

Федеральное агентство по образованию РФ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Уральский государственный университет им. А.М. Горького  
Математико-механический факультет, кафедра математической экономики

# **Методы взаимодействия с активным агентом**

Квалификационная работа на степень бакалавра наук по направлению "математика, компьютерные науки" студента группы КН-402

**Дернова Григория Сергеевича** \_\_\_\_\_

Научный руководитель: КТН, старший преподаватель КИПУ

**Авербух Владимир Лазаревич** \_\_\_\_\_

Екатеринбург, май 2008 г.

# Реферат

## Заголовок

Дернов Гр.С. "Методы взаимодействия с активным агентом",  
квалификационная работа на степень бакалавра: стр. 30, рис. 5, табл. 2, библи.  
20 назв.

## Ключевые слова

Спонтанная интерактивность, обучающая система, интеллектуальный агент,  
многоагентная система, JADE, искусственный интеллект

## Содержание

Исследование и разработка методов взаимодействия с активным агентом  
обучающей системы.

Работа имеет экстенсивный характер: последовательное рассмотрение всех  
этапов разработки обучающей интеллектуальной информационной системы с  
акцентом на языке взаимодействия с пользователем.

# Введение

## Постановка проблемы

### Агент

Традиционно под *агентом* понимается некоторая автономная сущность в составе информационной системы, решающая определенную подзадачу. В силу автономности он наиболее характерен для систем искусственного интеллекта (о чем сигнализирует известный эффект Пигмалиона). Чаще всего *искусственный интеллект* (artificial intelligence) определяется как алгоритм, решающий некоторую мыслительную задачу. Это бихевиористская концепция, или концепция "черного ящика", которая избегает исследования самих мыслительных процессов. По мнению Рассела ("Искусственный интеллект"), указанный класс шире реальной области рассмотрения ИИ: например, включает вычислительные задачи. Аналогично определение при помощи известного теста Тьюринга оставляет больше вопросов, чем ответов. Особенно это касается агентного взаимодействия, потому что остается непонятным скачок от дифференциальных (в данном случае агентных) характеристик к интегративным (решение интеллектуальной задачи), который исследуется в системном анализе. Ведь этот переход является ключевым для проектирования алгоритма.

### Интеллектуальный агент

В специализированных монографиях предлагается оптимизационная модель ИИ. В этом случае агент оперирует понятиями (реализуемыми как переменные), закодированными человеком, и в зависимости от истории ("последовательности актов восприятий") и текущего состояния, которое само интерпретируется понятийно, стремится к наиболее эффективному поведению ("действию в среде"). Критерий эффективности ("функция полезности") задается человеком. То есть главным критерием ИИ служит вариативность его действий (выбор на множестве). К примеру, автомобиль должен добраться в определенное место, варьируя выбор маршрута и соблюдая ПДД.

## РИСУНОК АГЕНТА

Таким образом, вместо парадигмы "знание и вывод" получаем парадигму "знания и правдоподобные рассуждения" (то есть релевантные тому положению, которое требуется доказать) (см. Шемякин "Компьютерная семантика").

### **Взаимодействие агентов**

Однако, агенты предоставляют себе прежде всего новый подход к проектированию интеллекта, в котором ведущую роль занимает взаимодействие (interaction) их друг с другом и с пользователем. Попробуем точнее определить предмет нашего исследования.

Анализ существа указанной темы вызывает трудности у авторов учебников и монографий в связи с недостаточным диалогом гуманитаристики и информатики. Поэтому многие разработки по человеко-машинному взаимодействию (HCI) пребывают в интуитивной форме, апеллируя к здравому смыслу (common sense) и не достигая научной строгости. Возьмем на себя смелость определиться с теорией.

ИИ реализуется в качестве информационной системы - множества информации, воспринимаемого как целое. Первое время информация понималась как энтропия (Шеннон, Планк) или как атрибут материи (см. Бирюков "Кибернетика и методология науки"). Лишь в 80-е годы информатика обозначила свою обособленность от математики, физики и техники: главную роль в определении информации стал играть человек. В современном понимании информация доступна только в процессе интерпретации символьных структур, реализуясь на ментальном и языковом уровнях. В случае исследования взаимодействия нас будет прежде всего интересовать языковой уровень, представленный словами, предложениями, текстами, новыми языками и речью.

