



## Искусственные общества. 2013-2025

ISSN 2077-5180

URL - <http://artsoc.jes.su>

Все права защищены

Выпуск 1 Том 20. 2025

## Проектирование образовательных практик на основе многоагентного подхода

**Патаракин Евгений Дмитриевич**

*Московский городской педагогический университет, ВШЭ  
Российская Федерация, Москва*

**Шишков Михаил Сергеевич**

*Московский городской педагогический университет  
Российская Федерация, Москва*

### Аннотация

Современные образовательные системы представляют собой сложные адаптивные экономические системы. Работа с моделями таких систем позволяет студентам глубже понять экономические связи и зависимости. В последние годы рамка сложных адаптивных систем активно используется для анализа педагогических ситуаций. Так, учебные классы можно рассматривать как сложные системы, в которых ученики, выступающие в роли агентов, взаимодействуют друг с другом и с учителем. Сквозь призму сложных адаптивных систем можно анализировать и системы городского образования, включающие множество образовательных учреждений, взаимодействующих друг с другом и с местным сообществом, где наблюдаются сложные взаимодействия между политическими решениями, финансированием и образовательными результатами. В данной работе рассматривается перенос навыков проектирования многоагентных моделей на проектирование педагогических практик. Исследование выполнено на базе Semantic MediaWiki, что позволило объединить различные среды программирования (Snap!, NetLogo, StarLogo Nova, GAMA), модели, датасеты и работы студентов. В качестве одного из примеров рассмотрена модель выбора учениками школ, различающихся по географическому положению, стоимости обучения, уровню достижений студентов, максимальной вместимости и доступности публичной информации.

**Ключевые слова:** сложные адаптивные системы, агентное моделирование, Semantic MediaWiki, Snap!, NetLogo, StarLogo Nova

**Дата публикации:** 31.03.2025

**Ссылка для цитирования:**

Патаракин Е. Д. , Шишков М. С. Проектирование образовательных практик на основе многоагентного подхода // Искусственные общества. – 2025. – Т. 20. – Выпуск 1. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800033922-3-1/>. DOI: 10.18254/S207751800033922-3

1

## **Введение**

Современное общество характеризуется активным развитием цифровых технологий, что оказывает значительное влияние на все сферы жизни, включая образование. Особую роль в контексте цифровизации образования играет цифровая дидактика, которая исследует применение цифровых инструментов и сред для развития новых образовательных практик. Важно отметить, что эти практики неразрывно связаны с экономическими процессами, поскольку цифровая трансформация образования влияет на доступность образования, развитие новых навыков, оптимизацию затрат и повышение конкурентоспособности выпускников на рынке труда. Цифровая дидактика ищет и открывает новые возможности для применения инновационных подходов и инструментов, в частности, многоагентных моделей, позволяющих моделировать сложные процессы внутри образовательной среды. Эти модели могут быть использованы для анализа и оптимизации различных аспектов образовательной деятельности, от индивидуализации обучения до управления образовательными организациями.

2

Многоагентные модели и среды агентного моделирования широко представлены в образовании, поскольку они используются для формирования вычислительного мышления и экспериментального изучения различных дисциплин, таких как математика, физика, химия и биология<sup>1, 2, 3, 4</sup>. Среда разработки и позволяет учащимся активно взаимодействовать с моделируемыми системами, что способствует более глубокому пониманию сложных концепций и процессов.

3

Моделирование в педагогике играет ключевую роль в анализе и оптимизации образовательных процессов. Моделирование позволяет предсказывать, как различные факторы — такие как методы преподавания, организационные изменения или индивидуальные особенности студентов — могут влиять на учебные достижения. Это помогает педагогам разрабатывать более эффективные стратегии обучения. Многоагентные модели дают возможность исследовать взаимодействия между отдельными агентами в образовательной среде. Образование представляет собой сложную адаптивную систему, где множество факторов взаимодействуют друг с другом. Моделирование помогает выявлять эти взаимодействия и их последствия, что позволяет лучше понимать, как система реагирует на изменения.

## Сложные адаптивные системы в образовании

В последние годы теоретическая рамка сложных адаптивных систем (CAS) становится всё более актуальной в различных областях, включая образование. Это связано с тем, что подход, основанный на понимании сложности и динамики взаимодействий между компонентами системы, предоставляет мощные объяснительные инструменты для анализа образовательных процессов. Сложные адаптивные системы характеризуются множеством взаимосвязанных агентов, которые взаимодействуют друг с другом и адаптируются к изменениям в окружающей среде<sup>5 6</sup>.

<sup>4</sup> Такой подход позволяет глубже понять, как различные факторы влияют на обучение и преподавание. Кроме того, развитие вычислительных технологий и методов многоагентного моделирования значительно расширяет возможности для применения концепций CAS в педагогической практике. Ближе всего к области изучения сложных систем расположена сетевая наука (network science), поскольку она сосредоточена на вопросах взаимосвязей и взаимодействий между компонентами системы<sup>7, 8, 9</sup>. Сетевая наука позволяет анализировать, как структуры и динамика сетей влияют на поведение сложных систем, подчеркивая важность взаимодействий между агентами и их роль в формировании новых эмерджентных свойств системы. Таким образом, понимание сетевых взаимодействий становится ключевым для изучения и моделирования сложных адаптивных систем.

<sup>5</sup> Система считается сложной в тех случаях, если она открыта (обменивается информацией с окружающим миром), состоит из множества частично автономных и связанных между собой компонентов, называемых агентами, и если в этой системе нет централизованного управления<sup>10</sup>. Неопределенность поведения сложной системы всегда выше нуля, но ниже единицы. Иначе говоря, поведение сложных систем является неопределённым, но не случайным. Общее поведение сложной складывается из связей между составными агентами. Автономность агентов ограничивается сдерживающими факторами, наложенными на них системой, к которой они принадлежат. Эти факторы могут включать нормы и правила, доступность ресурсов, экологические условия и социальные структуры. Поскольку ключевым преимуществом сложных комплексных систем является адаптивность принято называть такие системы сложными адаптивными системами. В качестве примеров сложных адаптивных систем чаще всего приводят стайные феномены, когда в стаях животных, таких как птицы или рыбы, каждый индивидуум действует на основе локальной информации и взаимодействует с ближайшими соседями. Это приводит к сложному коллективному поведению, например, к образованию форм в воздухе или воде<sup>11</sup>.

