

**Г. С. Курганская**

*Доктор физико-математических наук, профессор,  
зав. кафедрой информационных технологий в управлении  
Байкальская международная бизнес-школа  
Иркутского государственного университета*

## **САМООРГАНИЗАЦИЯ ОБЛАЧНОГО ИНТЕРНЕТ- ОБРАЗОВАНИЯ**

**Аннотация.** Представлена точка зрения автора на архитектуру платформы ГЕКАДЕМ облачного интернет-образования, которая базируется на принципах самоорганизации как процесса формирования кластеров знаний, так их использования при интернет-образовании на основе облачных технологий. Рассматриваются возможности мультиагентного подхода, как базовой модели архитектуры платформы и приводятся перечень ключевых клиентов функциональных подсистем.

**Ключевые слова:** самоорганизация сложных систем, облачные технологии, мультиагентные системы, интернет-обучение.

Стремительные изменения происходят во всех сферах деятельности человека, в том числе в сфере экономики, науки и образования. На наш взгляд, основным двигателем этих изменений является постоянное появление новых средств инфо-телекоммуникационных технологий, которые реализуют сущность информации – нарушение закона сохранения. Несомненно, облачные технологии являются серьезным шагом в этом направлении, поскольку предлагает открытый доступ к распределенной обработке и хранению данных. Использование облачных технологий в образовании формирует принципиально новые возможности. В настоящее время предлагаются различные подходы к их реализации, в том числе и разрабатываемая в Иркутском государственном университете на основе KFS модели представления знаний интеллектуальная платформа ГЕКАДЕМ 5.0 [1]. В рамках этого подхода образование рассматривается как информационное взаимодействие, при котором параллельно происходят как процессы формирования кластеров знаний, их динамической структуризации, так и открытого доступа к ним. И именно облачные технологии позволяют полностью реализовать такое взаимодействие.

В разрабатываемой версии рассматриваются следующие уровни кластеров знаний, которые могут быть ресурсами в Интернет-облаке образования:

- Базовые элементы: отдельный учебный материал в любой форме; процедура проверки знаний: индивидуальное задание, тест любого формата и т. п.; площадки совместной работы: групповой проект, семинар, вебинар, wiki-проект и др.

- Учебный блок (тема) формируются из базовых элементов, он является основой KFS модели представления знаний и не может быть пустым. Блок формирует некое новое знание из входных знаний, которые могут формироваться в других блоках.

Конечная совокупность учебных блоков, на которой задано такое отношение частичного порядка, образует учебный курс, а учебные курсы, для которых устанавливается такой же частичный порядок, в свою очередь, могут сформировать учебную программу. Понятно, что можно как детализировать, так и проводить дальнейшие обобщения.

Таким образом, ресурсы интернет-облака обучения представляют граф сложной динамической структуры, необязательно связный, В состав ресурсов также входит свободное программное обеспечение, необходимое для работы отдельных интеллектуальных ресурсов.

Пользователями облака могут быть как отдельные люди, так и группы людей, в том числе организации и компании.

Облако интернет-обучения ГЕКАДЕМ состоит из огромного числа относительно автономных интеллектуальных ресурсов – кластеров знаний и независимых пользователей, число которых может иметь порядок тысяч, сотен тысяч или даже более. Более того, и ресурсы, и пользователи распределены в пространстве, образуя сетевую структуру: каждый пользователь имеет собственную цель, которая не должна согласовываться с глобальной целью всей системы, но любой пользователь должен получить доступ к необходимым ресурсам и может быть вынужден или заинтересован во взаимодействии с другими пользователями. При этом отдельные пользователи и ресурсы обладают весьма ограниченной информацией о других компонентах облака, в том числе их целях и возможностях, и они ничего не знают о топологии системы в целом. Более того, само облако функционирует в Интернет, т. е. в открытой динамической внешней среде, и при этом каждый компонент системы может воспринимать только собственное, весьма ограниченное локальное окружение. Говорить об оптимальном централизованном управлении нереально не только из-за огромной размерности задачи управления, непредсказуемости динамики ее структуры, динамики внешней среды, но также и по организационным соображениям, поскольку в облаке и не должно быть единого центра управления. На наш взгляд, ответом на такой вызов является механизм самоорганизации. Этот термин в науке встречается еще в работах Р. Декарта, но активно этот подход стал активно развиваться в прошлом веке в рамках искусственного интеллекта, одной из таких работ был проект СОЧМСАНИ (Самоорганизующаяся человекоподобная система автоматизации научных исследований), разрабатываемый под руководством академика В. М. Матросова в 80-х гг. ИрВЦ СО АН, ныне ИДСТУ РАН.