### **Специализация агентов**

Однако, этого недостаточно. По мнению экспертов на данный момент языки

общего характера исчерпали себя и возникла необходимость в специализированных языках (языках конкретных наук). Кроме того, современные экспертные системы (то есть основанные на знаниях), которые нас больше всего интересуют, значительно различаются в зависимости от предметной области. В связи с тем, что агенты прежде всего моделируют социальные взаимодействия, было решено обратиться к педагогической науке.

В этом случае интеллектуальная система называется обучающей системой (learning system) и мы приходим к одному из центральных положений данной работы. А именно, предложенный выше критерий интеллектуальности следует теперь понимать в роли агента, оперирующего дидактическими параметрами и реализующего дидактический критерий полезности. Данный тезис, безусловно, будет рассмотрен подробнее.

### **Определение проблемы**

Итак, теперь мы глубже понимаем заявленную тему: как исследование и разработку языковых средств агентов в составе обучающей мультиагентной интеллектуальной информационной системы, взаимодействующих с точки зрения максимизации дидактической функции полезности.

## Актуальность проблемы

Прежде чем решать задачу, следует понять, является ли она проблемной, то есть не имеющей пока должного решения? В принципе, уже то, что большинство задач интеллектуальных систем еще не имеет устоявшейся теории и программной поддержки говорит о проблемности вопроса. Однако, рассмотрим подробнее темы взаимодействия, обучения, и многоагентности в интеллектуальной среде.

Интерес к вопросам взаимодействия подтверждается множеством положений. К примеру, на международной конференции по общим вопросам развития техники в 2004 году учеными Стэнфордского университета была озвучена тенденция смещения интересов в область человеко-машинных систем, Билл Гейтс в качестве лидера компании "Майкрософт" (Microsoft) назвал интерфейс персональных компьютеров плавным вызовом для отрасли в 21 веке. Речь идет не только об увеличении роли человека в отношении "человек-компьютер", но и тем, что усложняющийся функционал современных программ уже не может быть эффективно представлен традиционным статичным интерфейсом.

Относительно обучения можно отметить возрастающую роль систем дистанционного образования и так называемых информационных технологий обучения (например, мультимедиа-презентаций). По сведениям ЮНЕСКО 70% знаний приобретаются сейчас вне классических форм обучения. Кроме того, в докладах "Института ЮНЕСКО по вопросам ИТ в образовании" наиболее высокие требования предъявляются к инициативности и социализации ученика в образовательном процессе, что может обеспечить только активный процесс взаимодействия с учителем (пусть виртуальным), предоставляемый *обучающими системами*.

Относительно агентов следует упомянуть их бурное внедрение в промышленные системы второй половины 90-х годов и последующий отказ. Причина заключается в недостаточной специализации поведения агента для предметной области, нужд и возможностей пользователя.

Казалось бы, комбинация указанных проблем только усиливает сложность задачи и требует по отдельности решить вопросы интеллекта, интерфейса, технологий обучения. На самом деле они усиливают друг друга: многоагентность одновременно позволяет моделировать социальное поведение ученика/учителя и создает интерактивный интерфейс.

## План решения проблемы

Поскольку пользователь в многоагентных системах обычно реализуется в качестве особого агента, именно межагентное взаимодействие будет пониматься как базовое. Отличие отношения агент-пользователь заключается лишь в том, что человек в определенной степени является внешним ко всей обучающей системе и, не умея читать сообщения межагентного взаимодействия, нуждается в преобразовании информации в доступный вид (нуждается в интерфейсе).

- 1) Функциональные требования (определяют дидактическую функцию полезности)
- 2) Межагентное взаимодействие
- 3) Человек-агентное взаимодействие

# Основная часть

## Функциональные требования

### Общий анализ

Анализ педагогической литературы, консультации преподавателей, использующих ИТ в своей деятельности, обозначил основные пути роста электронного учебника. Здесь мы позволяем себе одно методологическое нарушение - на самом деле не только педагогика формулирует принципы для информатики, но и информатика рождает новую педагогику. Поэтому функциональные требования могут быть сформулированы лишь после определения технических возможностей. В связи с этим фактом появилась профессия *тьютора* - человека, подбирающего технологии исходя из задач педагогики. Остановимся на том, что компьютер предоставляет следующие технологии: каскадная концептуальность, сеть, новые форматы данных (мультимедиа, графика, аудио), быстроедействие. Кроме того, следует обратить пристальное внимание на веб-технологии в связи с развитием дистанционного образования и требованиями совместимости.