<sup>6</sup> В последние годы рамка CAS используется для анализа педагогических ситуаций. Так Якобсон рассматривает сам процесс обучения в как сложную систему<sup>12</sup>. Учебные классы можно рассматривать как сложные системы, где ученики (агенты) взаимодействуют друг с другом и с учителем<sup>13, 14, 15</sup>. Внутри классов обучение и поведение учеников зависят от множества факторов, включая социальную динамику и индивидуальные стили обучения. Сквозь теоретическую рамку CAS можно рассматривать и современный город<sup>16, 17</sup> и системы городского

образования, включающие множество образовательных учреждений, которые взаимодействуют друг с другом и с местным сообществом. Здесь также наблюдаются сложные взаимодействия между политическими решениями, финансированием и образовательными результатами.

7 Современные социотехнические системы, такие как вики и учебные среды представляют собой динамичные и многогранные экосистемы, в которых взаимодействуют различные агенты, включая школьников, студентов, преподавателей, контент и компьютерные программы<sup>18, 19</sup>. Эти социотехнические системы демонстрируют свойства самоорганизации, где новые характеристики возникают из взаимодействий между агентами, что делает их важными объектами для изучения в контексте сложных адаптивных систем, в которых выстраиваются различные отношения между людьми и машинами<sup>20</sup>. Понимание этих систем как CAS открывает новые возможности для разработки эффективных образовательных стратегий и инструментов.

8

### **Изучение сложных образовательных систем при помощи многоагентных моделей**

Среди различных методологий многоагентное моделирование (АВМ) выделяется благодаря своей способности симулировать взаимодействия автономных агентов в сложных средах. АВМ позволяет исследователям и практикам создавать модели, отражающие реальные феномены, моделируя поведение отдельных агентов и их взаимодействия<sup>21, 22, 23</sup>.

9 Многоагентное моделирование стало мощным инструментом для изучения сложных систем в различных дисциплинах. Важно прививать студентам педагогических вузов интерес к этому подходу и к проведению педагогических экспериментов в среде искусственных сообществ. Среди моделей, которые явно связаны с обучением и совместной деятельностью можно выделить следующие:

- Модель различных стратегий обучения (Piaget-Vygotsky), представленная в работе Абрахамсона и Виленского<sup>24</sup>. Модель позволяет наглядно показать основные идеи Пиаже и Выготского о процессе обучения, что может помочь студентам лучше понять эти теории. Студенты могут изменять параметры модели и наблюдать, как это влияет на результаты обучения.
- Модель формирования команд, представленная в работе Гуимера и соавторов<sup>25</sup>, в которой они проанализировали варианты формирования команд, обратив внимание на то, что людям свойственно сотрудничать с теми, с кем у них уже был опыт сотрудничества. Те, кто уже писал статью, предпочитают в последующих проектах сотрудничать с проверенными соавторами.
- Модель выбора учениками школ, которые различаются по географическому положению, стоимости обучения, уровню достижений студентов, максимальной вместимости, доступности публичной информации о школе. или частная), стоимость обучения и уровень достижений учеников<sup>26</sup>. Взаимодействие между учениками и школами происходит через процесс

подачи заявок и выбора. Ученики могут обмениваться информацией о школах через свои социальные сети, и этот обмен может влиять на их выбор.

- Модель взаимодействия акторов внутри системы Интернета вещей, представленная в работе Ниази<sup>27</sup>, где анализируется динамика формирования сетевых отношений между различными устройствами, которые могут входить в состав умного класса.

10

## Материалы и методы

Методология данного исследования включает использование возможностей Semantic MediaWiki (SMW) для проектирования образовательных программ, которые интегрируют многоагентные модели. В рамках проекта SMW используется для проектирования и реализации многоагентного моделирования в программах подготовки учителей. Этот подход обеспечивает динамическое взаимодействие с образовательным контентом и способствует развитию компетенций в области вычислительного мышления у будущих педагогов. Платформа Digma.mgpi.ru Московского городского университета, служит комплексной средой для образовательных инициатив, сосредоточенных на цифровой дидактике и вычислительном мышлении. Она предоставляет среды для создания и внедрения многоагентных моделей, что позволяет студентам и преподавателям активно участвовать в процессе обучения.

<sup>11</sup> Ключевым аспектом таких сред как Scratch, Snap!, StarLogo Nova, NetLogo, GAMA является акцент на студентах как дизайнерах агентных моделей. Эта роль позволяет учащимся глубже взаимодействовать с принципами вычислительного мышления через практический опыт, способствующий творчеству и решению проблем. Вместе эти среды демонстрируют потенциал многоагентного моделирования в развитии вычислительного мышления и улучшении дизайна обучения в различных образовательных контекстах. Привитие студентам интереса к многоагентному моделированию и экспериментам в среде искусственных сообществ является важным шагом к формированию будущих педагогов, способных эффективно использовать современные подходы к обучению и исследованию.

<sup>12</sup> Для того, чтобы упростить реализацию такого подхода для всех, кто захочет им воспользоваться, мы подготовили необходимые форму, шаблон и категории для размещения объектов типа(класса) «модель». Данный класс объектов фокусируется на имитационных моделях и их применении в поле вычислительной дидактики.

<sup>13</sup> Стандартный запрос к категории с просьбой показать количество объектов, для которых заполнено свойство «Описание»:

<sup>14</sup> `{{#ask: [[Категория:Model]] [[Description:~]] | format = count }}`

<sup>15</sup> Представление моделей, которые созданы студентами, в виде таблицы, в которой кроме названия модели есть столбцы с описанием модели и указанием на среды программирования, в которых реализована модель

16 {{#ask: [[Категория:Model]] [[Student-created::Да]] | ?Description | ?  
Environment}}

17 Представление учебных и исследовательских моделей в виде таблицы, в которой кроме названия модели есть столбцы с описанием модели и указание на среды программирования, в которых реализована модель

18 {{#ask: [[Категория:Model]] [[Student-created::Нет]] | ?Description | ?  
Environment}}

19 Если при объяснении темы моделирования нам потребуется выделить модели, которые будут связаны с конкретной предметной областью, то мы задаём это свойство в запросе. Например, покажи нам только страницы, которые будут связаны с географией, биологией или химией:

20 {{#ask: [[Категория:Model]] [[Field\_of\_knowledge::География]]

21 OR

22 [[Категория:Model]] [[Field\_of\_knowledge::Биология]]

23 OR

24 [[Категория:Model]] [[Field\_of\_knowledge::Химия]]

25 | ?Description | ?Environment }}}

26 Если мы захотим проанализировать к каким предметным областям относятся модели, созданные студентами, то мы используем следующий запрос:

27 {{#ask: [[Категория:Понятие]] [[Student-created::Да]]  
[[Field\_of\_knowledge::+]]

28 |?Field\_of\_knowledge

29 |mainlabel=-

30 |format=jqplotchart

31 |charttype=bar

32 |charttitle= Предметная область

33 |distribution=yes

34 |width=80%

35 |datalabels=percent

36 }}}

37 В результате будет получена диаграмма распределения интересов создателей моделей, встроенную непосредственно в текст вики страницы.

