. Весь процесс обеспечения ресурса описывается представленным выше графом и содержится в модуле классового агента. Граф содержит ссылки на другие классы; таким образом обеспечивается взаимодействие классовых агентов (как ресурсных, так и сервисных). В результате этого взаимодействия каждый ресурс получает статус возможности или невозможности в плане процесса его обеспечения.

На рис.3 показан агентно-ориентированный процесс обеспечения ресурсами, в котором принимают участие описанные выше агент-пользователь и агенты процесса обеспечения ресурса. Процесс поиска и обеспечения ресурса проходит в несколько этапов, которые показаны на рисунке.

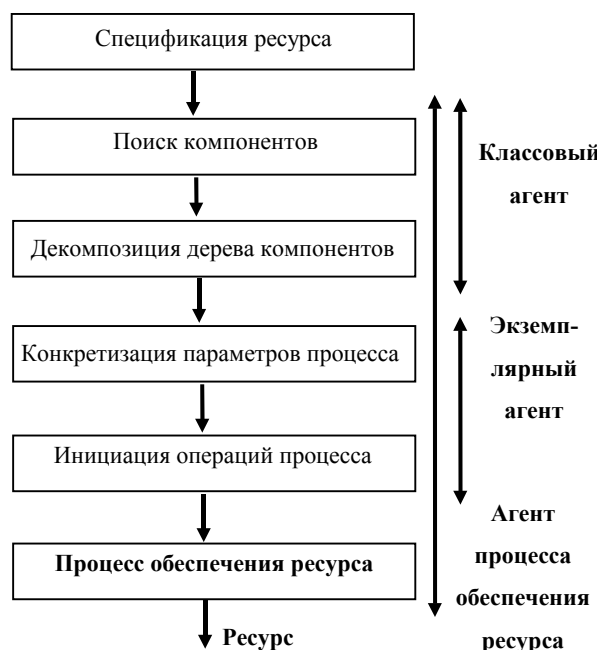


Рис.3. Основные фазы агентно-ориентированного процесса обеспечения ресурсами

6. Виртуальная выпускающая кафедра как сообщество разнородных агентов

Виртуальная кафедра представляет собой коллектив неоднородных, свободно взаимодействующих агентов (людей и компьютерных агентов), находящихся в различных местах. В число людей (сотрудников кафедры) как единицы открытой образовательной системы включаются: преподаватели; студенты; сотрудники научно-исследовательских лабораторий кафедры; представители внешних организаций, заинтересованных в получении выпускников заданного профиля; учебно-вспомогательный персонал. Основными видами деятельности (процессами) виртуальной выпускающей кафедры являются: учебная; научно-исследовательская; учебно-методическая; хозяйственная; управленческая.

Теперь напомним основные (универсальные) функции, которые встречаются в повседневной деятельности любой выпускающей кафедры [11]. Это:

- Регистрация и передача адресату исходящих официальных документов (писем, служебных записок, отчетов, отзывов, актов, приказов и т.д.). Прием, регистрация и передача на исполнение входящих официальных документов (писем, приказов, распоряжений и т.д.)
- Подготовка и проведение учебных занятий
- Организация и проведение НИОКР
- Регистрация, анализ и распределение поступающих на кафедру финансовых ресурсов
- Материально-техническое обеспечение кафедры. Распределение материальных ресурсов, контроль их использования, ремонт и профилактика
- Реализация кадровой политики кафедры. Определение соотношения штатных и внештатных, постоянных и временных сотрудников. В контексте открытого образования студентов следует считать специальной категорией внештатных (временных) сотрудников кафедры

- Формирование иерархии целей, распределение целей по исполнителям и контроль исполнительской дисциплины на кафедре. Формирование стратегических и тактических планов организации. Распределение долгосрочных обязанностей. Выдача заданий. Утверждение заявок
- Информационное обеспечение внешних связей кафедры с организациями, подразделениями различных организаций, отдельными лицами
- Подготовка и проведение различных кафедральных и внешних мероприятий. Регистрация информации о важнейших событиях организации (встречах, сообщениях, семинарах, сдачах проектов и т.д.)
- Пополнение, систематизация и организация эффективного использования кафедральной библиотеки, где могут также иметься электронные варианты различных информационных материалов
- Формирование и постоянное уточнение глоссария, т.е. терминологического справочника для «внутреннего» использования. Такой глоссарий необходим для систематизации информационных материалов, используемых в деятельности организации и для обеспечения хорошего взаимопонимания между сотрудниками.

