

О РАЗВИТИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТ АНТИЧНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Волхонов М.С., Зимин И.Б., Максимов И.И., Юнусов Г.С., Джаббаров И.А., Дерменжи А.В.

Реферат. В статье на основе анализа имеющихся источников информации систематизирована и представлена информация о различных видах моделирования, предлагается усовершенствованная их классификация, в соответствии с которой можно выделить: полное, неполное и приближенное (по полноте); стохастическое и детерминированное (по степени определенности); дискретное, дискретно-непрерывное, непрерывное (по прерывистости); статическое и динамическое (по изменению во времени); конструктивное и дескриптивное (по наличию управляемых переменных); функциональное, информационное, поведенческое (в зависимости от аспекта моделирования); учебное, опытное, научно-техническое, игровое и имитационное (по области моделирования); мысленное и реальное (по форме реализации); реальное в зависимости от способа реализации делится на натурное (научный эксперимент, комплексные испытания, производственный эксперимент) и физическое (в реальном времени, модельном времени и без учёта времени); в зависимости от того используется ли компьютер мысленное моделирование делят на компьютерное и некомпьютерное. По способу реализации мысленное делится на наглядное (гипотетическое, аналоговое и макетированное), символическое (языковое и знаковое) и математическое (ситуационное, кибернетическое, структурное, аналитическое, алгоритмическое и комбинированное). Также математическое в зависимости от отражаемых свойств делится на геометрическое, вероятностное и топологическое. В статье приводятся исторические факты, связанные с этапами развития моделирования. Обозначены причины и основные направления развития моделирования и направления деятельности человечества, в которых моделирование в настоящее время выполняет одну из главенствующих ролей.

Ключевые слова: модель, моделирование, построение моделей, создание моделей, изучение моделей, исследование моделей, научное исследование, виды моделирования, методы моделирования.

Введение. В настоящее время практически все образованные люди знакомы с понятиями «модель», «моделирование» и оперируют ими даже в повседневной жизни. Понятие «модель» (фр. *modèle*, от лат. *modulus* — «мера, аналог, образец») [1] изначально было научным. В 21 веке данный термин получил самое широкое распространение и толкование. В широком смысле моделями называют образы (чертежи, изображения, планы, схемы, графики, карты, описания и др.) или прообразы (образцы) каких-либо объектов, систем объектов («оригиналов»), которые используются как заместители, представители оригиналов при наличии определённых условий [2].

Согласно свободной энциклопедии «Википедия» [3] под моделированием понимают изучение рассматриваемого объекта на его модели; создание и исследование моделей тех объектов, которые существуют в реальности, а так же явлений, процессов для того, чтобы получить объяснения данных явлений и предсказать их.

Все виды моделирования (и их результат – модели) – это деятельность, осуществляемая различными людьми, а значит, определения данной деятельности могут быть различными. Они могут зависеть от научных областей, подходов, глубины исследования, а иногда от личных предпочтений автора. По нашему мнению, классификация может быть проведена по аспектам моделирования, наличию управляемых переменных, форме реализации и области моделирования в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.

С древних времен человечество пользуется различными моделями, но первенство среди них занимают материальные объекты, кото-

рые отличаются от абстрактных своей природой, формой реализации. Одну из самых важных ролей в становлении науки, техники и культуры в целом играют вербальные (языковые, описательные) модели, порождаемые интеллектом и приспособленные для обмена информацией между людьми. Практически все тексты могут быть рассмотрены как своеобразные модели, которые хранят и передают информацию.

Познавая мир, человечество использовало моделирование – осознано или на уровне интуиции – всегда. Античная эпоха (VIII в. до н.э. — V в. н.э.) – это время, когда зарождается моделирование, которое проявляется в отражении действительности. В данный период также возникает и научное познание [4, с. 131]. Самыми яркими примерами является то, как представляли Эпикур, Демокрит атомы, форму атомов, способы их соединения, атомные ливни, вихри атомов. Они объясняли физические свойства всевозможных веществ, используя свои представления о том, как сцеплены гладкие, круглые и крючковатые частицы между собой. Данные модели были созданы с использованием наглядного моделирования. При наглядном моделировании на основе представления человека об объекте создаётся наглядная модель, которая отражает процессы и явления, которые протекают в объекте. Наглядное моделирование подразделяют на аналоговое, гипотетическое и макетированное. Исследования при аналоговом моделировании базируются на применении аналогий разного уровня. Основой гипотетического моделирования является гипотеза, отражающая закономерности протекания процесса в исследуемом объекте. Данная гипотеза зави-