38 Для планирования учебной деятельности на основе использования моделей в вики предполагается её представление в виде двух диаграмм: диаграммы деятельности (Activity Diagram) и диаграммы последовательности

(Sequence Diagram). Общий шаблон диаграммы деятельности, в которой преподаватель описывает последовательность действий от постановки целей учебного процесса (образовательных эффектов) до получения образовательных результатов, представлен на схеме (Рисунок 1).

39

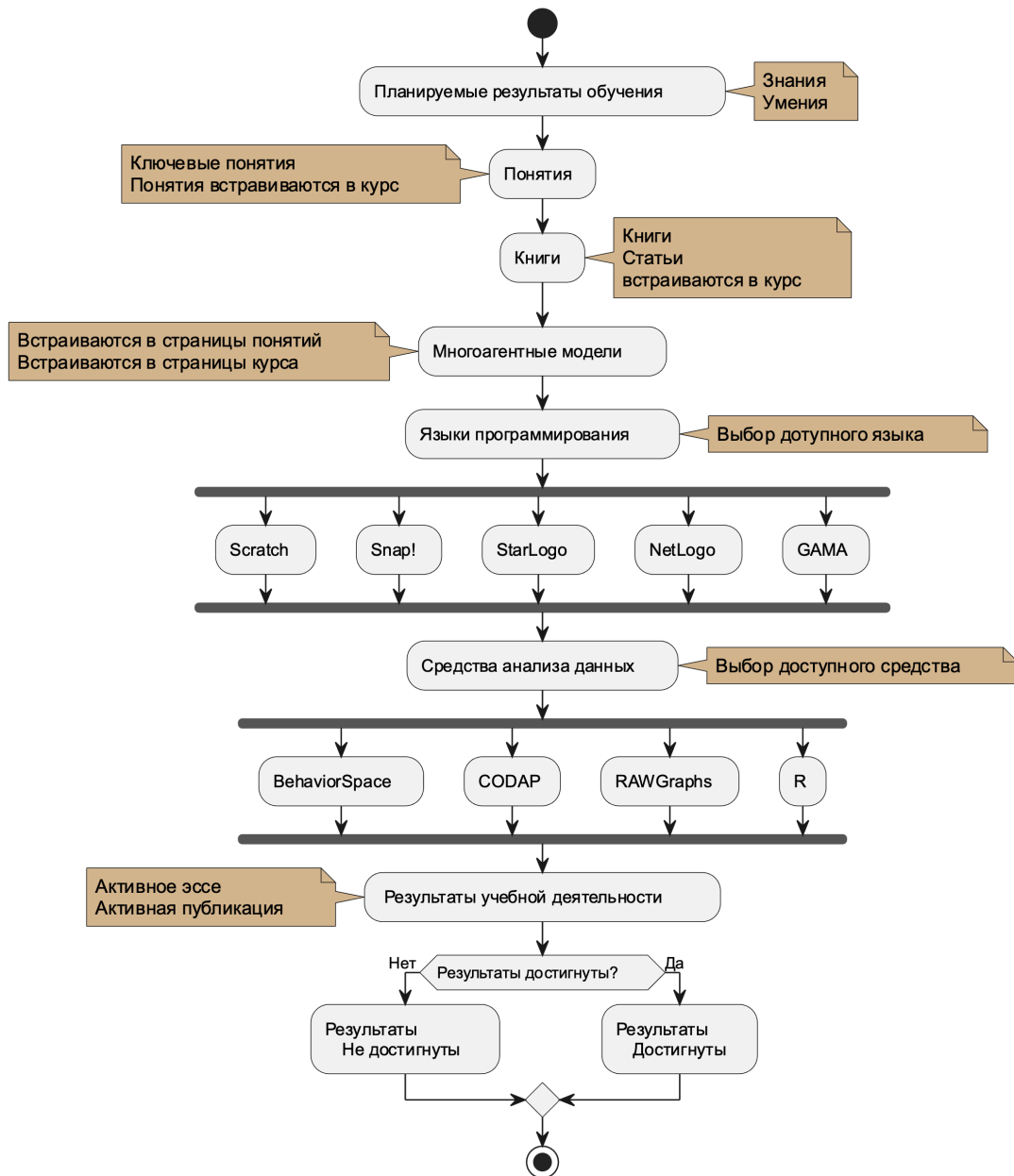


Рис. 1. Шаблон построения учебного курса

40

41 Деятельность преподавателя начинается с планирования образовательных эффектов (learning outcomes), как перечня тех знаний и умений, которыми должен в ходе деятельности овладеть учащийся. Исходя из планируемых образовательных эффектов, страница курса наполняется объектами из категории «понятие», эти объекты расширяются и дополняются объектами из категорий книг и их авторов, с которыми должны познакомиться учащиеся. Наполнение страницы учебного курса происходит через вопросы, которые преподаватель задает к системе для получения нужных материалов.

Интерактивные возможности площадки позволяют пояснять понятия игровыми модулями и многоагентными моделями, которые включаются преподавателем в материалы курса. Кроме того, для работы с данными внутри курса учащиеся могут выбрать различные цифровые средства и языки программирования. Результатом учебной деятельности, как правило, является активное эссе или активная публикация в виде вики-страницы, включающая в себя текст, примеры кода и действующую модель. Эта страница активного эссе служит подтверждением того, что поставленные цели обучения были достигнуты.

Диаграмма последовательности (рисунок 2) больше внимание уделяет действиям учеников, которые направлены на получения результатов обучения, как цифровых продуктов учебной деятельности. Для создания продуктов студенты обращаются к книгам, наборам данных и моделям, также студенты обращаются с вопросами к преподавателю и друг другу. И в конце последовательности действий преподаватель оценивает созданный продукт, как результат учебной деятельности, который подтверждает, что поставленные цели обучения были достигнуты.