Кроме того, выявлено, что эффективность автоматизации деятельности кафедры определяется сочетанием:

- комплекса автоматизированных обучающих систем, поддерживающих самостоятельную деятельность студентов по изучению отдельных учебных дисциплин;
- комплекса средств, обеспечивающих общую координацию и управление учебной деятельностью кафедры.

Вариант построения виртуальной кафедры с позиций объектно-ориентированного подхода предложен в [11] (рис.4). Под архитектурой виртуальной кафедры понимается условное разделение МАС на взаимодействующих интеллектуальных агентов, где каждый агент выполняет определенные функции, а база знаний виртуальной кафедры состоит из интегрированной базы знаний ее агентов. При проектировании виртуальной кафедры ее можно рассматривать как набор ролей агентов, находящихся между собой в определенном отношении, и взаимодействующих друг с другом. Исходя из этого, организационная модель виртуальной кафедры как МАС распадается на две части: *модель ролей и модель взаимодействий* (рис.5) [23].

Роль агента – это набор функций, которые выполняются сотрудником организации в определенный момент времени. В различные моменты времени данный сотрудник может выполнять различные роли. Например, сотрудник, занимающий должность доцента кафедры, характеризуется ролью *«преподавателя»*. Одновременно он выполняет роль *«руководителя курсового проекта»* и *«руководителя дипломного проекта»* для нескольких студентов. Он также может быть *«заместителем заведующего кафедрой по учебной работе»* и *«исполнителем научно-исследовательского проекта»*.

Понятие *роли* определяется с помощью трех атрибутов: *ответственности, разрешения и протоколов*. Здесь ключевым атрибутом является ответственность, которая тесно связана с функциональными характеристиками. Реализация ответственности неотделима от множества разрешений, которые определяют «права» агента, связанные с ролью, а, следовательно, и набор располагаемых ресурсов для реализации ответственности. Наконец, любая роль описывается с помощью набора протоколов, которые определяют способ ее взаимодействия с другими ролями в МАС.

На стадии анализа происходит предварительная идентификация ролей, затем определяются и документируются соответствующие протоколы и, наконец, строится окончательная модель ролей. На стадии проектирования создается модель агента, т.е. роли агрегируются в типы агентов, формируется иерархия типов и документируются

примеры каждого типа. Далее разрабатываются модель услуг и модель основных взаимодействий (контактов).