ИТ позволяют по новому демонстрировать теории: индукцией (от частного к общему), дедукцией (от общего к частному), абдукцией (понимание частного на основе общего).

Рассмотрим требования по отношению к основным ролям: учителя ("как учить"), ученика, автора ("что учить": наука, метанаука, дидактика).

### Личностная ориентация (ученик)

#### *Многоуровневость*

*По образованности.* Учебник должен быть одновременно нескучным троечнику и интересным отличнику, предоставляя возможность углубить свои знания по интересной области. Например, Классический труд "Теория справедливости" Роулза изучается как учебник и как монография; математический анализ одни используют на уровне понятий и теорем, другие - добавляют доказательства.

*По задачам обучения.* Один и тот же ученик может использовать учебник для углубления знаний или подготовки к экзамену, поэтому необходим разный уровень изложения. Например, "Эволюция физики" Эйнштейна и Инфельда излагается без формул, поэтому используется гуманитариями как доступный учебник, а физиками - для иллюстрации интересных положений.

*Дидактическая.* Сформулированный Каменским принцип от простого к сложному позволяет постепенно раскрыть содержание глав и обратно - синтезировать их содержание (выводы). Ведь если вы не можете изложить теорию учебника кратко - не пишите учебник! Современная дидактика настаивает на уменьшении объема учебника, увеличении его концептуальной насыщенности и выводе все большего материала за рамки обязательного с присутствием в дополнениях. Дополнениями являются именной и предметный указатели, пособия (хрестоматии, задачник, тетрадь).

*Инициативность.* Переход от teaching к learning.

*Проблемный метод Дьюи:* ученик ставится в проблемную ситуацию, формулирует и преодолевает ее, используя теорию в качестве инструмента.

*Активная работа с текстом.* Выделения, создание заметок.

*Индивидуальная коллективность.* Организация дискуссий, где больше учеников принимает участие.

### **Теоретический строй (наука)**

Верное представление научно-теоретического строя считается главным содержанием учебника: наука плюралистична, но ее теории неравнозначны. В учебнике поле постоянного напряжения - это теория, о которой идет речь: ученик должен осознавать ее основные принципы (*фрейм понимания*) и/или понятия. ИТ позволяют реализовать разнообразную связность теорий.

Внутри науки теории ранжируются по области применения. В экономике если говорят о государстве, на первый план выходит кейнсианство, об анализе цен - неоклассика. Для ранжирования можно использовать метод Саати.

Внутри предметной области - по концептуальной зрелости: более развитые теории позволяют интерпретировать менее развитые (*Поппер*). Здесь можно отметить следующие моменты:

Исторический курс. В современной педагогике не рекомендуется включать его до теоретического, потому что так исторические события подаются как очевидные, а они должны пониматься с позиции современных теорий. С другой стороны, после теоретического курса он не так интересен. ИТ позволяют вплетать исторический материал в качестве демонстрации роста знания в теоретический курс и при этом иметь возможность вычленить этот материал (к примеру, по имени исследователя).

Иллюстрации обыденными представлениями, которые позволяют получать коммуникацию с повседневной жизнью.

### **Междисциплинарность (метанаука)**

Современное образование междисциплинарно: экономика бедна без математических формул, полет стрелы из механики прекрасно иллюстрирует производную. В этом смысле учебник представляет собой энциклопедию, что плохо согласуется с объемом традиционного бумажного учебника.

В энциклопедии особое внимание уделяется языку, употреблению слов, их значению с составе разных теорий.

Энциклопедичность делает знание более действенным, усиливает эффект основной теории, указывает место в системе наук, но угрожает превратить текст в "кашу".

### **Методология (дидактика)**

*Сбор статистики.* Помогает улучшать учебник.

*Планирование.*

*Рекомендации для учителя* составляют около 15% книги: как рассказывать, вопросы для повторения, литература - что, как и когда читать ученику.

*Контроль учителя.* Современная педагогика считает, что автор обязан указывать его дидактические принципы. А системы искусственного интеллекта, кроме того, позволяют их реализовывать в качестве допустимого множества (см. выше), формируя на этапе создания определенный способ взаимодействия с учеником.