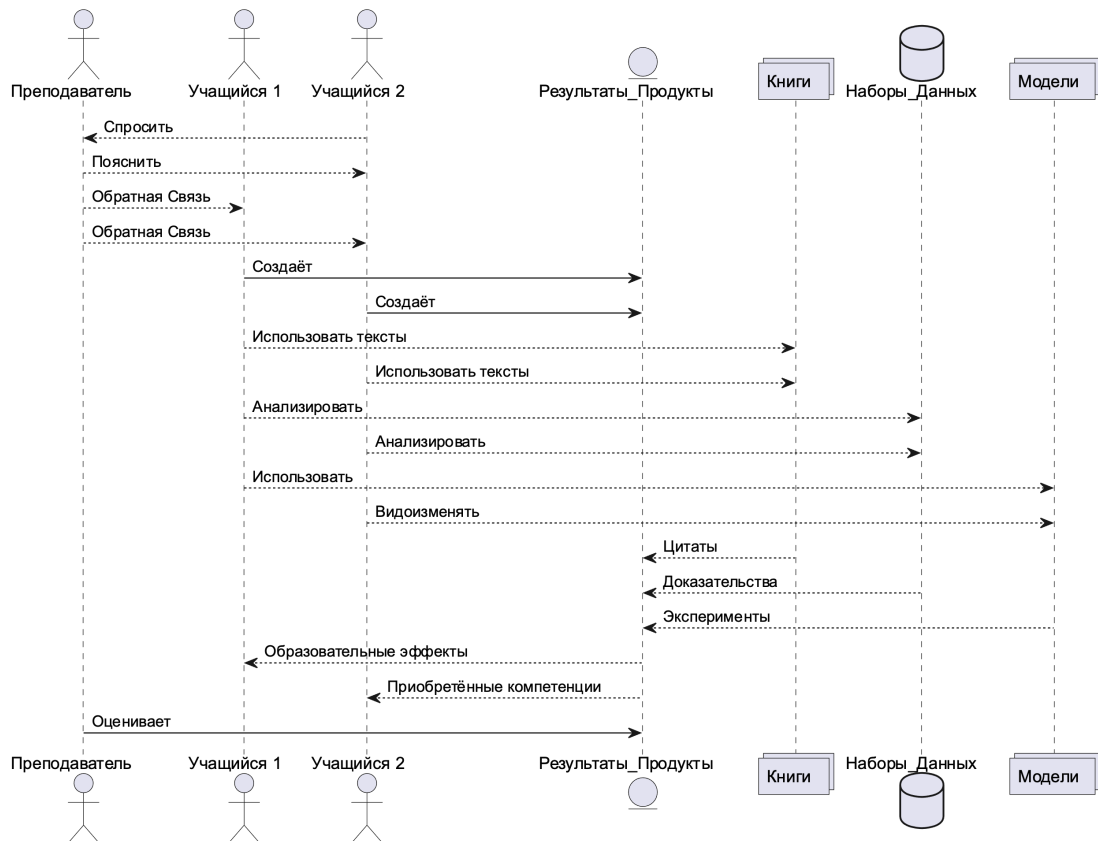


Рис. 2. Общая диаграмма последовательности учебного курса

Шаблоны диаграмм активности и диаграмм последовательностей, с которых начинается работа над учебными курсами, доступны в категории диаграмм. Преподаватель наполняет шаблоны нужными ему объектами и в результате получает страницу, со ссылками и вставками рабочих материалов. Диаграмма деятельности учебного курса «Основы компьютерного моделирования», представлена на рисунке 3.

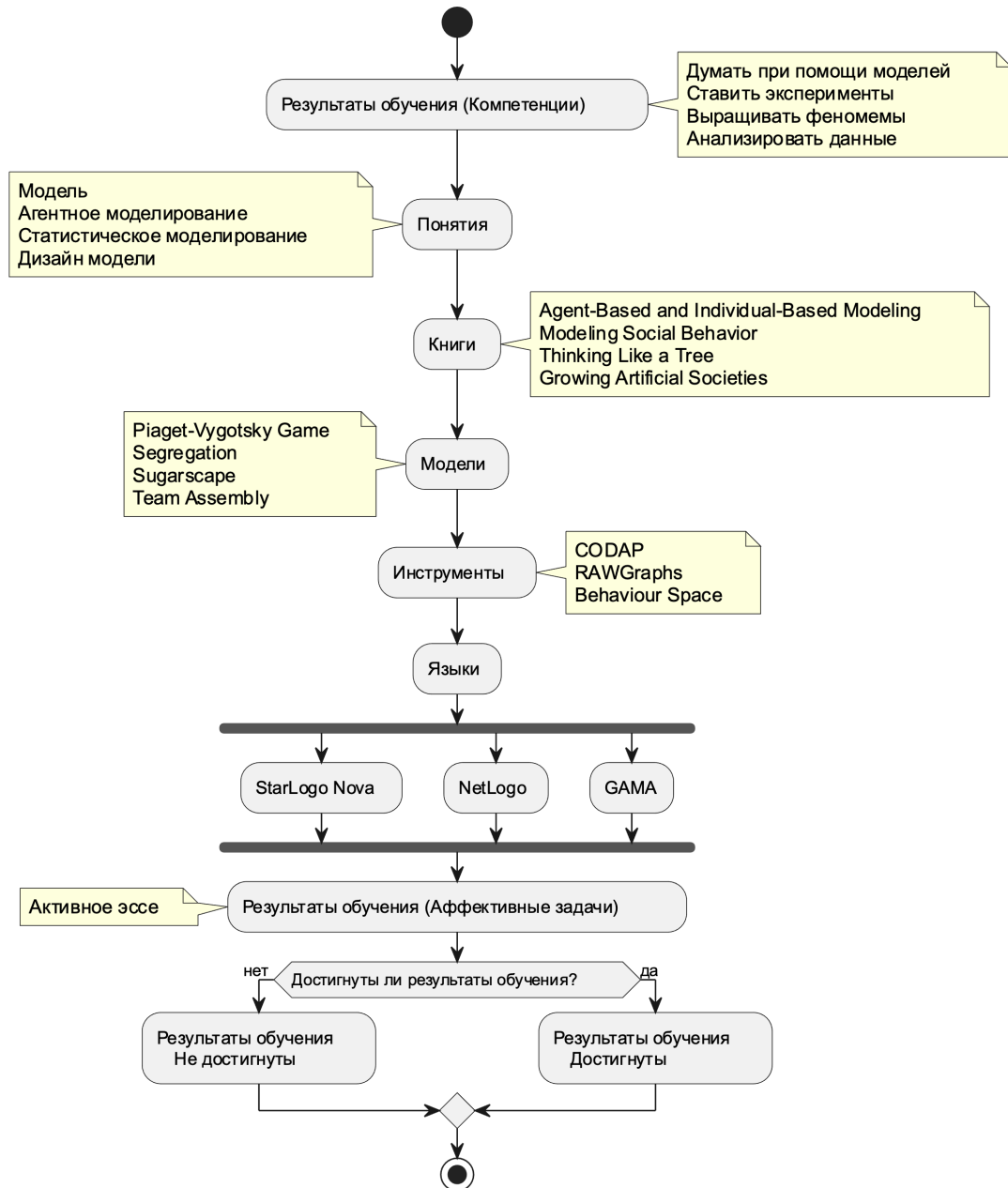


Рис. 3. Диаграмма курса "Основы компьютерного моделирования"