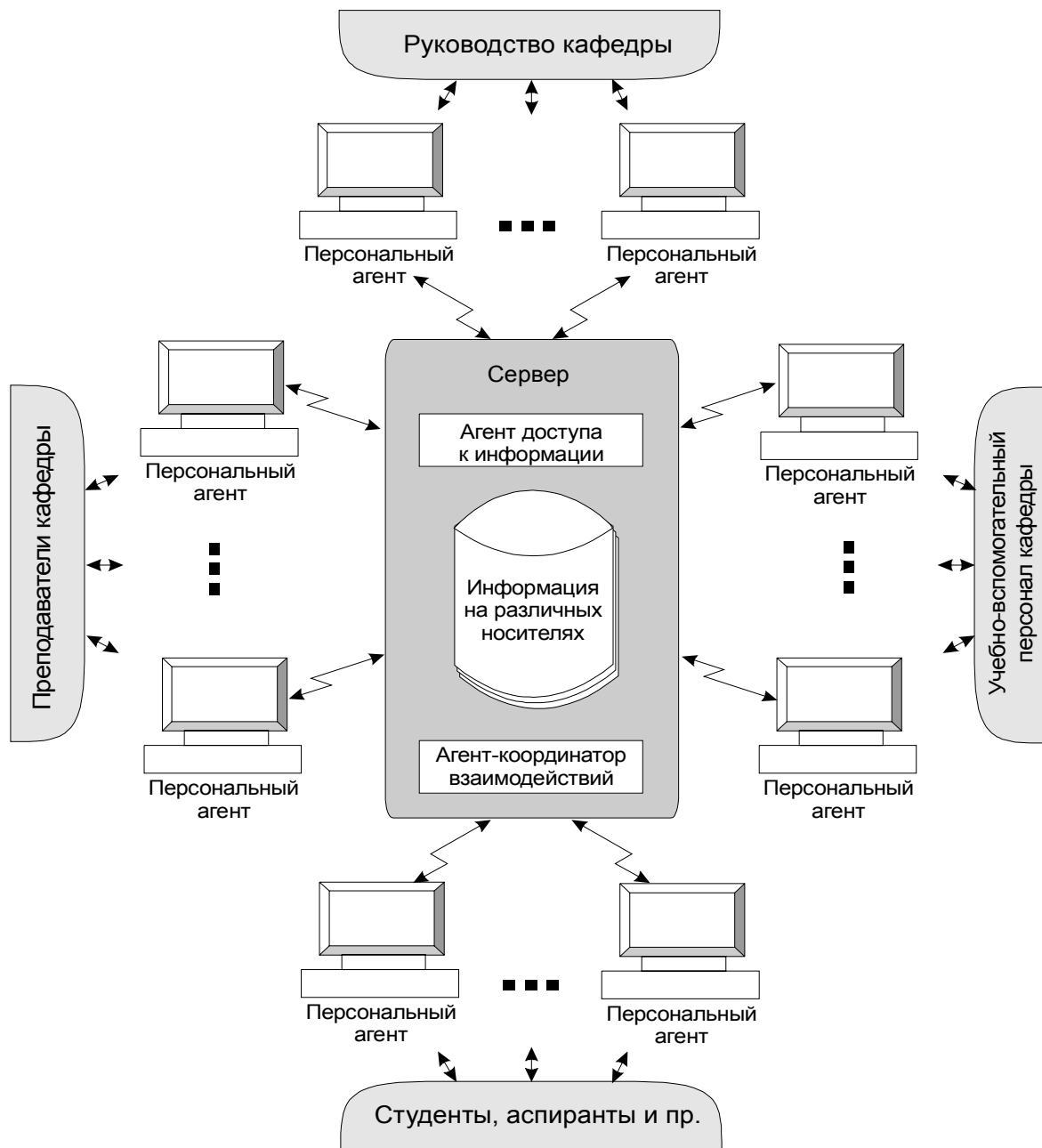


Рис. 4. Виртуальная кафедра как MAS

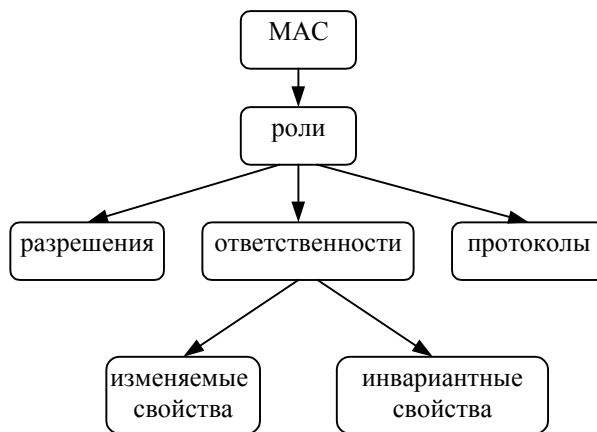


Рис. 5. Схема объектно-ориентированного анализа MAS

В состав виртуальной кафедры входят искусственные агенты следующих видов:

1. *Персональный агент*. Персональный агент генерируется при появлении нового сотрудника в организации. Соответственно количество таких агентов равно количеству сотрудников в организации. Здесь могут выделяться «персональные помощники» руководства кафедры, преподавателей, студентов, аспирантов, учебно-вспомогательного персонала.
2. Агент поддержки делопроизводства и документооборота кадров.
3. Агент автоматизации делопроизводства и документооборота учебного процесса
4. Агент обеспечения защиты и доступа к информации пользователей различных категорий
5. Агент, управляющий научно-исследовательскими проектами (Project Manager). Число агентов данного типа равно количеству научно-исследовательских проектов, т.к. управление проектами осуществляют различные люди, в каждом проекте есть своя тема и исполнители. Общую координацию всей деятельностью кафедры, в том числе и научно-исследовательской деятельностью, может осуществлять заведующий кафедрой. Тогда агенты различных научно-исследовательских проектов могут предоставлять некоторую обобщенную информацию агенту руководителя
6. Агент, управляющий курсовыми и дипломными проектами. Количество агентов данного типа равно количеству руководителей курсовыми и дипломными проектами, т.к. каждый такой руководитель обычно осуществляет руководство несколькими проектами
7. Агенты ИОС (см. раздел 4, рис.1)
8. Агент-библиотекарь
9. Агент, управляющий материальными ценностями.
10. Агент-организатор мероприятий. Агент данного типа осуществляет организацию и проведение одного мероприятия. В общем случае одновременно в виртуальной организации могут функционировать и взаимодействовать несколько агентов. Если мероприятие является периодическим, то активируется соответствующий агент.
11. Агент, отвечающий за взаимодействие с внешними организациями.
12. Агент-администратор виртуальной кафедры и компьютерной сети.

Интеллектуальный агент в зависимости от роли сотрудника кафедры автоматизирует соответствующие функции. Приобретение нужного набора функций происходит в результате кооперации соответствующих агентов. Вариант архитектуры интеллектуального агента преподавателя представлен на рис.5. Она включает в себя несколько уровней *представления знаний, рабочую память, модуль управления коммуникацией*, интерфейс с пользователем. Для успешного выполнения своих задач агент должен иметь возможность осуществлять как интеллектуальное поведение (выбор планов, декомпозиция проблемы и распределение задач) так и реактивное поведение (своевременная реакция на появление новой информации, изменения в существующих данных и т.д.). Здесь интеллектуальное поведение обеспечивается сочетанием правил принятия решения для выбора планов, осуществления декомпозиции и распределения задач с правилами кооперации для формулирования обязательств. Реактивное поведение обеспечивается уровнем контроля, который реагирует на различные изменения в рабочей памяти (такие как доставка результатов, появление новых целей или сообщений об изменениях в существующих данных, задачах и обязательствах).

Укажем три уровня знаний, играющих ключевую роль в архитектуре агента:

- *Знания о предметной области*, например, о читаемых преподавателем курсах

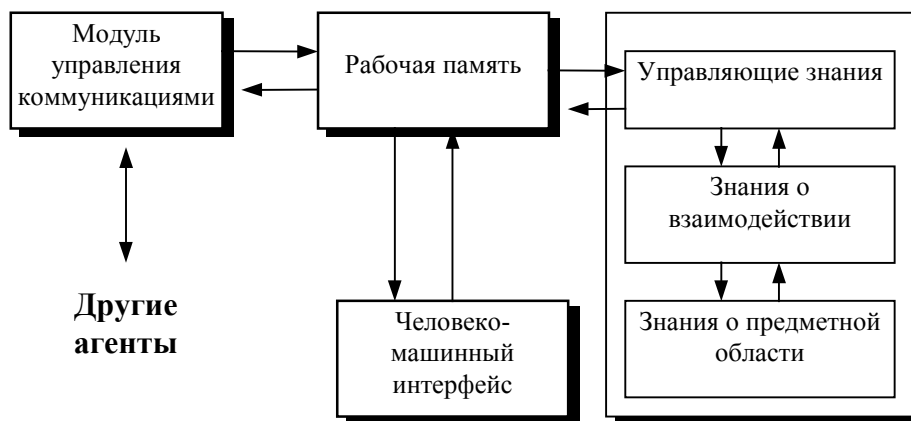


Рис.5. Вариант архитектуры интеллектуального агента с иерархической базой знаний

- *Знания о взаимодействиях (с пользователем и другими программными агентами)*, которые выступают в форме общих декларативных правил поведения, а также правил пополнения и модификации знаний предметной области. Правила взаимодействия представляют собой основу архитектуры агента и подразделяются на: а) правила принятия решения в условиях неопределенности; б) правила управления кооперацией агентов.
- *Управляющие знания*, применяющие знания о взаимодействиях к знаниям о предметной области для пополнения и изменения рабочей памяти.

