

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА РЕШЕНИЯ УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В УСЛОВИЯХ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

© 2021 Макаров А.А.

Самарский университет государственного управления
«Международный институт рынка», г. Самара, Россия

Статья посвящена проблеме использования методов имитационного моделирования в практике работы преподавателя высшей школы. Показано, что моделирование как научный подход может быть успешно применен в различных сферах деятельности преподавателя: учебной, научной, методической. Показано также, что имитационное моделирование – наиболее востребованный метод моделирования, также этот метод позволяет строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и для заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику, спрогнозировав тем самым поведение изучаемого объекта в интересующих исследователя условиях. Сформулированы актуальные задачи и подходы к их решению в сфере моделирования сложных образовательных систем.

Ключевые слова: преподаватель, моделирование, имитационная модель, образовательная система, прикладное программное обеспечение AnyLogic.

В настоящее время преподаватель высшей школы в своей деятельности сталкивается с необходимостью решения множества учебно-практических задач. Это обусловлено тем, что комплексная деятельность преподавателя включает в себя учебную, методическую, научную и другие составляющие.

По сути дела, современный преподаватель должен на системном уровне владеть рядом базовых технологий, позволяющих ему справляться с актуальными вызовами своей профессии.

В настоящей статье не будем касаться таких важных профессиональных категорий, как общая эрудиция, мировоззренческая позиция, педагогический потенциал. Предметом данной статьи является прежде всего рассмотрение моделирования как научного подхода, одного из важнейших методов научного познания, с помощью которого создается модель (условный образ) объекта исследования.

Таким образом, модель в традиционном понимании представляет собой результат отображения одной структуры (изученной) на другую (малоизученную). Любая модель строится и исследуется при определенных

допущениях, гипотезах. Делается это обычно с помощью математических методов.

Аналитический подход к моделированию базируется на том, что исследователь при изучении системы отталкивается от модели. В этом случае он по тем или иным соображениям выбирает подходящую модель. Как правило, это теоретическая модель, закон, известная зависимость, представленная чаще всего в функциональном виде (например, уравнение, связывающее выходной параметр y с входными воздействиями $x_1, x_2 \dots$). Варьирование входных параметров на выходе даст результат, который моделирует поведение системы в различных условиях.

Результат моделирования может соответствовать действительности, а может и нет. В последнем случае исследователю ничего не остается, кроме как выбрать другую модель или другой метод ее исследования. Новая модель, возможно, будет более адекватно описывать рассматриваемую систему.

При аналитическом подходе не модель «подстраивается» под действительность, а пытаемся подобрать существующую аналитическую модель таким образом, чтобы она адекватно отражала реальность.

При использовании традиционного аналитического подхода при решении различных по своему генезису задач у исследователя неизбежно возникают проблемы. Причина заключается в слабой формализации этих задач и в их сложности. Здесь факторы, определяющие явления, столь многообразны и многочисленны, их взаимосвязи так «переплетены», что почти никогда не удастся создать модель, удовлетворяющую таким же условиям.

В сложности и слабой формализации большинства решаемых проблем главным образом «виноват» человеческий фактор, поэтому бывает трудно судить о характере закономерностей априори. С одинаковым успехом описывать эти закономерности могут различные модели. Использование разных методов для решения одной и той же задачи нередко приводит исследователя к противоположным выводам.

Рассуждая теоретически можно сделать вывод о том, что задача моделирования возникает каждый раз, когда объектом исследования является поведение сложной системы, то есть упорядоченной определенным образом совокупности элементов, взаимосвязанных между собой и образующих целостное единство.

Согласно постулатам системного анализа даже самая сложная система отвечает принципу моделируемости, который заключается в том, что сложная система представима конечным множеством моделей, каждая из которых отражает определенную грань ее существования.

Модель строится на основании эмпирических или предположительных данных, которые являются формальным представлением наблюдаемых или воображаемых событий. Модель позволяет увязать воедино многочисленные процессы и проследить влияние различных условий, то есть входных данных.

Аппарат модели – многократное воспроизведение взаимодействия процессов. Проверка адекватности модели осуществляется путем сравнения контрольных результатов с экспериментом. При несовпадении требуется уточнение модели. Способы построения модели – опыт, догадка, имитация, аналогия.

Одно из главных достоинств модели – возможность использования в качестве аппа-

рата объединения и получения выводов при известных исходных закономерностях. Эта ситуация характерна для очень многих сфер человеческой деятельности.