48 Преподаватель начинает работу с анализа перечня компетенций, которые уже есть на площадке и которые могут быть использованы в качестве образовательных эффектов. Запрос к таким компетенциям выглядит так:

49 `{{#ask: [[Категория:Competence]] [[~*model*]] OR`  
`[[Категория:Competence]]`

50 `[[~*модел*]] | format = ol }}`

51 Понятия, связанные с миром компьютерного моделирования, которые могут быть полезны учащимся курса:

52 `{{#ask: [[Категория:Понятие]] [[~*модел*]] OR [[Категория:Понятие]]`

53 `[[~Модел*]] | ?Description | ?Environment }}`

54 Книги и авторы для учебного курса :

55 { {#ask: [[Категория:Book]] [[~\*model\*]] OR [[Категория:Book]] [[~\*Model\*]] OR [[Категория:Book]] [[~\*модел\*]] OR [[Категория:Book]] [[~Модел\*]] OR [[Growing Artificial Societies: Social Science From the Bottom Up (Complex Adaptive Systems)]] [[Turtles, termites, and traffic jams: explorations in massively parallel microworld]] | ?Inventor | ?Description | ?Environment } }

56 Игровые модули, которые показывают возможности компьютерного моделирования, и которые могут служить для образцов студенческих проектов:

57 { {#ask: [[Foldit]] OR [[SimAnt]] OR [[SimCity]] OR [[Sims]] | ?Description } }

58 Многоагентные модели, которые уже размещены на площадке. Полный перечень моделей с их описанием можно получить по запросу:

59 { {#ask: [[Категория:Model]] | ?Description } }

60 Среди этих моделей преподаватель может отобрать те, которые не являются или являются студенческими работами. Кроме того, он может ограничить область применения моделей одной или несколькими предметными областями. Например, если курс предназначен для учителей английского языка, то в первую очередь на страницы курса попадают модели, связанные с языкознанием и литературой. Если курс предназначен для учителей физкультуры, то на страницы курса попадают модели, связанные с имитацией агентами таких спортивных игр как регби, футбол, баскетбол.

61 При знакомстве студентов с моделями мы обращаем внимание на то, как модель позволяет выращивать данные, какие инструменты используются для планирования экспериментов и для анализа собранных данных. Если курс рассчитан на студентов, владеющих навыками программирования, то учащимся предлагается несколько сред создания моделей – это NetLogo и GAMA<sup>28</sup>.

62 Деятельность студентов в рамках учебного курса по основам моделирования направлена на создание и представление многоагентных моделей. При этом учащиеся осваивают навыки создания активных публикаций и принципы описания и проектирования моделей.

63 Диаграмма последовательности учебного курса «Основы компьютерного моделирования» представлена на рисунке 4. В качестве результатов обучения на схеме указаны модели, которые в рамках учебного курса проектируют и описывают ученики.

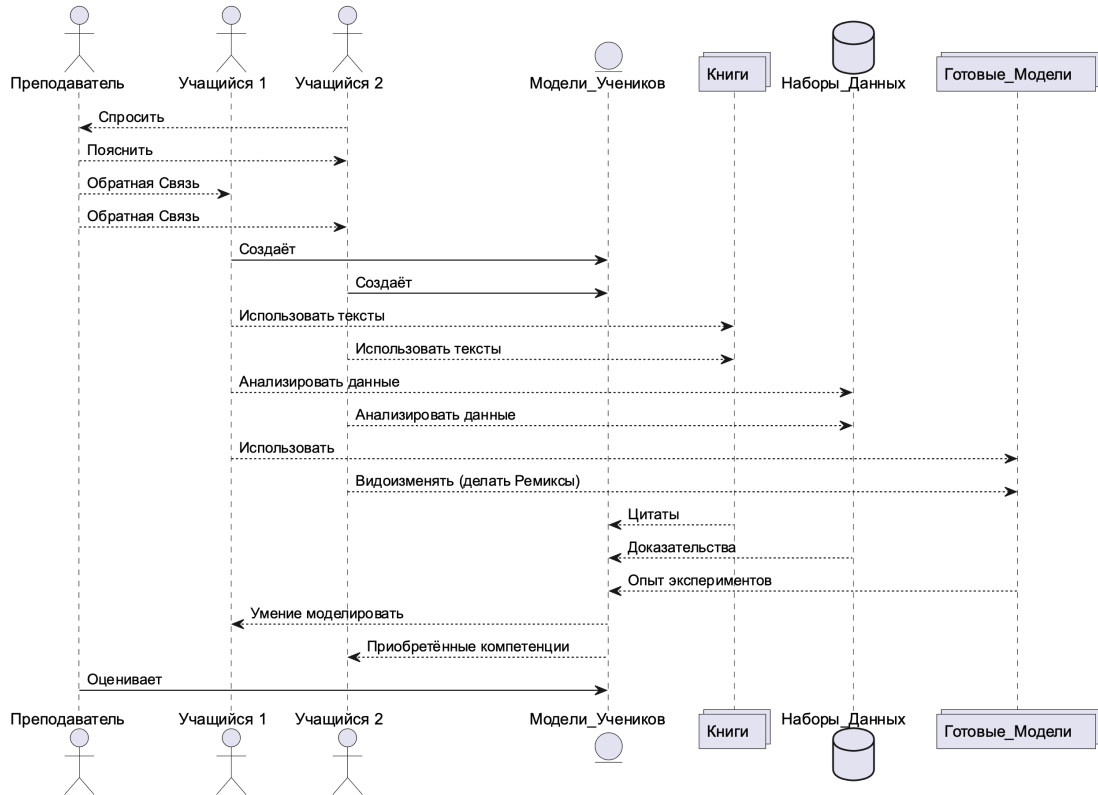


Рис. 4. Диаграмма последовательности учебного курса «Основы компьютерного моделирования»

65

66

## Перенос навыков дизайна моделей на дизайн педагогических практик

Проектирование и использование многоагентной модели включает несколько ключевых этапов, подробно описанных в работах Гримма по протоколу ODD<sup>29, 30</sup>. Мы полагаем, что эти этапы и принципы могут быть успешно перенесены студентами педагогических вузов на дизайн их педагогических исследований. Первым шагом является формулировка исследовательского вопроса. Четкий и продуктивный вопрос служит компасом для разработки модели, что также актуально для педагогических исследований. Студенты должны научиться фокусироваться на конкретных аспектах образовательного процесса, что поможет им в дальнейшем уточнять свои исследовательские цели.

<sup>67</sup> Следующий этап — сбор гипотез. Важно не просто агрегировать поведение агентов, а представлять их как набор свойств, что позволяет глубже понять динамику системы. В педагогическом контексте это может означать изучение различных факторов, влияющих на обучение, и формулирование гипотез о том, как эти факторы взаимодействуют. Затем студенты выбирают основные сущности и переменные. Это требует тщательного обдумывания и описания модели, что также актуально для педагогического дизайна.