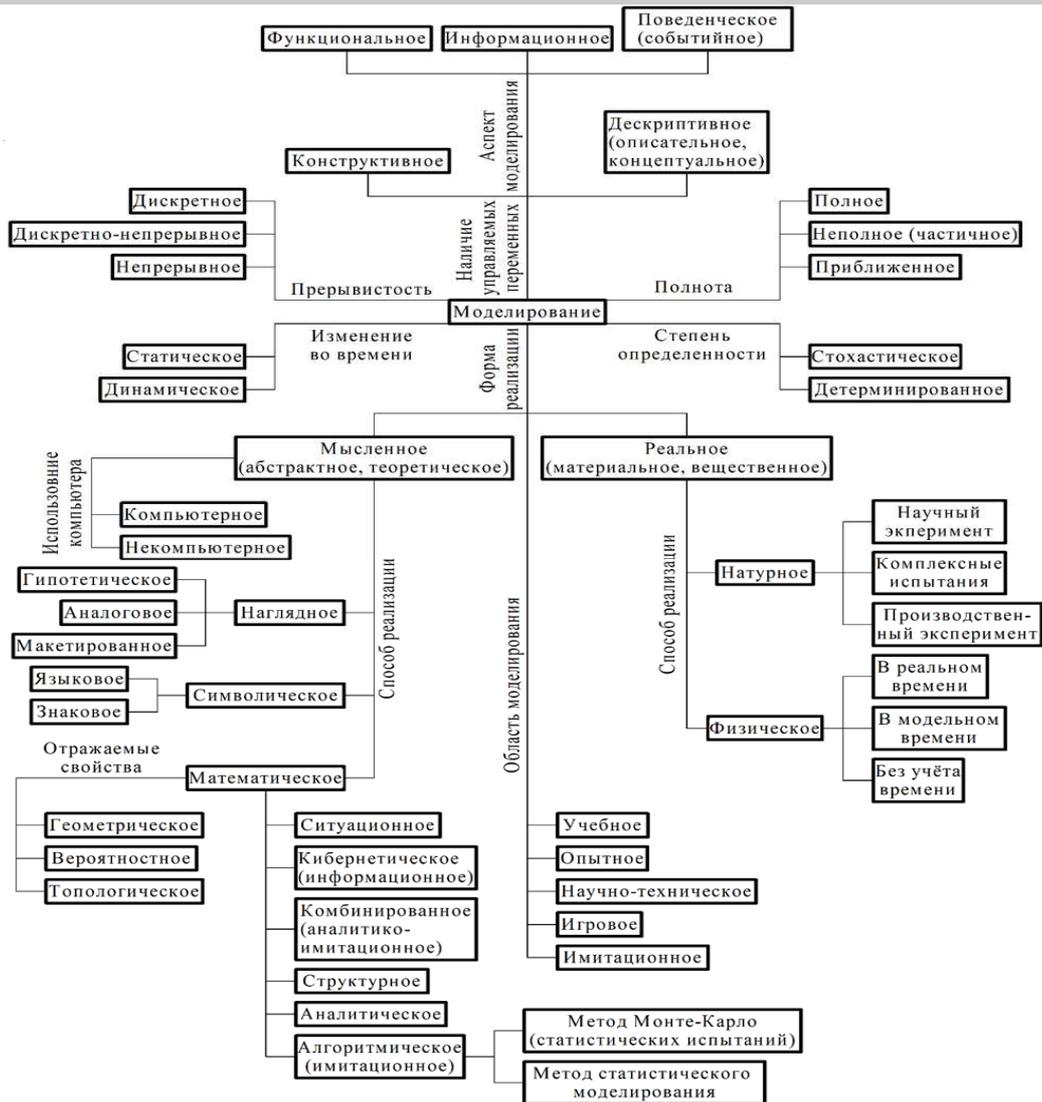


Рисунок – Классификация видов моделирования

сит от уровня знания человеком объекта и основывается на причинно-следственных связях входа и выхода исследуемого объекта. Макетированное моделирование представляет собой исследование с использованием созданных макетов [5, с. 85]. Современные модели, которые отражают ядерно-электронное строение атомов веществ, были созданы на основе представлений Демокрита и Эпикура. Интересным фактом является то, что стены древних храмов, которые были построены предками южно-американских индейцев, были покрыты графическими моделями мироздания, что свидетельствует об использовании знакового моделирования. Вместе с языковым моделированием они образуют группу, называемую символическим моделированием. При символическом моделировании искусственно создаётся логический объект с использованием системы знаков и символов, замещающий реальный и отражающий основные свойства оригинала [5, с. 85].