Моделирование в этих условиях используется как средство упрощения, выявления разных граней сущности сложных систем. Использование многомодельности оправдано, так как полная модель для сложной системы в силу теоремы Тьюринга будет столь же сложной, как сама система. При этом упрощение осуществляется путем выявления главных, определяющих свойств с точки зрения исследователя. Модель воспроизводит, имитирует сложную систему в определенном диапазоне условий и требований, при этом допустима несовместимость и противоречивость моделей, что отражает их прагматическую сущность.

Вообще говоря, процесс моделирования того или иного аспекта поведения системы всегда неформален и имеет феноменологическую основу. Так, например, можно говорить о модели образования как:

- общественного института;
- пути к совершенству;
- рыночного механизма;
- процесса отбора.

Таким образом, практически любой сложный объект исследования может быть промоделирован, то есть теоретически может быть создана модель, проясняющая тот или иной аспект поведения рассматриваемого объекта.

В связи с этим закономерен вопрос: существуют ли современные, высокотехнологичные, адекватные инструменты моделирования, которые могли бы использовать исследователи для решения своих, столь разнообразных задач?

При ответе на этот вопрос не будем касаться сложных теоретико-математических подходов, алгоритмов и концепций. Задача данной статьи проще – представить прагматический ответ на заданный вопрос, а именно – имитационное моделирование как технологию [1,2] и программный продукт AnyLogic как удачную реализацию этой технологии [4].

Действительно, в условиях высшей школы работают тысячи специалистов, сферы профессиональных интересов которых суще-

ственно различаются – от философии до системотехники. Далеко не каждый специалист способен описать интересующую его проблему, используя, например систему дифференциальных уравнений, и добиться результата, решив эту систему. С другой стороны, каждый исследователь хорошо разбирается в своей относительно узкой предметной области и способен в деталях описать основные процессы в ней происходящие. Поэтому задача информационных технологий – снабдить исследователя инструментом, позволяющим моделировать объекты его профессиональной деятельности в реальных условиях с естественными допущениями и ограничениями.

Именно таким инструментом является имитационное моделирование – метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и для заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику, спрогнозировав тем самым поведение изучаемого объекта в интересующих исследователя условиях.

Методы имитационного моделирования пора включить в понятие «компьютерная грамотность» и представить их для изучения специалистами самого широкого спектра. На рынке информационных продуктов давно и с большим успехом используется AnyLogic – программный комплекс для имитационного моделирования задач различной природы [4].

Имитационные модели в AnyLogic бывают трех типов (кроме этого, возможны гибридные, то есть сочетающие все три подхода модели).

1. Дискретно-событийные модели. Это модели для исследования таких объектов как банкоматы, склады, очереди, поликлиники, аэропорты. Такими моделями описываются потоки объектов различной природы, проходящих через различные обслуживающие эти потоки устройства (системы массового обслуживания). В результате работы модели нам надо определить, сколько нужно обслуживающих устройств и с такими характери-

стиками, чтобы моделируемая система удовлетворяла заданным условиям.

2. Модели системной динамики. Это модели для описания процессов, развивающихся во времени: рост (или спад) населения, распространение эпидемий, спрос на продукты и услуги. В основе этих моделей лежат системы дифференциальных уравнений. В отличие от чисто математического подхода, задача исследователя – задать исходные условия и ограничения, возложив решение сложных задач на систему AnyLogic.

3. Агентные модели. Это модели, когда нужно исследовать совокупность объектов, каждый из которых обладает определенными чертами и при этом взаимодействует с другими объектами. Такие модели должны ответить на вопрос: что произойдет с этой совокупностью через определенное время в тех или иных моделируемых ситуациях.

Перечисленные выше подходы могут быть использованы для решения множества научных, учебных, методических задач, возникающих в профессиональной деятельности преподавателя.

Сформулируем несколько задач с подходами к их решению из области профессиональных интересов автора – моделирование социально-экономических (образовательных) сложных систем [3].

Задача 1. Моделирование содержания образования. В общем случае модель содержания образования – это сеть, имеющая несколько «входов» и несколько «выходов». Если использовать принятую федеральными образовательными стандартами терминологию, «выходы» представляют собой набор компетенций, обеспечивающих выполнение требований отраслевых профессиональных стандартов. Соответственно, «входы» – это набор компетенций, сформированных у школьника на момент поступления в высшее учебное заведение. При таком представлении базы знаний между «входом» и «выходом» располагается несколько «уровней» (курсов, семестров), соответствующих процессу обучения в вузе и имеющих также «вход уровня» и «выход уровня». Каждый вход текущего уровня предъявляет требования к выходу предыдущего уровня. Таким образом, промоделировав содержание сети от конца к началу, можно сформировать базу

знаний, оптимально соответствующую поставленной перед образованием задаче. Технически это можно реализовать в виде базы данных дидактических единиц, снабженных связями с семантическими единицами предыдущего уровня. Если построить такую модель и сравнить ее с моделью, реализованной в соответствии с реальными учебными планами, можно решить множество проблем в

образовании, включая оценку качества учебных планов, выявления разрывов в процессе непрерывного образования.