<sup>68</sup> Реализация модели — технический этап, который можно адаптировать к процессу сбора данных в педагогических исследованиях. Студенты должны уметь преобразовывать свои идеи в практические шаги, используя доступные

инструменты для анализа образовательных процессов. Тестирование и исправление модели являются критически важными для извлечения уроков из проведенного анализа. В педагогическом исследовании этот этап включает в себя оценку результатов и корректировку подходов на основе полученных данных.

<sup>69</sup> Использование принципов и этапов дизайна многоагентной модели и учебной практики приведено в таблице 1.

<sup>70</sup> Таблица 1. Принципы и этапы дизайна многоагентной модели и учебной практики

Принцип ODD	Многоагентная модель	Учебная практика
Цель	Определение цели модели и шаблонов, которые она должна воспроизводить	Определение целей обучения и результатов, которые должны быть достигнуты
Сущности, переменные состояния и масштабы	Описание ключевых сущностей (агентов, окружающей среды), их атрибутов и пространственно-временных масштабов	Описание ключевых сущностей (студентов, команд, учебной среды), их атрибутов и масштабов
Возникновение	Объяснение, как в модели возникают сложные паттерны поведения	Объяснение, как в учебной практике возникают самоорганизующиеся модели поведения студентов
Адаптация	Описание способности агентов адаптировать свое поведение в ответ на изменения в окружающей среде	Описание способности студентов адаптировать свои стратегии обучения и подходы к командной работе
Пригодность	Объяснение, как модель оценивает "пригодность" агентов и как это влияет на их поведение	Объяснение, как учебная практика повышает "пригодность" студентов в плане применения знаний, решения проблем и эффективной работы в команде
Восприятие	Описание того, как агенты воспринимают и интерпретируют информацию из окружающей среды	Описание того, как студенты воспринимают и интерпретируют информацию из различных источников
Взаимодействие	Объяснение, как агенты взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой	Объяснение, как студенты взаимодействуют внутри команд, между командами и с преподавателями
Стохастичность	Описание случайных или вероятностных элементов, влияющих на поведение агентов	Описание случайных или непредсказуемых элементов, включенных в учебную практику для имитации реальной неопределенности
Наблюдение	Описание того, как модель позволяет наблюдать за поведением агентов и их результатами	Описание того, как учебная практика позволяет наблюдать за поведением студентов, процессами обучения и результатами
Инициализация	Описание начальных условий и параметров, используемых для запуска модели	Описание шагов по установке учебных целей, разработке заданий, подготовке ресурсов, организации среды и назначению команд студентов
Входные данные	Описание любых внешних данных, используемых для управления поведением модели	Описание входных данных, таких как предыдущие знания студентов, динамика команды и обратная связь преподавателя
Подмодели	Подробное описание ключевых процессов и алгоритмов, составляющих модель	Подробное описание подмоделей, таких как формирование команды, определение проблемы, сбор информации, генерация идей, прототипирование, презентация и оценка

<sup>71</sup> Наше намерение развивать конструктор использования моделей связано с желанием воспитывать у студентов культуру исследования и работы с данными. Эти навыки они смогут развивать и применять при помощи агентных моделей, что существенно повысит качество их педагогических исследований.

В статье рассмотрен вопрос переноса опыта дизайна многоагентного моделирования в сферу образовательного дизайна и постановки педагогических экспериментов. Работа подчеркивает важность формализации и представления вербальных теорий в виде моделей для повышения ясности и точности научных исследований. Мы исследовали потенциал применения навыков формализации, приобретенных при разработке многоагентных моделей в средах StarLogo Nova и NetLogo, к проектированию образовательных практик. Такие принципы дизайна многоагентных моделей как описание ключевых сущностей, объяснение паттернов восприятия, поведения, взаимодействия, являются крайне значимыми при проектировании образовательных практик. Получив опыт применения этих принципов при проектировании многоагентных моделей, студенты могут использовать его при проектировании образовательных практик. Существенное значение при этом имеет использование Semantic MediaWiki как единой среды организации учебной деятельности, где создаются и редактируются и многоагентные модели и образовательные практики.

---

#### Примечания:

1. Musaeus L. H., Musaeus P. Computational Thinking in the Danish High School: Learning Coding, Modeling, and Content Knowledge with NetLogo SIGCSE '19 / New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019.p. 913–919
2. Parandekar S., Patarakin E., Yayla G. A Modern Aspect of Instrumental Literacy: Coding UNIPA Springer Series / Cham: Springer International Publishing, 2023.p. 367–390
3. Patarakin, Y. D., & Yarmakhov, B. B. (2021). Data farming for virtual school laboratories. RUDN Journal of Informatization in Education, 18(4), pp. 347–359. >>>>
4. Railsback, S. F., & Grimm, V. (2019). Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction, Second Edition. Princeton University Press. 360 p.
5. Holland, J. H. (1995). Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity. Basic Books. 216 p
6. Holland, J. H. (2000). Emergence: From Chaos to Order. Oxford University Press.
7. Börner, K., Sanyal, S., & Vespignani, A. (2007). Network science. Annual Review of Information Science and Technology, 41(1), pp. 537–607
8. Brandes, U., Robins, G., McCranie, A., & Wasserman, S. (2013). What is network science? Network Science, 1(01), p. 1–15. >>>>
9. Sánchez, A., & Brändle, C. (2014). More network science for teenagers. arXiv:1403.3618 [Physics]. >>>>
10. Oktavia Mulyono, Y., Sukhbaatar, U., & Cabrera, D. (2023). 'Hard' and 'Soft' Methods in Complex Adaptive Systems (CAS): Agent Based Modeling (ABM) and the Agent Based Approach (ABA). Journal of Systems Thinking, p. 1–33. >>>>
11. Thompson, K., & Reimann, P. (2010). Patterns of use of an agent-based model and a system dynamics model: The application of patterns of use and the impacts on learning outcomes. Computers & Education, 54(2), pp. 392–403. >>>>
12. Jacobson, M. J., Levin, J. A., & Kapur, M. (2019). Education as a Complex System: Conceptual and Methodological Implications. Educational Researcher. >>>>
13. Blikstein, P., Abrahamson, D., & Wilensky, U. (2008). The Classroom As a Complex Adaptive System: An Agent-based Framework to Investigate Students' Emergent Collective Behaviors. Proceedings of the 8th International Conference on International Conference for the Learning Sciences - Volume 3, pp. 12–13. >>>>
14. Knight, B. (2022). The classroom as a complex adaptive system (CAS): Credible framing, useful metaphor or mis-designation? International Journal of Complexity in Education, 3(1).
15. Newell, C. (2008). The class as a learning entity (complex adaptive system): An idea from complexity science and educational research. SFU Educational Review, 2. >>>>