## Анализ существующих решений

### Общий анализ

Недавний доклад профессора и лауреата премии президента РФ Рыбкиной Г.В. в Российской академии по искусственному интеллекту "Обучающие системы в мире: состояние и перспективы" содержит очень точную фразу: *"Педагогические системы последних поколений интеллектуальны, но не являются интеллектуальными педагогическими системами"*. Что соответствует нашей позиции о необходимости введения педагогических понятий и педагогических критериев полезности в алгоритмы ИИ.

Также были отмечены следующие положения:

- интенсивное использование веб-технологий для реализации дистанционного образования
- использование моделей ученика, курса и учителя, но отсутствие моделей и формирования стратегий обучения
- некумулятивность агентов (иначе, использование простых агентов if-then без истории)

Аналогично мнение Анатолия Каспржака, декана факультета менеджмента в образовании: *"К сожалению, компьютеры не изменили пока ничего - они не превзошли учителя даже в традиционной педагогике, что же говорить о создании новой педагогики"*. Мнение Башмакова (уч. "Разработка компьютерных учебников и обучающих систем"): *"Современные КСО носят интеллектуальный характер лишь в частностях"*.

Проведенный нами анализ выявляет следующие недостатки:

- использование психологических, а не педагогических (как социальных) критериев
- персонализация присутствует во всех системах, но должна накапливать информацию методом обучения
- интерфейс реализован как отголосок неинтеллектуальных безагентных систем
- слабая мультиагентность, не отражающая теоретический строй и

междисциплинарность

### **Общий анализ**

Можно выделить порядка 10 обучающих систем, в авангарде которых находится система IDEAL. Изучение документации систем создает видимость развитых средств моделирования интеллекта.

Рассмотрим, к примеру, модель студента:

- HBLE (hypermedia-based ...) основана на графе, в вершинах которого - оценки за тему
- EON аналогично использует граф ошибок
- FLUTE включает уровень знаний, прогресс
- KBS ориентируется на цели обучаемого
- IDEAL сети Байеса для распр на уровни
- SYDNEY психологический тест
- Сеть Хопфилда - нейронные сети, тип мышления

Абсолютное большинство ОС использует оверлейные (векторные и сетевые) некумулятивные модели. Большинство учитывают уровень знаний и структуру курса, меньше - психотип и выполнение заданий, практически не учитывается стиль и метод обучения. Что и требовалось доказать.

### **Общий анализ**

Систему IDEAL (Intelligent distributed environment for active learning) можно считать базовым стандартом для ОС. Безусловное достоинство системы - открытая архитектура, доступная улучшению. Остальное выпядит безоблачно только в документации.

Функционал:

- персонализация по профилю уровня овладения материалом
- автоматическая оценка результатов
- заявленная многоагентность
- планирование расписания обучения: агентом по степени готовности

студента или студентов вручную при помощи диаграммы тем для повторения и изучения

- возможность сборки лекции покомпонентно

Агенты:

- персональный агент студента (использует сеть Байеса показателей продуктивности: по изученным главам распределяет по уровням знаний)

- агенты курсов и учебных блоков со знаниями технологий курса

- учебный агент пытается синтезировать даух предыдущих, понимает и генерирует язык

- групповой агент, создающий групповой профиль

- реализованы языком JavaSpace (неудачно)

# Межагентное взаимодействие

## Общий анализ

Агентный подход (agent-based) в целом наиболее эффективен, когда возникает большое число подзадач. Если рассматривать конкретно экспертные системы, то наибольшую пользу он приносит в системах со сложной структурой знаний, с неизвестной структурой знаний (к примеру обучающие системы) либо если отношения между ними часто изменяются (к примеру системы экстренного реагирования). А в ЭС с социальными знаниями агентный подход следует признать самым выразительным, ведь он использует роли, социальные отношения, общение по протоколу цели и планы, адаптацию и обучение.

## Агенты и многоагентные системы

Агенты появились около 20 лет назад и быстро перешли из академических проектов в промышленные разработки. Алан Кей часто называется создателем теории агентов как "программ, которые при получении задания способны поставить себя на место пользователя, а в случае попадания в тупик задают ему уточняющие вопросы".