Задача 2. Оценка качества подготовки обучающихся. Нетрудно заметить, что модель, описанная в предыдущей задаче имеет структуру нейронной сети:

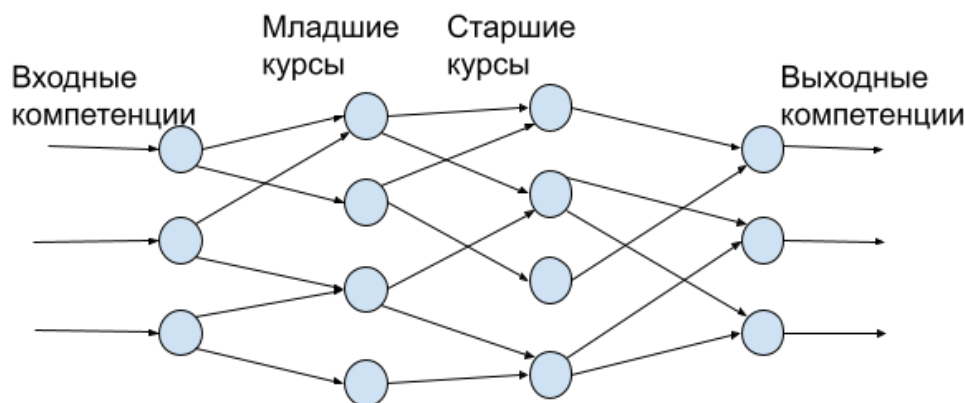


Рисунок 1 - Структура нейронной сети

Как известно, одной из задач, решаемых с помощью нейронной сети, является задача типизации, то есть отнесения объекта, характеризуемого набором входных параметров, к одному из заранее определенных типов. По сути дела, спроектировав структуру нейронной сети и проведя ее обучение, можем прогнозировать уровень квалификации специалиста при окончании учебного заведения. Естественно, для определения входных параметров требуется наличие хорошо продуманных, валидных и надежных оценочных средств. Если использовать мультиагентную модель AnyLogic, где логика поведения агента описывается с помощью обученной нейронной сети, возможно моделирование поведения больших групп обучающихся организация оптимального учебного процесса.

Задача 3. Формирование индивидуальной образовательной траектории. Известно, что любая дидактическая единица может изучаться на различных уровнях. Например, таких уровней может быть три: фундаментальный, прикладных теорий, конкретных приложений. Соответственно, знания каждого уровня могут формироваться на четырех подуровнях: общие сведения, знания-рецепты, анализ, синтез. Таким образом, в зависимости от требований отраслевых образователь-

ных стандартов возможно построение индивидуальной траектории подготовки выпускника, где каждая изученная им дидактическая единица представляет собой точку в многомерном пространстве знаний. Это, в свою очередь, накладывает определенные требования и к преподавателю, который должен будет излагать свой материал в соответствии с таким уровневым разделением дидактических единиц.

Задача 4. Модель распространения знаний. В настоящее время вопрос о способах получения знаний обучаемыми достаточно актуален. Традиционный подход, при котором знания транслируются преподавателем студенческой среде все больше и больше подвергается критике. На повестку дня выходят такие источники знаний, как самообразование, создание стимулов для этого процесса, рефлексивное управление образованием. В этой связи, используя агентное имитационное моделирование, можно создать такие модели, с помощью которых будут исследованы основные пути распространения и приобретения знаний учащимися. Действительно, если изучить поведение агента (обучаемого) в реальной образовательной среде (колледже, вузе), то появится возможность его детального описания с помощью инст-

рументария AnyLogic – стейтчарты, ресурсы, связи, накопители. Установив правила и ограничения при взаимодействиях агентов между собой, можно изучить основные закономерности поведения достаточно больших коллективов (студенческих групп) во взаимодействии с преподавателями, системами дистанционного образования, самообразованием и т.п.