Рабочая память предназначена для хранения временных данных, полученных от уровня управления, пользователя или модуля управления коммуникациями. Так, в рабочей памяти содержится информация о целях, информация о текущих задачах, информация о завершившихся задачах, входящие и исходящие сообщения и текущие обязательства. Рабочая память функционирует по принципу «доски объявлений».

Модуль управления коммуникациями осуществляет составление и отправку сообщений, посылаемых другим программным агентам. Сообщения состоят из коммуникационных примитивов, получаемых с помощью правил управления задачами и правил кооперации. Каждый примитив характеризуется своим типом и содержанием. Модуль управления коммуникациями также занимается получением подтверждений о доставленных сообщениях.

Интерфейс с пользователем (преподавателем) определяет способы взаимодействия между системой и пользователем. Здесь агент способен осуществлять различные функции (информационное обеспечение принятия решения, управление задачами, кооперация), но не является полностью автономным. В общем случае, он обязан сообщить пользователю результаты своей работы, и пользователь должен их одобрить, прежде чем они вступят в силу и будут переданы другим агентам.

Заключение

Концепция построения виртуальных кафедр на основе агентно-ориентированных технологий, была сформирована в ходе осуществления ряда российских и белорусских проектов. В первую очередь, это проект «Развитие системы открытого образования на основе методологии реинжиниринга и моделей виртуальных кафедр», выполняемый в настоящее время в МГТУ им. Н.Э. Баумана по программе Минобразования России «Создание системы открытого образования», а также проект «Виртуальная кафедра»,

организованный в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники при поддержке компании International Business Alliance. В 2002-м году планируется начало совместного российско-белорусского проекта, направленного на решение фундаментальной проблемы ИИ – создания теории, методов и средств проектирования виртуальных организаций (на примере виртуальных кафедр). В рамках этого проекта будут разработаны инструментальные средства поддержки моделирования, проектирования и функционирования виртуальных кафедр. Основная идея исследования состоит в реализации единой платформы для проектирования сетевых структур виртуальной кафедры и осуществления виртуального взаимодействия участников учебно-педагогических процессов.