Рассмотрим его основные принципы самоорганизации [2]:

- Автономность – взаимодействие с внешним миром допустимо, но управление извне недопустимо.
- Глобальный порядок – он возникает в системе только благодаря локальным взаимодействиям ее компонент.
- Наличие эмерджентных свойств, которые не могут быть выведены из наблюдения индивидуального поведения автономных существ; они проявляются только на верхнем уровне.
- Адаптивность – способность системы изменять свое поведение и переходить в новое устойчивое состояние со сменой организационной структуры.
- Нелинейная динамика, неустойчивость и чувствительность к вариациям начального состояния и малым вариациям параметров системы; это свойство не может быть выведено из свойств отдельных компонент и их локальных взаимодействий;
- Множественность устойчивых состояний системы (аттракторов).
- Сложность – она вызывается тем, что такая система, как правило, состоит из огромного числа взаимодействующих компонент.
- Простота правил, которые используются компонентами системы в процессах взаимодействия; в итоге это ведет к сложному поведению системы в целом
- Иерархическая структура – самоорганизующаяся система описывается, по крайней мере, на двух уровнях, а именно, на уровне локальных компонент системы и на метауровне, где проявляются эмерджентные свойства системы.

Таким образом, именно принципы самоорганизации адекватны динамической структуре взаимодействующих процессов формирования и освоения знаний в интернет-облаке ГЕКАДЕМ.

В настоящее время в качестве технологически реализуемого решения, которое может позволить преодолеть трудности практического создания приложений для реализации механизмов самоорганизации сложных динамических систем является архитектура и технология мультиагентных систем.

Рассмотрим возможности, мультиагентного подхода:

- число агентов может исчисляться миллионами и динамически изменяется;
- число соседей – сотни;
- локальность взаимодействий – каждый узел «знает» только своих соседей и взаимодействует только с ними (peer-to peer взаимодействие);
- адаптация и смена структуры – локальный выбор новых соседей (кто о ком должен знать, чтобы сеть решала свою задачу оптимально), самоконфигурация сети.

- эмерджентность, формирование паттернов – возникновение альянсов и коалиций.

Таким образом, основные требования самоорганизации интернет-обучения полностью обеспечиваются при мультиагентном подходе:

- автономность – способность управлять своим целенаправленным поведением без внешнего вмешательства;
- способность воспринимать внешнюю среду и воздействовать на нее;
- наличие инфраструктуры, поддерживающей распределенное взаимодействие автономных сущностей (агентов) или физически (через коммуникации), или виртуально, т. е. путем обмена сообщениями, в том числе – на уровне парных взаимодействий.

Рассмотрим, как мультиагентный подход будет использован в архитектуре интеллектуальной интернет-платформы обучения ГЕКАДЕМ 5.0. В состав самоорганизующейся мультиагентной системы Интернет-обучения будут входить программные интеллектуальные агенты, представляющие как интересы всех групп пользователей, так и сами интеллектуальные ресурсы

Агенты, представляющие интересы пользователей, решают задачи, специфические для каждой группы пользователей, ниже приводятся некоторые из них:

*Разработчики интеллектуальных ресурсов*

- поиск необходимой информации в Интернет в целом;
- поиск подходящих информационных ресурсов в облаке ГЕКАДЕМ;
- проверка на оригинальность (плагиат);
- анализ востребованности разработанных интеллектуальных ресурсов с различных точек зрения и др.

*Студенты*

- планирование индивидуального пошагового пути изучения на разных уровнях;
- поиск подходящих информационных ресурсов в облаке ГЕКАДЕМ;
- поиск необходимой информации в Интернет в целом;
- организация совместной работы на соответствующих площадках;
- анализ личного успеха и др.

*Модераторы (Тьюторы)*

- отслеживание исполнения процедур проверки знаний;
- анализ результатов процедур проверки знаний;
- мониторинг исполнения графиков изучения и индивидуальных планов;
- организация совместной работы на соответствующих площадках и др.

### *Аналитики*

- анализ востребованности разработанных интеллектуальных ресурсов с различных точек зрения;
- проверка на оригинальность (плагиат) разработанных интеллектуальных ресурсов;
- выявление потребностей в новых интеллектуальных ресурсах разных уровней и др.

Очевидно, что для решения этих задач необходимо использовать интеллектуальные клиенты разных типов: по мониторингу и наблюдению, по добыче и анализу данных, а также персональные агенты.

Условия работы интеллектуальных агентов интернет-платформы обучения ГЕКАДЕМ:

- Запросы поступают на выполнение тех или иных работ поступают случайно.
- Запросы имеет разную трудоемкость.
- Невозможно предсказать, какие интеллектуальные ресурсы потребуются для их исполнения.
- Интеллектуальные ресурсы динамичны по своей природе: они могут появляться, модифицироваться и прекращать свое существование в любое время.