Средневековье (V в. н.э. — XV в. н.э.) озаменовано появлением учения о моделиро-

вании. Леонардо да Винчи (1452-1519 гг.) сыграл одну из основных ролей в появлении данного учения [6].

Широкое же использование моделирования в отчётливой форме относится к эпохе Возрождения (XIV в. н.э. — XVI в. н.э.). Итальянские скульпторы, архитекторы начали использовать модели при проектировании различных сооружений. Примерами таких творцов являются Брунеллески, Микеланджело и др. Чаще всего они использовали физическое моделирование. Его суть в том, что изучение проводится на установках, сохраняющих природу явлений и обладающих физическим подобием. Данный вид моделирования может проводиться в реальном, псевдоральном (модельном) времени и без его учета (исследования «замороженных процессов», зафиксированных в определенный момент времени) [7, с. 41].

Теоретические работы Леонардо да Винчи, Г. Галилея создавались с использованием моделей. Также в данных работах ученые выясняли в каких пределах возможно применение

методов моделирования. Вполне осознанное применение методов моделирования осуществляется и И. Ньютоном в его работах [4, с. 131].

Один из самых гениальных полководцев Суворов А.В. осуществлял тренировки своих солдат на модели стены крепости Измаил, которая была построена в тылу - натурное моделирование. Впоследствии он провёл атаку крепости Измаил (1790 г.). Исследования при натурном моделировании проводятся с использованием реального объекта, затем результаты исследований обрабатывают с помощью теории подобия. Натурное моделирование может осуществляться при помощи научного эксперимента, комплексного испытания и производственного эксперимента. При научном эксперименте используются средства автоматизации, средства обработки информации, допускается вмешательство людей в процесс проведения данного эксперимента. Комплексные испытания проводятся с некоторой повторностью, целью которых является выявление закономерностей в характеристиках качества и надёжности объектов. Производственный эксперимент заключается в обобщении и обработке с использованием теории подобия материала по производственному процессу для получения его обобщенных характеристик [7, с. 40]. Натурное и физическое моделирование являются двумя способами реализации материального моделирования. Таким образом, все прототипы, макеты и осязаемые модели, которые выполнены из реальных веществ и объективно существующие независимо от восприятия людей являются результатом материального моделирования [8, с. 14].

Российский ученый инженер-механик Кулибин И.П. (1735 – 1818) в своих работах тоже использовал моделирование. Он создал ряд моделей мостов из металла, одноарочный деревянный мост, простирающийся через реку Неву. Данные модели были обоснованы технически и удостоены высокой оценки со стороны таких российских академиков, как Д. Бернулли, Л. Эйлер. К сожалению, ни одна из этих моделей не была воплощена в реальность [9, с. 219].

В XIX – XX вв. моделирование обладает существенным значением практически во всех областях науки. К примеру, строительство Эйфелевой башни, осуществлялось по чертежам Густава Эйфеля. Его проект содержал чертежи (являющиеся моделями) высокого качества, в которых были отражены точные размеры более 12000 металлических деталей, для сборки которых необходимо было использовать более 2,5 миллионов заклепок. Помимо чертежей, его проект содержал новую технологию возведения сооружений подобных Эйфелевой башне. Суть технологии состояла в том, что башня должна была быть сборной, отверстия для заклепок должны были сверлиться на земле и затем данные детали (вес которых не превышал 3 тонны) поднимая на необходимую высоту, крепили к каркасу башни [10, с. 11...12].

Кукуле Ф.А., Максвелл Дж. К., Бутлеров А. М., Кельвин У.Т. и другие химики, физики своими работами оказали огромное методологическое влияние на развитие моделирования. Науки, в которых они были специалистами (физика, химия), являются одними из первых «полигонов» для испытания различных методов моделирования [4, с. 131].

Зарождение математического моделирования связывают с временами В. Петти (1623-1687), который основал классическую школу буржуазной политической экономии. В своих трудах «Политическая арифметика» указывает на то, что способ исследования, который он использует, не является обычным, так как он выражает своё мнение, используя язык чисел, мер и весов [11, с. 134]. Описание оригинала при помощи математического аппарата является основой математического моделирования [5, с. 85]. В зависимости от отражаемых свойств математическое моделирование делит на геометрическое, топологическое, вероятностное [8, с. 15].