Литература

1. Hammer M., Champy J. Re-Engineering the Corporation: a Manifesto for Business Revolution. – New York: Harper Collins, 1993
2. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организаций и информационные технологии. – М.: Финансы и статистика, 1997.
3. Попов Э.В. Реинжиниринг, усовершенствование и моделирование предприятий// Новости искусственного интеллекта. – 1998. – № 1. – С. 60-91.
4. Емельянов В.В., Попов Э.В. Интеллектуальное имитационное моделирование в реинжиниринге бизнес-процессов// Программные продукты и системы. – 1998. – №3. – С. 3-10.
5. Попов Э.В. Корпоративные системы управления знаниями// Новости искусственного интеллекта. – 2001. – № 1. – С. 14-25.
6. Образование и XXI-й век. Информационные и коммуникационные технологии. – М.: Наука, 1999.
7. Интернет-образование: не миф, а реальность XXI-го века/ Под общ. ред. В.П. Тихомирова. – М.: МЭСИ, 2000.
8. Открытое образование – стратегия XXI-го века для России/ Под общ. ред. В.М. Филиппова и В.П. Тихомирова. – М.: МЭСИ, 2000.
9. Емельянов В.В., Тарасов В.Б. Виртуальная кафедра в техническом университете// Дистанционное образование. – 2000. – №6. – С. 39-45.
10. Горнев В.Ф., Тарасов В.Б. Виртуальная кафедра – базовая единица вуза XXI-го века// Проблемы регионального управления, экономики, права и инновационных процессов в образовании. – Таганрог: ТИУЭ, 1999. – С.29-30.
11. Голенков В.В., Гулякина Н.А., Елисеева О.Е., Лемешева Т.Л., Беззубенок Н.В., Сердюков Р.Е., Ивашенко В.П. Виртуальная кафедра// Труды Международного конгресса «Искусственный интеллект в XXI-м веке» (ICAI'2001, Дивноморск, Россия, 3-8 сентября 2001 г.). – М.: Наука. Физматлит, 2001. – С.559-570.
12. Луговская Е.А., Тарасов В.Б. Многоагентные системы поддержки открытого образования в техническом университете// Программные продукты и системы. – 2001. – №2. – С. 29-34.
13. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб: Питер, 2000.
14. Carbonell J.R. AI in CAI: an Artificial Intelligence Approach to Computer-Aided Instruction// IEEE Transactions on Man-Machine Systems. – 1970. – Vol. MMS-11. – №4.
15. Anderson J.R., Boyle C.F., Reiser B.J. Intelligent Tutoring Systems// Science.–1985.–Vol.228.–P.456-462.
16. Yazdani M. Intelligent Tutoring Systems: an Overview// Artificial Intelligence and Education. Vol.1. Learning Environments and Tutoring Systems/ Ed. by R.W. Lawler and M. Yazdani. – Norwood: Ablex Publ. Corp., 1987. – P. 183-201.
17. Петрушин В.А. Экспертно-обучающие системы. – Киев: Наукова думка, 1992.
18. Стефанюк В.Л. Теоретические аспекты разработки компьютерных систем обучения. – Саратов: СГУ, 1995.
19. Ларичев О.И. Проблемы компьютерного обучения экспертным знаниям// Труды УІ-й национальной конференции по искусственному интеллекту (КИИ'98, Пущино, октябрь 1998 г.). Т.1 – Пущино: РАИИ, 1998. – С.3-6.
20. Lawler R.W. Learning Environments: Now, Then and Somebody// Artificial Intelligence and Education. Vol.1. Learning Environments and Tutoring Systems / Ed. by R.W. Lawler and M. Yazdani. – Norwood: Ablex Publ. Corp., 1987. – P. 203-237.
21. Вишняков Ю.М., Родзин С.И. Проблемы интеграции интеллектуальных гипермедийных обучающих сред в виртуальные образовательные структуры// Новости искусственного интеллекта. – 2000. – №3. – С. 89-101.

22. Ohlson S. Some Principles of Intelligent Tutoring // Artificial Intelligence and Education. Vol.1. Learning Environments and Tutoring Systems/ Ed. by R.W. Lawler, M. Yazdani. – Norwood: Ablex Publ. Corp., 1987. – P. 203-237.
23. Wooldridge M., Jennings N. Agent Theories, Architectures and Languages: a Survey// Intelligent Agents: ECAI-94 Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages (Amsterdam, The Netherlands, August 8-9, 1994)/ Ed. by M. Wooldridge, N. Jennings.– Berlin: Springer Verlag, 1995. – P.1-22.
24. Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В. Многоагентные системы (обзор)// Новости искусственного интеллекта. – 1998. – №2. – С. 64-116.
25. Тарасов В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте// Новости искусственного интеллекта. – 1998. – №2. – С. 5-63.
26. Голенков В.В. Графодинамические методы и средства параллельной асинхронной переработки информации в интеллектуальных системах. – Минск: БГУИР, 1996.
27. Курейчик В.М., Зинченко Л.А. Эволюционная адаптация интерактивных средств открытого образования// Открытое образование. – 2001. – №1. – С.43-50.
28. Емельянов В.В. Многоагентная модель децентрализованного управления потоком производственных ресурсов// Труды Международной конференции «Интеллектуальное управление: новые интеллектуальные технологии в задачах управления» (ICIT'99, Переславль-Залесский, 6-9 декабря, 1999). – М.: Наука. Физматлит, 1999. – С. 121-126.