На конференции по многоагентным системам, проходившей в Германии в 2005 году, сообществом были сформулированы основные качества современных агентов, помимо автономности:

- реактивность на действия среды в реальном времени (when Event if Condition then Action) (адаптивность)
- активность, инициативность
- моделирование окружающей среды и ее опрос
- интеллектуальность как поиск решений, способность обучаться, изменять поведение

Программирование агента можно разделить на:

- логику
  - восприятие

- действие
- обучение
- взаимодействие
  - коммуникация
  - кооперация (для достижения общей цели) / конкуренция
  - управление (др. агентами)
- включение в систему для решения общей задачи ("целенаправленность агента")

С другой стороны, использование ООП для программирования агентов - не самый эффективный прием. В связи с тем, что самих алгоритмов не так много, гораздо продуктивнее сначала определить знания в декларативном виде сущность-отношение и потом обрабатывать их машиной вывода, подбирающей последовательность действий.

Поэтому чаще всего реализуются следующие этапы:

- представление знаний
- инженерия знаний
- методы принятия решений (процедуры обработки)

*Многоагентной системой* называется система, решающая одну задачу несколькими агентами методом передачи знаний и задач (действий) между агентами. Ее агенты ограничены (не знают о всей системе) и децентрализованы (не управляют всей системой).

Программирование МАС можно разделить на:

- примитивы агента
- организацию (архитектура и функции)
- цели (состояние агента во времени, влияние выполнения задачи на состояние, как достигаются цели и что происходит если их нельзя достигнуть)
- окружение
- взаимодействие

## Агентные платформы

Важным понятием в деле реализации МАС является *агентная платформа* - система, позволяющая создавать и уничтожать, интерпретировать, запускать и перемещать агентов.

Серверная среда содержит агентов в определенных контекстах (правах). Для обмена сообщений используются посредники (чтобы скрыть код, иметь возможность создавать свои копии или перемещаться в другой контекст). К агентной платформе и ее контекстам походит коммуникационная инфраструктура (например, RPC) для общения агентов. Самым высоким уровнем является *регион* - совокупность АП.

Таким образом, функции АП:

- взаимодействия агентов
- передача сообщений между агентами внутри платформы (на различных уровнях: на уровне сетевых пакетов, сообщений какого-либо языка общения, протоколов общения).
- передача сообщений между агентами разных платформ
- поддержка онтологий
- управление агентами
- поиск агентов и данных о них внутри системы.
- управление жизненными циклами агентов
- безопасность

Виды:

- регулирующий (постоянно переоценивает среду) / планирующий (должен иметь модель среды)
- конкурирующие / кооперативные
- простые (if then) - для полностью наблюдаемой среды / модельные (имеют модель среды) / целевые (функция полезности битовая - цель достигнута)

или нет)

- обучающиеся / необучающиеся

## **Реализация агентных платформ**

Платформы различаются по:

- области применения
- технологии (язык, стандарты организации FIPA)
- сообществу разработчиков
- расширяемости (API и плагины)
- интеграции с корпоративными системами
- документации
- лицензии
- связи с коммерческими структурами и примерами проектов

Рассмотрим популярные платформы для разработки, стандартизованные FIPA:

- JADE (наиболее известная)
- Coguaar (нет документации)
- Aglobe (плохо поддерживает FIPA)
- Jason (собственный язык AgentSpeak для описания агентов)
- Jack (коммерческая лицензия)

В для моделирования агентных взаимодействий используются: MASON, RePast, Ascape, NetLogo.

## **JADE в качестве АП**

JADE (Java Agent DEvelopment Framework) - наиболее популярная агентная платформа.

- область применения неограничена: веб, мобильные устройства, промышленное планирование и логистика, научные исследования, экспертные системы
- технологии: Java SE/ME, поддержка FIPA
- интеграция: Java EE, CORBA, XML
- документация: хорошая

- лицензия: LGPL
- используется: Motorola, Prologator GmbH, France Telecom, Telecom Italia
- сообщество разработчиков: зрелое, в связи с тем, что долгое время была единственной платформой после гибели платформ первых поколений
- инструментарий разработки: реализация, тестирование и отладка, развертывание (отладка обработчиков поведения, сниффер сообщений, среда тестирования, управление платформой и агентами), есть реализация для IDE Eclipse
- реализация: язык описания Java, механизмы интеллекта доступны через сторонние плагины: BDI и FSM, есть библиотека протоколов согласно стандартам FIPA, поддержка онтологий, плагины Semantic Web и Web Services

### Примитивы взаимодействия

Рассмотрим стандарт FIPA о взаимодействии агентов. Аббревиатура ACL обозначает язык взаимодействия агентов. Его примитивами являются слова *inform* и *request*, состоящие из предусловия (необходимо истинны для достижения цели) и "рационального эффекта" (цель отправитель).