Рассмотрим агенты, представляющие интересы интеллектуальных ресурсов облака интернет-обучения ГЕКАДЕМ.

Каждому ресурсу ставится в соответствие агент, основной задачей которого является изменение состояния соответствующего объекта. Состояние объекта может включать следующие характеристики:

- базовые (тип объекта, время создания, формат, IP адрес и др.);
- структурные (родители, дети, соседи и др.);
- рыночные (рейтинг, цена и др.).

Предполагается, что при взаимодействии агентов в основном будут передаваться маркеры, хотя возможен и обмен семантическими сообщениями. Информационный поток от агента обычно не имеет конкретного адресата, а размещается в общем информационном поле, в котором другие агенты будут искать информацию, и в случае успеха выполнять некоторые действия.

Для самоорганизации клиентов ресурсов будут в основном использоваться механизм прямого воздействия, а для самоорганизации процесса разработки интеллектуального ресурса будут также применяться и механизмы косвенного взаимодействия, в том числе распределенного обучения с подкреплением.

Наиболее сложным является процесс обучения в облаках, и поэтому самоорганизация именно этого процесса принципиально важна. Автор полагает, что здесь наиболее эффективным будет рыночный меха-

низм самоорганизации. При этом следует обратить внимание, что при реализации этого механизма клиенту помимо информации от ближайших соседей может потребоваться также параметры, характеризующие всю систему – например, средняя, цена ресурса такого типа, что противоречит принципу локальности взаимодействий при мультиагентном подходе. При этом эти глобальные характеристики (эмерджентности) тоже должны быть динамичными и адекватно отражать текущее состояние на рынке интеллектуальных ресурсов в облаке. Содержательно рыночная модель самоорганизации может описываться как аукцион, в котором группы агентов ведут переговоры с целью продажи/покупки конкретных ресурсов. Разные алгоритмы проведения аукционов в основном базируются на методах теории игр.

Интересной формой рыночного механизма является сеть потребностей и возможностей, разработанная в Самарской научной школе [3]. В соответствии с концепцией ПВ-сети, прикладная МАС строится из большого числа крайне простых автономных агентов, которые способны воспринимать ситуацию на рынке, принимать решения и взаимодействовать с другими близкими агентами. В рассматриваемой модели потребности в ресурсах того или иного типа возникают динамически (по мере поступления заказов), а ресурсы используются и освобождаются также динамически. В модели ПВ-сети под каждый заказ на ресурс генерируется агент потребности, который нацелен на поиск ресурса с нужными свойствами за наименьшую цену. Аналогично, для каждого ресурса генерируется агент возможности, который ответственен за наилучшее использование ресурса, например, получение большей платы за ресурс. Предполагается, что на рынке интеллектуальных ресурсов Интернет-облака присутствует одновременно множество агентов потребностей, занимающихся поиском ресурсов, и агентов возможностей, которые предлагают ресурсы. Рынок в модели ПВ-сетей обеспечивает «встречи» агентов потребностей и агентов возможностей и реализацию для любой такой пары агентов операции «мэтчинга». Суть этой операции состоит в том, что агенты сравнивают предлагаемый и потребный сервисы, и если предлагаемый ресурс имеет соответствующий тип и удовлетворяет требованиям по качеству, то агент потребностей может «зарезервировать» этот сервис, либо, если найденный ресурс по каким-то характеристикам лучше, чем подобный, уже зарезервированный, то начинаются «переговоры», в которых клиент потребности пытается отказать от ранее зарезервированного ресурса. Поведение агента возможностей аналогично, если он встречает агента потребностей, который готов заплатить ему больше, то точно также может начаться цепочка переговоров для заключения новой сделки без ущерба для агента возможностей.

В настоящее время прорабатывается архитектура мультиагентной системы Интернет-обучения ГЕКАДЕМ 5.0, которая позволит реализовать миссию Интернет-обучения «От каждого по способностям, каждому по потребностям» на принципах самоорганизации.

### **Список литературы**

1. Курганская Г. С. Интернет-образование на основе технологии облачных вычислений / Г. С. Курганская // Информационные и математические технологии в науке и управлении : тр. XVII Байк. Всерос. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении». – Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2012. – Ч. 3. – С. 250–255.

2. Городецкий В. И. Самоорганизация и многоагентные системы. Модели многоагентной самоорганизации / В. И. Городецкий // Изв. РАН «Теория и системы управления». – 2012. – № 2. – С. 92–120.

3. Виттих В. А. Мультиагентные модели взаимодействия для построения сетей потребностей и возможностей в открытых системах / В. А. Виттих, П. О. Скобелев // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 1. – С. 177–185.