16. Fosvold, A., & Petersen, S. A. (2024). CitySIM – Agent-Based System for Modelling and Simulating Cities as Complex Adaptive Systems for Collaborative Governance. In L. M. Camarinha-Matos, A. Ortiz, X. Boucher, & A.-M. Barthe-Delanoë (Eds.), *Navigating Unpredictability: Collaborative Networks in Non-linear Worlds* (pp. 288–300). Springer Nature Switzerland. pp. 288–300 >>>>
17. Venumuddala, V. R., Prakash, A., & Chaudhuri, B. (2024). Governing Smart City IoT Interventions: A Complex Adaptive Systems Perspective. *Digit. Gov.: Res. Pract.*, 5(3), 23:1-23:24. >>>>
18. Gower-Winter, B. (2023). Self-adapting simulated artificial societies. >>>>
19. Mehaffy, M. W. (2023). Patterns of Growth: Operationalizing Alexander’s “Web Way of Thinking.” *Urban Planning*, 8(3), pp. 235–245. >>>>
20. Tsvetkova, M., Yasseri, T., Pescetelli, N., & Werner, T. (2024). Human-machine social systems (arXiv:2402.14410). arXiv. >>>>
21. Page, S. E. (2021). The simulation manifesto: A commentary on Lustick and Tetlock 2021. >>>>
22. Smaldino, P. E. (2020). How to Translate a Verbal Theory Into a Formal Model. *Social Psychology*, 51(4), pp. 207–218. >>>>
23. Zhang, K., Yang, Z., & Başar, T. (2021). Multi-Agent Reinforcement Learning: A Selective Overview of Theories and Algorithms (arXiv:1911.10635). arXiv. >>>>
24. Abrahamson, D., & Wilensky, U. (2005). Piaget? Vygotsky? I’m Game!—Agent-Based Modeling for Psychology Research. >>>>
25. Guimerà, R., Uzzi, B., Spiro, J., & Amaral, L. A. N. (2005). Team Assembly Mechanisms Determine Collaboration Network Structure and Team Performance. *Science*, 308(5722), pp. 697–702. >>>>
26. Díaz, D. A., Jiménez, A. M., & Larroulet, C. (2021). An agent-based model of school choice with information asymmetries. *Journal of Simulation*, 15(1–2), pp. 130–147. >>>>
27. Niazi, M. A. (2019). Exploratory and validated agent-based modeling levels case study: Internet of Things. In *Modeling and Simulation of Complex Communication Networks* (pp. 209–238). Institution of Engineering and Technology. >>>>
28. Taillandier, P., Gaudou, B., Grignard, A., Huynh, Q.-N., Marilleau, N., Caillou, P., Philippon, D., & Drogoul, A. (2019). Building, composing and experimenting complex spatial models with the GAMA platform. *GeoInformatica*, 23(2), pp. 299–322. >>>>
29. Grimm, V., Berger, U., Calabrese, J. M., Cortés-Avizanda, A., Ferrer, J., Franz, M., Groeneveld, J., Hartig, F., Jakoby, O., Jovani, R., Kramer-Schadt, S., Münkemüller, T., Piou, C., Premo, L. S., Pütz, S., Quintaine, T., Rademacher, C., Rüger, N., Schmolke, A., ... Railsback, S. F. (2025). Using the ODD protocol and NetLogo to replicate agent-based models. *Ecological Modelling*, 501, pp. 110967.
30. Grimm, V., Railsback, S. F., Vincenot, C. E., Berger, U., Gallagher, C., DeAngelis, D. L., Edmonds, B., Ge, J., Giske, J., Groeneveld, J., Johnston, A. S. A., Milles, A., Nabe-Nielsen, J., Polhill, J. G., Radchuk, V., Rohwäder, M.-S., Stillman, R. A., Thiele, J. C., & Ayllón, D. (2020). The ODD Protocol for Describing Agent-Based and Other Simulation Models: A Second Update to Improve Clarity, Replication, and Structural Realism. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 23(2), p. 7. >>>>

---

## Библиография:

1. Abrahamson, D., & Wilensky, U. (2005). Piaget? Vygotsky? I’m Game!—Agent-Based Modeling for Psychology Research. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.170.4815>
2. Blikstein, P., Abrahamson, D., & Wilensky, U. (2008). The Classroom As a Complex Adaptive System: An Agent-based Framework to Investigate Students’ Emergent Collective Behaviors. *Proceedings of the 8th International Conference on International Conference for the Learning Sciences - Volume 3*, 12–13. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1599936.1599941>

3. Börner, K., Sanyal, S., & Vespignani, A. (2007). Network science. *Annual Review of Information Science and Technology*, 41(1), 537–607.
4. Brandes, U., Robins, G., McCranie, A., & Wasserman, S. (2013). What is network science? *Network Science*, 1(01), 1–15. <https://doi.org/10.1017/nws.2013.2>
5. Díaz, D. A., Jiménez, A. M., & Larroulet, C. (2021). An agent-based model of school choice with information asymmetries. *Journal of Simulation*, 15(1–2), 130–147. <https://doi.org/10.1080/17477778.2019.1679674>
6. Fosvold, A., & Petersen, S. A. (2024). CitySIM – Agent-Based System for Modelling and Simulating Cities as Complex Adaptive Systems for Collaborative Governance. In L. M. Camarinha-Matos, A. Ortiz, X. Boucher, & A.-M. Barthe-Delanoë (Eds.), *Navigating Unpredictability: Collaborative Networks in Non-linear Worlds* (pp. 288–300). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-71743-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-031-71743-7_19)
7. Gower-Winter, B. (2023). Self-adapting simulated artificial societies. <http://hdl.handle.net/11427/39444>
8. Grimm, V., Berger, U., Calabrese, J. M., Cortés-Avizanda, A., Ferrer, J., Franz, M., Groeneveld, J., Hartig, F., Jakoby, O., Jovani, R., Kramer-Schadt, S., Münkemüller, T., Piou, C., Premo, L. S., Pütz, S., Quintaine, T., Rademacher, C., Rüger, N., Schmolke, A., ... Railsback, S. F. (2025). Using the ODD protocol and NetLogo to replicate agent-based models. *Ecological Modelling*, 501, 110967. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2024.110967>
9. Grimm, V., Railsback, S. F., Vincenot, C. E., Berger, U., Gallagher, C., DeAngelis, D. L., Edmonds, B., Ge, J., Giske, J., Groeneveld, J., Johnston, A. S. A., Milles, A., Nabe-Nielsen, J., Polhill, J. G., Radchuk, V., Rohwäder, M.-S., Stillman, R. A., Thiele, J. C., & Ayllón, D. (2020). The ODD Protocol for Describing Agent-Based and Other Simulation Models: A Second Update to Improve Clarity, Replication, and Structural Realism. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 23(2), 7. <https://doi.org/10.18564/jasss.4259>
10. Guimerà, R., Uzzi, B., Spiro, J., & Amaral, L. A. N. (2005). Team Assembly Mechanisms Determine Collaboration Network Structure and Team Performance. *Science*, 308(5722), 697–702. <https://doi.org/10.1126/science.1106340>
11. Holland, J. H. (1995). *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*. Basic Books. 216 c.
12. Holland, J. H. (2000). *Emergence: From Chaos to Order*. Oxford University Press. 276 c.
13. Jacobson, M. J., Levin, J. A., & Kapur, M. (2019). Education as a Complex System: Conceptual and Methodological Implications. *Educational Researcher*. <https://doi.org/10.3102/0013189X19826958>