Предусловие *inform* (утверждения) в том, что отправитель:

- считает его истинным
- намерен, чтобы получатель поверил в его истинность
- не считает, что получатель осведомлен об его истинности

Предусловие *request* (действия) в том, что отправитель:

- намерен, чтобы было выполнено действие, указанное в содержании
- считает, что получатель способен выполнить это действие
- не считает, что получатель уже намерен выполнить действие

Само сообщение выглядит следующим образом:

```
(<тип сообщения>
:sender      // отправитель
:receiver    // получатель(и)
:content     // содержание
```

:reply-with // метка исходящего сообщения  
:in-reply-to // ссылка на входящее сообщение  
:replyBy // лимит времени на ответ  
:language // язык  
:ontology // онтология  
:protocol // протокол общения  
:conversation-id // идентификатор разговора  
)

# Человеко–агентное взаимодействие

## Общий анализ

Мы будем рассматривать агентов, рецепторы которых есть мышь и клавиатура, а общение доступно только процессом визуализации на экране монитора. Однако, известны системы, основанные на аудиоязыках. К примеру, управление движением черепахи на экране при помощи аккордов, которые значительно более естественны для восприятия детей с развитыми музыкальными способностями: можно наблюдать, что в случае управления мышкой вполне здоровые дети не могут сопоставить движение рукой и действие на экране.

Для решения задач визуализации будем использовать теорию метафор В.Л. Авербуха. В связи с тем, что агенты наиболее соответствуют социальному поведению, наиболее перспективным можно считать использование антропоморфных метафор: метафора диалога, метафора интуиции (озарения) агента, метафора дирижера и оркестра и пр.

Кроме того, огромное значение приобретает динамика взаимодействия, которая является основной соответствующего интерфейса. В отличие от современного функционального интерфейса, который предоставляет инструменты в виде иконок по требованию, агентный интеллектуальный интерфейс инициирует их появление в связи с событием и контекстом, используя метафору уточняющего диалога. Новый интерфейс представляет собой переход от семантических текстов (слово и соответствующее ему значение) к прагматическим ("прагма" - дело; смысл слова есть его употребление в языке).

## Педагогические агенты

Педагогические агенты несут на себе функции педагога и обычно реализуются как ассистенты. Они обладают различными способностями. Общими, к примеру, координацией голоса и действий (Elliott 1977), вводом естественного языка (Ball 1996), персонификацией (Koda and Mayes 1999). И специализированными, как то слежение за действиями студента (Johnson

1997) реализацией методов деятельностной педагогики (Lester 1997a).

Самые известные анимированные агенты, которые помогают в навигации по темам, обращают внимание студента на интересные моменты, проводят презентации: Стив (Steve; живет в трехмерном мультимедиа), Адэле (Adele; живет в веб) Герман (Herman the Bug; общительный ботаник).

Мерселл [10] использует для обучения интерактивную педагогическую драму "Яркие идеи Кармен" (Carmen's bright ideas), в которой агенты являются актерами, а ученики - актерами либо зрителями. Пользователи участвуют в разрешении проблем по типу квеста. Реализована на платформе Thespian. Метафора драмы получила интересное продолжение в системе языкового обучения FactLang, которая изменяет поведение в зависимости от педагогических целей, языка, страны и пр. Примером может служить разговор в виртуальном кафе с арабом. Логика реализуется при помощи PsychSim (многоагентная система для ментального моделирования).

Отдельно выделяют класс агентов для обучения на равных (peer learning), что достигается правдоподобием обстановки, к которой присутствует агент и пользователь на экране либо самим агентом, ведущим с вами диалог используя мимику эмоции и пр. Здесь стоит отдельно упомянуть сетевых агентов типа RAR которые визуализируют себе седника на другом узле.

Третий класс ПА - демонстрационные. Они используют деятельностную педагогику для изучения принципов, законов, связей. Пользователь, изменяя параметры или программируя агентов можно наблюдать их изменившееся поведение. К примеру, Wilensky на платформе NetLogo изучает электромагнетизм, агентами выступают элементарные частицы.

## **Заключение**