Также математическое моделирование можно подразделить на ситуационное, кибернетическое, структурное, аналитическое, алгоритмическое и комбинированное. В случае ситуационного моделирования исследователи используют модельную теорию мышления для описания основных механизмов регулирования процессов принятия решения. Кибернетическое моделирование представляет объект в виде «чёрного ящика» обладающего некоторыми входами и выходами с целью нахождения связей между ними. При структурном моделировании используют специфические особенности структур определенных видов для изучения систем. Аналитические соотношения и логические условия применяются для записи глобальных уравнений систем, которые описывают их функционирование в аналитическом моделировании. А при алгоритмическом моделировании соотношения модели записываются в виде алгоритмов. Частным случаем алгоритмического моделирования является имитационное, при котором имитируется функционирование систем во времени. В данном виде моделирования различают метод Монте-Карло (многократное воспроизведение процессов подверженных воздействию случайных величин и обработка результатов при помощи математической статистики) и метод статического моделирования (в случае если этот метод применен для машинной имитации). Комбинированное моделирование объединяет аналитическое и имитационное, создавая для одних процессов аналитические модели, для других имитационные [12].

Математическое, наглядное и символическое моделирование являются способами реализации абстрактного моделирования. Абстрактное моделирование часто называют теоретическим, мысленным, идеальным, формально-логическим. Абстрактная модель, чаще всего, является невещественной и не является объектом реальности в отличие от материальной. Мысленное моделирование всего, что нас

окружает, является субъективным моделированием, важно лишь то, что избранные характеристики моделируемого объекта или явления адекватно отражаются в абстрактной модели [8, с.13].

«Экономическая таблица», которую создал Ф. Кенэ (1694 – 1774), считается первой моделью общественного производства, он публикует свой первый вариант данной таблицы в 1758 году. Публикация второго варианта «Арифметическая формула» вышла в 1766 году [11, с. 135]. Таблицу Кенэ можно рассматривать как результат дескриптивного моделирования. Модели, созданные при помощи дескриптивного моделирования, не обладают управляемыми переменными и играют своего рода вспомогательную роль. Чаще всего, данные модели являются схемами, содержащими переменные, которые могут существенно влиять на модель и взаимосвязь между ними. Дескриптивные модели необходимы для построения конструктивной модели. Результатом конструктивного моделирования является модель, включающая управляемые переменные. Это даёт возможность определить какое из управляющих воздействий более эффективно. Данные виды моделирования составляют группу, которая характеризуется наличием у моделируемых систем управляемых переменных [13, с. 43].

Использование всё более сложного математического аппарата в теоретических исследованиях представителями зарубежной политической экономии началось с середины XIX века. Самостоятельное математическое направление образуется уже в последние тридцать лет XIX века.

В 1838 году была выпущена книга «Исследование математических принципов теории богатства». Данная книга была написана французским ученым О. Курно (1801 – 1877), который был родоначальником математической школы [14]. Одними из самых видных представителей математической школы были: В. Парето (1848 – 1923) из Италии, Г. Госсен (1810 – 1859) из Германии, Ф. Эджворт (1845 – 1926) и В. Дживонс (1835 – 1882) из Англии, Г. Кассель (1866 – 1944) из Швеции, В. Дмитриев (1868 – 1913) из России, Л. Вальрас (1834 – 1910) из Швейцарии [15, с. 1]. Данными представителями были достигнуты высокие результаты при использовании математического моделирования.

Отдельно следует отметить труды, над которыми работал русский экономист Дмитриев В.К. Они были опубликованы в 1905 году под названием «Экономические очерки. Опыт органического синтеза трудовой ценности и теории предельной полезности» [16, с. 10]. В работах Дмитриева были сделаны выводы, опережающие его время. Впоследствии данные выводы были получены В. Леонтьевым, который проанализировал модели «затраты – выпуск». Выводы, полученные русским экономистом, были необходимы для подсчета коэффициентов полных материальных и трудовых затрат.

Методы математического моделирования рассматривались представителями математической школы как методы исследования. При изложении и иллюстрации экономических законов и положений использовались другие методы. Они считали, что выводы, которые получены математическим методом, могут быть описаны с использованием обычного языка или используя математический язык, но без доказательств. Вальрас писал, что немногие в состоянии прочитать «Математические начала натуральной философии», написанные Ньютоном или работы Лапласа в области небесной механики, но все принимают на веру выводы, сделанные данными учеными. Он уверял, что таким же образом возможно принять описание мира экономических явлений, которое было сделано согласно закону свободной конкуренции [17, с. 12].