Задача 5. Формирование психологически совместимых коллективов. В работе [1] было показано, что каждого члена коллектива можно отнести к тому или иному психотипу. Известно также, что между рассматриваемыми психотипами существуют определенные социально-психологические взаимоотношения. В результате каждый коллектив может быть охарактеризован неким интегральным показателем – индексом психологической совместимости. Этот показатель носит статический характер и недостаточно удобен при практической работе, он не учитывает реальные, динамические связи внутри коллектива. Действительно, в каждом коллективе есть руководители, менеджеры среднего звена, технические исполнители, узкие специалисты, которые взаимодействуют друг с другом с разной интенсивностью. Чтобы учесть это обстоятельство, можно использовать агентный подход, а именно – разбить коллектив на реально существующие микрогруппы (агенты). Далее можно описать поведение каждого агента и установить правила его взаимодействия с другими агентами. В результате мы получим динамическую модель коллектива, реально отражающую все взаимодействия внутри его. Следовательно, это позволит спрогнозировать воз-

можные проблемы в сфере психологической совместимости и вовремя скорректировать их.

Задача 6. Прогнозные модели. На субъективный взгляд автора, построение прогнозных моделей – одно из самых перспективных направлений имитационного моделирования. Действительно, в прогнозной модели можно задействовать практически весь потенциал AnyLogic – от дискретно-событийного моделирования до мультиагентного взаимодействия. Например, можно поставить задачу прогнозирования успешного обучения абитуриента в стенах конкретного вуза. При этом можем учесть все подходы, рассмотренные в предыдущих задачах: содержание образования, оценку качества подготовки абитуриента, его психологические особенности, студенческое окружение, способы приобретения знаний. Арсенал используемых методов при этом очень широк и разнообразен: регрессионный, корреляционный, факторный, кластерный анализы, нейронные сети.

В заключение в качестве примера рассмотрим простейший вариант прогнозной модели.

Допустим, хотим спрогнозировать успешность обучения абитуриента (объекта) в вузе. В простейшем случае мы можем рассмотреть несколько состояний объекта. Пусть таких выделенных состояний будет пять: S1, S2, S3, S4, S5.

Допустим, мы знаем (с помощью дополнительно проведенных исследований, описанных выше), структуру этих состояний и вероятности перехода из одного состояния в другое:

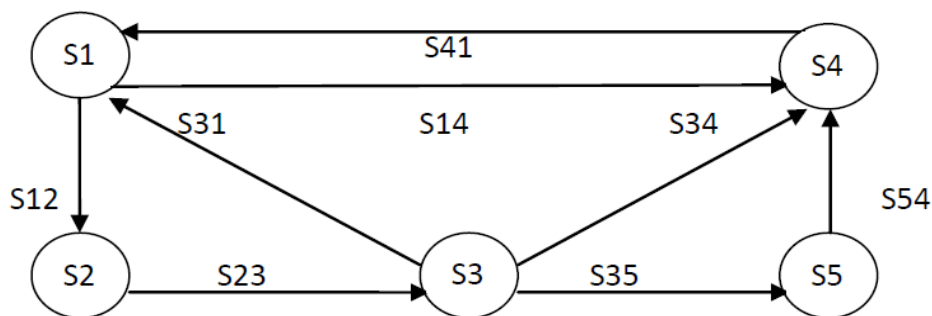


Рисунок 2 – Марковская цепь

Пусть для определенности эти значения таковы:

$$S12=S31=S54=0,1;$$

$$S34=S35=S41=0,2;$$

$$S14=0,3;$$

$$S23=0,5.$$

Задача: определить, в каком состоянии (наиболее вероятном) объект будет спустя некоторое время. В такой постановке задача отвечает условиям марковского случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем, то есть перед нами непрерывная стационарная цепь Маркова при условии, что переход системы из состояния в состояние происходит не в фиксированные, а в случайные моменты времени.

Идея решения данной задачи: представим, что граф состояний на рисунке 2 – это баки, соединенные между собой трубами. Бак S1 полностью залит. Если стрелка направлена из бака – по этой трубе вода вытекает. Если стрелка направлена в бак – по этой трубе вода втекает. Вероятности переходов между состояниями системы – это скорости вытекания или втекания воды в баки. Через какое-то время вода перераспределится по трубам между баками. В каком-либо баке окажется воды больше, чем в остальных. Это состояние системы и будет наиболее вероятным. В этом случае мы можем использовать методы моделирования из палитры «Системная динамика» в AnyLogic. Модель выглядит следующим образом:

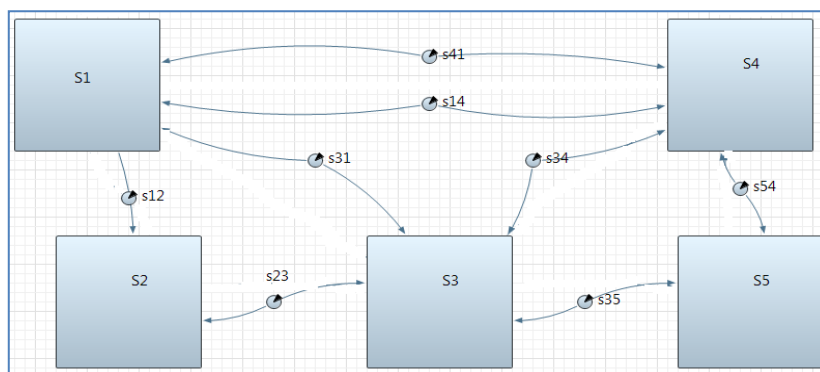


Рисунок 3 - Модель AnyLogic

Параметры модели (для накопителей S1 и S2):

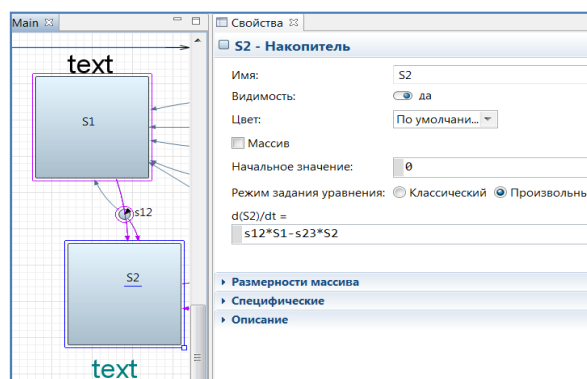


Рисунок 4 - Параметры модели

Параметры для других накопителей задаются аналогично. В результате запуска модели получаем следующий результат (рис.5).

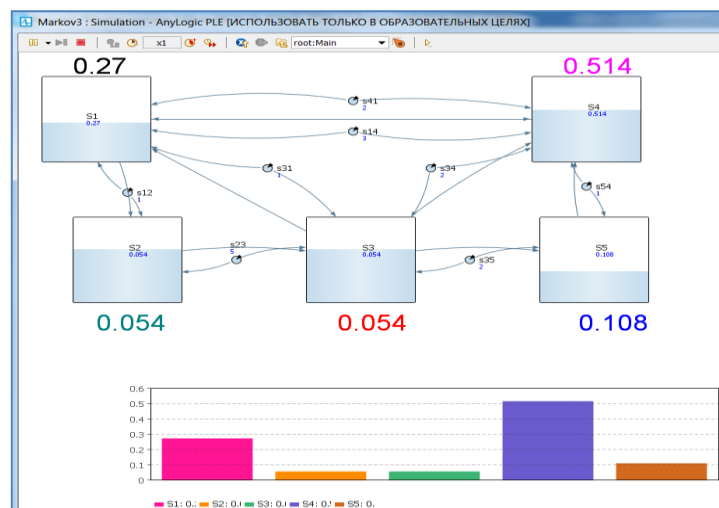


Рисунок 5 - Результат работы модели

Таким образом, вероятность того, что объект окажется в состоянии S4 наиболее велика и составляет 0, 514.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Китаев Д.Ф., Макаров А.А., Макарова Л.В., Смольников С.Д. Информационная система для разработки имитационной модели оценки коллектива// Вестник Международного института рынка. - 2016. - № 1. - С. 190-198.
2. Китаев Д.Ф., Макаров А.А., Макарова Л.В., Смольников С.Д. Имитационная модель оценки эффективности обучения в группе // Вестник Международного института рынка. - 2015. - № 2. - С. 92-98.
3. Макаров А.А. Комплексный мониторинг качества образования. //М., «Труды исследовательского центра». - 1998. – 265 с.
4. Киселева М.В. Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic // УГТУ-УПИ. 2009 – 88 с.

SIMULATION MODELING AS A BASIS FOR SOLVING EDUCATIONAL AND PRACTICAL PROBLEMS IN THE CONDITIONS OF HIGHER EDUCATION

© 2021 A.A. Makarov

Samara University of Public Administration
 “International Market Institute”, Samara, Russia

The article is devoted to the problem of using simulation modeling methods in the practice of a higher school teacher. It is shown that modeling as a scientific approach can be successfully applied in various areas of the teacher's activity: educational, scientific, methodological, etc. It is also shown that simulation modeling is the most popular method of modeling, because this method allows you to build models that describe the processes as they would take place in reality. Such a model can be "played" in time for both a single test and a given set of them. In this case, the results will be determined by the random nature of the processes. Based on these data, it is possible to obtain fairly stable statistics, thereby predicting the behavior of the object under study in the conditions of interest to the researcher. The author formulates the current problems and approaches to their solution in the field of modeling complex educational systems.

Keywords: teacher, modeling, simulation model, educational system, AnyLogic application software.