14. Knight, B. (2022). The classroom as a complex adaptive system (CAS): Credible framing, useful metaphor or mis-designation? *International Journal of Complexity in Education*, 3(1). <https://uwe-repository.worktribe.com/output/8809354/the-classroom-as-a-complex-adaptive-system-cas-credible-framing-useful-metaphor-or-mis-designation>
15. Mehaffy, M. W. (2023). Patterns of Growth: Operationalizing Alexander’s “Web Way of Thinking.” *Urban Planning*, 8(3), 235–245. <https://doi.org/10.17645/up.v8i3.6688>
16. Musaeus, L. H., & Musaeus, P. (2019). Computational Thinking in the Danish High School: Learning Coding, Modeling, and Content Knowledge with NetLogo. *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 913–919. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287452>
17. Newell, C. (2008). The class as a learning entity (complex adaptive system): An idea from complexity science and educational research. *SFU Educational Review*, 2. <https://doi.org/10.21810/sfuer.v2i.335>
18. Niazi, M. A. (2019). Exploratory and validated agent-based modeling levels case study: Internet of Things. In *Modeling and Simulation of Complex Communication Networks* (pp. 209–238). Institution of Engineering and Technology. [https://digital-library.theiet.org/content/books/10.1049/pbpc018e\\_ch8](https://digital-library.theiet.org/content/books/10.1049/pbpc018e_ch8)
19. Oktavia Mulyono, Y., Sukhbaatar, U., & Cabrera, D. (2023). ‘Hard’ and ‘Soft’ Methods in Complex Adaptive Systems (CAS): Agent Based Modeling (ABM) and the Agent Based Approach (ABA). *Journal of Systems Thinking*, 1–33. <https://doi.org/10.54120/jost.000009>
20. Page, S. E. (2021). The simulation manifesto: A commentary on Lustick and Tetlock 2021. <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/168261/ffo292.pdf?sequence=1>
21. Parandekar, S., Patarakin, E., & Yayla, G. (2023). A Modern Aspect of Instrumental Literacy: Coding. In M. Dobryakova, I. Froumin, K. Barannikov, G. Moss, I. Remorenko, & J. Hautamäki (Eds.), *Key Competences and New Literacies: From Slogans to School Reality* (c. 367–390). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-23281-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-23281-7_13)
22. Patarakin, Y. D., & Yarmakhov, B. B. (2021). Data farming for virtual school laboratories. *RUDN Journal of Informatization in Education*, 18(4), c. 347–359. <https://doi.org/10.22363/2312-8631-2021-18-4-347-359> 360 c.
23. Railsback, S. F., & Grimm, V. (2019). *Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction, Second Edition*. Princeton University Press. 360 c.
24. Sánchez, A., & Brändle, C. (2014). More network science for teenagers. arXiv:1403.3618 [Physics]. <http://arxiv.org/abs/1403.3618>

25. Smaldino, P. E. (2020). How to Translate a Verbal Theory Into a Formal Model. *Social Psychology*, 51(4), c. 207–218. <https://doi.org/10.1027/1864-9335/a000425>
26. Taillandier, P., Gaudou, B., Grignard, A., Huynh, Q.-N., Marilleau, N., Caillou, P., Philippon, D., & Drogoul, A. (2019). Building, composing and experimenting complex spatial models with the GAMA platform. *GeoInformatica*, 23(2), 299–322. <https://doi.org/10.1007/s10707-018-00339-6>
27. Thompson, K., & Reimann, P. (2010). Patterns of use of an agent-based model and a system dynamics model: The application of patterns of use and the impacts on learning outcomes. *Computers & Education*, 54(2), 392–403. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.08.020>
28. Tsvetkova, M., Yasseri, T., Pescetelli, N., & Werner, T. (2024). Human-machine social systems (arXiv:2402.14410). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.14410>
29. Venumuddala, V. R., Prakash, A., & Chaudhuri, B. (2024). Governing Smart City IoT Interventions: A Complex Adaptive Systems Perspective. *Digit. Gov.: Res. Pract.*, 5(3), 23:1-23:24. <https://doi.org/10.1145/3660644>
30. Zhang, K., Yang, Z., & Başar, T. (2021). Multi-Agent Reinforcement Learning: A Selective Overview of Theories and Algorithms (arXiv:1911.10635). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1911.10635>

# Designing Learning Practices Based on the Multi-Agent Approach

**Evgeniy Patarakin**

*Moscow City University, HSE*

*Russian Federation, Moscow*

**Mikhail Shishkov**

*Moscow City University*

*Russian Federation, Moscow*

## Abstract

Modern educational systems are complex adaptive economic systems, and working with models of such systems allows students to better understand economic relationships and dependencies. In recent years, the framework of complex adaptive systems has been actively used to analyze pedagogical situations. Through the prism of complex adaptive systems framework one can analyze urban education systems, including a multitude of educational institutions interacting with each other and with the local community, where complex interactions between political decisions, funding, and educational outcomes are observed. This paper examines the transfer of skills in designing multi-agent models to the design of pedagogical practices. The study was carried out on the basis of Semantic MediaWiki, which made it possible to combine various programming environments (Snap!, NetLogo, StarLogo Nova, GAMA), models, datasets, and student works. A model of students choosing schools that differ in geographical location, tuition costs, student achievement levels, maximum capacity, and availability of public information is considered.

**Keywords:** complex adaptive systems, agent-based modeling, Semantic MediaWiki, Snap!, NetLogo, StarLogo Nova

**Date of publication:** 31.03.2025

## Citation link:

Patarakin E., Shishkov M. Designing Learning Practices Based on the Multi-Agent Approach // *Artificial societies*. – 2025. – V. 20. – Issue 1.

URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800033922-3-1/>. DOI: 10.18254/S207751800033922-3