Большой вклад в укрепление обороноспособности России внес Кирпичев Н.Л., который был генералом-инженером, его работы связаны с моделированием взрыва. Моделирование ядерного взрыва осуществляли Курчатов И.В., Харитон Ю.Б., Сахаров А.Д. и др. В случае взрыва существовала необходимость в моделировании объектов, изменяющихся во времени, что существенно изменяет сам процесс моделирования, в отличие от моделирования объектов в определенный момент времени. Исходя из данной особенности, моделирование делят на статическое и динамическое [18, с. 17].

Широкую известность получили работы, проводимые Моисеевым Н.Н. Их сущность заключалась в моделирование систем управления. Он создал математическую модель Синопского сражения (последнее сражение эпохи парусного флота) для того, чтобы проверить новый метод математического моделирования. В данном сражении 1833 года Нахимов П.С. разгромил главные силы турецкого флота. Моделирование с использованием вычислительной машины доказало, что действия Нахимова были практически безошибочны. Расстановка его кораблей и нанесение первого удара были настолько верны, что отступление турок было единственным вариантом. Турки решили не отступать и были уничтожены [9, с. 219...220].

Появление первых электронных вычислительных машин (Дж.Моучли и Дж.Эккерт, 1945 г.) [19], а также то, что были сформулированы основные принципы кибернетики (Норберт Винер, 1948 г.) [20], значительно увеличивают значимость как математического моделирования, так и абстрактного в целом. В связи с вышесказанным, абстрактное моделирование можно классифицировать на компьютерное и некомпьютерное в зависимости от того: используется ли при моделировании компьютер.

Компьютерное моделирование облегчило моделирование сложных систем, основными характеристиками которых являются функции, которые они выполняют, их структура и поведение во времени. В зависимости от того

какой аспект моделируется, различают функциональное, информационное и поведенческое (событийное) моделирование. Функциональные отражают функции, функциональные подсистемы, взаимосвязи между ними. Информационные модели описывают состав элементов систем и взаимосвязи между ними. Поведенческие модели отражают динамику функционирования системы, в них присутствуют следующие категории: событие, состояние системы, переход из одного состояния в другое, последовательность событий, условия перехода [13, с. 43].

21 век связан с развитием нанотехнологий, освоением космоса и созданием роботов. Данные направления не обходятся без предварительного моделирования создаваемых объектов и технологий.

На основе результатов фотограмметрической обработки, используя специализированное программное обеспечение создаются 3D-модели, которые позволяют наглядно изучить рельеф исследуемых космических объектов [21]. Данные модели можно отнести к приближенным. В случае приближенного моделирования, отдельные стороны оригинала не моделируются, при этом модель отражает лишь изучаемые аспекты оригинала. Существует полное и неполное моделирование, что связано с полнотой соответствия модели оригиналу. Полное моделирование предполагает то, что модель соответствует оригиналу в полной мере не зависимо от времени и пространства. При неполном моделировании данное соответствие отсутствует [7, с. 32].

Описание наноразмерных мембран, тонких пленок и др. проводится с использованием компьютерного моделирования. Чаще всего используется многоуровневый подход, который предполагает сочетание моделей, основанных на молекулярной динамике, с моделями, которые описывают объект как целое (к примеру, метод конечных элементов) [22]. Разработка нанотехнологий связана с использованием такого моделирования, как стохастическое, которое предполагает подвержение системы случайным воздействиям. Противоположным данному моделированию является детерминированное, которое изучает систему, в которой предположительно отсутствуют случайные воздействия. Данные виды моделирования составляют группу, связанную со степени определенности [23, с. 246].

При создании роботов их конструкцию моделируют в виде чертежей. Логика движений, действий, разрабатываемых роботов, мо-

делируется с помощью специальных систем моделирования, таких как Player/Stage. Данные системы помогают смоделировать кинематику физических устройств, работу всевозможных сенсоров (видеокамер, датчиков цвета, лидаров, дальномеров и др.) [24]. Создание роботов связано с использованием непрерывно-дискретного моделирования, которое даёт возможность изучить системы, содержащие непрерывные и дискретные звенья (сигналы). В совокупности с непрерывным и дискретным моделированием они образуют группу видов моделирования по прерывистости сигналов моделируемых систем. Непрерывное моделирование изучает системы, сигналы которых непрерывны. Дискретное моделирование помогает исследовать системы с дискретными сигналами [25, с. 20].

Так как моделирование в настоящее время используется практически во всех областях возникла необходимость подразделить моделирование по области использования моделей на учебное, опытное, научно-техническое, игровое, имитационное. При учебном моделировании модели используют в обучении. Опытное моделирование используется как инструмент для изучения и составления прогнозов характеристик проектируемых объектов. Научно-техническое моделирование позволяет создать модель, при помощи которой возможно изучение явлений и процессов. Игровое моделирование даёт возможность провести «репетицию» того, как будет себя вести объект в тех или иных условиях. Модель, созданная с использованием имитационного моделирования, имитирует реальность с определенной степенью достоверности, также данный метод называют методом проб и ошибок [26, с. 47].

Выводы. В настоящее время моделирование заняло главенствующее место в теории познания, приобрело общенаучный характер и применяется учеными для исследования природы, в науках о человеке, обществе, а также в разработках новых технических средств. Такое широкое его использование объясняется существенной экономией времени, средств и сил, возможностью исправить ошибки, которые очень сложно исправить при наличии уже созданного объекта. Усовершенствованная классификационная схема видов моделирования облегчает восприятие накопленного опыта, позволяет обоснованно определиться с видом моделирования при проведении научного исследования.

Литература

1. Модель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Модель>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Плетнева О. В. Достижение предметных и метапредметных результатов в предметной области «Технология» в условиях внедрения ФГОС: методическое пособие / О. В. Плетнева, В. Я. Бармина, О. В. Тулупова. – М.: Вентана-Граф, 2017. – 173, [3] с.: илл.
3. Моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Моделирование>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Огородников В.П. История и философия науки. Учебное пособие для аспирантов. – СПб.: Питер, 2016. – 352 с.: илл.
5. Юдина О.И. Методология педагогического исследования : учебное пособие / О.И. Юдина; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2013. – 141 с.

6. Лекция 2: Понятие моделирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.intuit.ru/studies/courses/643/499/lecture/11351%2525253Fpage%2525253D2%2525252526keyword_content%2525253Dconception, свободный. – Загл. с экрана.
7. Беляева М.А. Моделирование систем : конспект лекций : в 2 ч.; ч. 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://simulation.su/uploads/files/default/2012-belyaeva-lekcii-part1.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Черепашков А.А., Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. — Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2009. — 640 с: илл.
9. Мамаева Н. А. Информатика. Курс лекций: Учебное пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://books.google.ru/books?id=rk_tBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false, свободный. – Загл. с экрана.
10. Талапов В.В. Основы ВМ: введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392с.: илл.
11. Чернов В. А. Теория экономического анализа: учебник. – Москва: Проспект, 2017. – 384 с.
12. И.Б. Родионов «Теория систем и системный анализ»: Лекция 9 Классификация видов моделирования систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://victor-safronov.ru/systems-analysis/lectures/rodiонов/08.html>, свободный. – Загл. с экрана.
13. Алесинская Т.В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления. Таганрог: – Изд-во ТРТУ, 2005.– 121с.
14. Предшественники «маржиналистской революции» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://econuniver.com/economik-gasdel/istekuz/130-predshestvenniki-marzhinalistskoj-revoljucii.html>, свободный. – Загл. с экрана.
15. Экономико-математическое и статическое моделирование в истории экономической мысли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.volsu.ru/upload/medialibrary/782/10_history.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
16. Солдатенко Л.В. Введение в математическое моделирование строительно-технологических задач [Текст]: учебное пособие / Л.В. Солдатенко. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. - 161 с.
17. Гаджиева Х.Х. Учебное пособие (курс лекций) по дисциплине «Экономико-математические методы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dgunh.ru/content/glavnay/ucheb_deyatel/uposob/up-fgos-14-15-pmit-15.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
18. Жуков К. Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 688с.
19. Первая ЭВМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sites.google.com/site/istoriasozdaniakomputera2/home/pevaa-evm>, свободный. – Загл. с экрана.
20. Норберт Винер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.hrono.ru/biograf/bio_we/viner.php, свободный. – Загл. с экрана.
21. 3D-моделирование поверхности планет и спутников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mexlab.migaik.ru/nauchnaya_deyat/3d_mod/, свободный. – Загл. с экрана.
22. Компьютерное моделирование в нанотехнологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/kompyuternoe-modelirovanie-v-nanotekhnologii>, свободный. – Загл. с экрана.
23. Гусаков В. Г. Аграрная экономика: термины и понятия: энцикл. справ. / В. Г. Гусаков, Е. И. Дереза. – Минск : Белорус. Наука, 2008. – 576 с.
24. Система моделирования роботов Player/Stage (Часть 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://robot-develop.org/archives/4897#more-4897>, свободный. – Загл. с экрана.
25. Рыбин В.В. Моделирование нестационарных непрерывно-дискретных систем управления спектральным методом в системах компьютерной математики. – М.: Изд-во МАИ, 2011. – 220 с.: ил.
26. Корниенко Е.В. Методы прогнозирования и принятий решений. Учебно-методическое пособие. – Таганрог: Изд-ль С.А. Ступин, 2014.- 100 с.

Сведения об авторах:

Волхонов Михаил Станиславович – доктор технических наук, профессор, e-mail: vms72@mail.ru
 ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Костромская область, п. Караваево, Россия.
 Зимин Игорь Борисович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: igzimin@yandex.ru
 ФГБОУ ВО «Великолуцкая государственная сельскохозяйственная академия», г. Великие Луки, Россия
 Максимов Иван Иванович – доктор технических наук, профессор, e-mail: maksimov48@inbox.ru
 Юнусов Губейдулла Сибятулович – доктор технических наук, профессор, e-mail: 270144@mail.ru
 Джаббаров Игорь Александрович – аспирант кафедры технических систем в АПК, e-mail: izhabbarov@yandex.ru
 ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Костромская область, п. Караваево, Россия.
 Дерменжи Александр Валерьевич – студент инженерно-технологического факультета, e-mail: sapea23.03.94@mail.ru
 ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Костромская область, п. Караваево, Россия.

ABOUT DEVELOPMENT OF SIMULATION FROM ANTIQUITY TO OUR DAYS

Volhonov M.S., Zimin I.B., Jabbarov I.A., Dermenzhi A.V.

Abstract. In the article, based on the analysis of available sources of information, information on various types of modeling is systematized and presented, an improved classification is proposed according to which one can distinguish: full, incomplete and approximate (in completeness); stochastic and deterministic (by degree of certainty); discrete, discrete-continuous, continuous (by intermittence); static and dynamic (by the change in time); constructive and descriptive (by the presence of controlled variables); functional, information, behavioral (depending on the aspect of modeling); educational, experimental, scientific and technical, game and imitation (in the field of modeling); mental and real (in the form of implementation); the real, depending on the method of implementation, is divided into the natural (scientific experiment, complex tests, production experiment) and physical (in real time, model time and without time); depending on whether the computer is used for mental modeling is divided into computer and non-computer. By the way of realization, the mental is divided into visual (hypothetical, analog and mocked), symbolic (linguistic and sign) and mathematical (situational, cybernetic, structural, analytical, algorithmic and combined). Also, the mathematical, depending on the properties reflected, is divided into geometric, probabilistic and topological. The article presents historical facts related to the stages of the development of modeling. Causes and main directions of development of modeling and direction of human activity are indicated, in which modeling currently performs one of the main roles.

Key words: model, modeling, building models, creating models, study of models, model research, scientific research, modeling types, modeling methods.

References

1. *Model'* (Model), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, <https://ru.wikipedia.org/wiki/Модель>, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
2. Pletneva O. V. *Dostizhenie predmetnyh i metapredmetnyh rezul'tatov v predmetnoj oblasti «Tekhnologiya» v usloviyah vnedreniya FGOS* (Achievement of substantive and meta-subject results in the "Technology" subject area in the context of GEF implementation), Metodicheskoe posobie, O. V. Pletneva, V. YA. Barmina, O. V. Tulupova, M, Ventana-Graf, 2017, 173, [3] p, il.
3. *Modelirovanie* (Modeling), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, <https://ru.wikipedia.org/wiki/Моделирование>, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
4. Ogorodnikov V.P. *Istoriya i filosofiya nauki* (History and philosophy of science), Uchebnoe posobie dlya aspirantov, SPb, Piter, 2016, 352 p, il.
5. YUdina O.I. *Metodologiya pedagogicheskogo issledovaniya* (Methodology of pedagogical research), Uchebnoe posobie, O.I. YUdina, Orenburgskij gos. un-t., Orenburg, OGU, 2013, 141 p.
6. *Lekciya 2: Ponyatie modelirovaniya* (Lecture 2: The concept of modeling), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, http://www.intuit.ru/studies/courses/643/499/lecture/11351%2525253Fpage%2525253D2%25252526keyword_content%2525253Dconception, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
7. Belyaeva M.A. *Modelirovanie sistem* (Modeling systems), Konspekt lekcij v 2 ch., ch. 1, EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, <http://simulation.su/uploads/files/default/2012-belyaeva-lekcii-part1.pdf>, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
8. Cherepashkov A.A., Nosov N.V. *Komp'yuternye tekhnologii, modelirovanie i avtomatizirovannye sistemy v mashinostroenii* (Computer technologies, modeling and automated systems in engineering), Ucheb. dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij, Volgograd, Izdatel'skij Dom «In-Folio», 2009, 640 p, il.
9. N. A. Mamaeva *Informatika. Kurs lekcij* (Computer science. Lecture course), Uchebnoe posobie, EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, https://books.google.ru/books?id=rk_tBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
10. Talapov V.V. *Osnovy BIM: vvedenie v informacionnoe modelirovanie zdaniy* (The Basics of BIM: An Introduction to Building Information Modeling), M, DMK Press, 2011, 392 p, il.
11. Chernov V. A. *Teoriya ehkonomicheskogo analiza* (Theory of Economic Analysis), Uchebnik, Moskva, Prospekt, 2017, 384 p.
12. I.B. Rodionov «*Teoriya sistem i sistemnyj analiz*»: *Lekciya 9 Klassifikaciya vidov modelirovaniya sistem* ("Theory of systems and systems analysis": Lecture 9 Classification of types of modeling systems), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, <http://victor-safronov.ru/systems-analysis/lectures/rodionov/08.html>, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
13. Alesinskaya T.V. *Osnovy logistiki. Obshchie voprosy logisticheskogo upravleniya* (Basics of logistics. General issues of logistics management), Taganrog, Izd-vo TRTU, 2005, 121 p.
14. *Predshestvenniki «marzhinalistskoj revolyucii»* (The precursors of the "marginalist revolution"), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, <http://ecouniver.com/economik-rasdel/istekuz/130-predshestvenniki-marzhinalistskoj-revoljucii.html>, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
15. *EHkonomiko-matematicheskoe i staticheskoe modelirovanie v istorii ehkonomicheskoy mysli* (Economic-mathematical and static modeling in the history of economic thought), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, http://www.volsu.ru/upload/medialibrary/782/10_history.pdf, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
16. Soldatenko L.V. *Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie stroitel'no-tekhnologicheskikh zadach* (Introduction to mathematical modeling of construction and technological problems), Uchebnoe posobie, L.V. Soldatenko, Orenburg, GOU OGU, 2009, 161 p.
17. Gadzhieva Halimat Hajrudinovna *Uchebnoe posobie (kurs lekcij) po discipline «EHkonomiko-matematicheskie metody»* (Textbook (course of lectures) on discipline "Economic and mathematical methods"), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, http://www.dgunh.ru/content/glavnay/ucheb_deyatel/uposob/up-fgos-14-15-pmit-15.pdf, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
18. Zhukov K. G. *Model'noe proektirovanie vstraivaemyh sistem v LabVIEW* (Model Embedded Design in LabVIEW), M, DMK Press, 2011, 688 p.
19. *Pervaya EHVМ* (The first computer), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, <https://sites.google.com/site/istoriasozdaniakomputera2/home/pervaa-evm>, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
20. *Norbert Viner* (Norbert Wiener), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, http://www.hrono.ru/biograf/bio_we/viner.php, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
21. *3D-modelirovanie poverhnosti planet i sputnikov* (3D-modeling of the surface of planets and satellites), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, http://mexlab.miigaik.ru/nauchnaya_deyat/3d_mod/, Zagl. s ehkrana.
22. *Komp'yuternoe modelirovanie v nanotekhnologii* (Computer modeling in nanotechnology), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, <http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/kompyuternoe-modelirovanie-v-nanotekhnologii>, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
23. Gusakov V. G. *Agrarnaya ehkonomika: terminy i ponyatiya* (Agrarian economy: terms and concepts), EHncikl. sprav., V. G. Gusakov, E. I. Dereza., Minsk, Belarus. Nauka, 2008, 576 p.
24. *Sistema modelirovaniya robotov Player/Stage (CHast' 1)* (Robot Modeling System for Player / Stage Robots (Part 1)), EHlektronnyj resurs, Rezhim dostupa, <http://robot-develop.org/archives/4897#more-4897>, svobodnyj, Zagl. s ehkrana.
25. V.V. Rybin *Modelirovanie nestacionarnyh nepreryvno-diskretnyh sistem upravleniya spektral'nym metodom v sistemah komp'yuternoj matematiki* (Simulation of non-stationary continuous-discrete control systems by the spectral method in computer mathematics systems), M, Izd-vo MAI, 2011, 220 p, il.
26. Kornienko E.V. *Metody prognozirovaniya i prinyatij reshenij* (Methods of forecasting and decision making), Uchebno-metodicheskoe posobie, Taganrog, Izd-l' S.A. Stupin, 2014, 100 p.

Authors:

Volhonov Mihail Stanislavovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: vms72@mail.ru,
 Zimin Igor Borisovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
 Maksimov Ivan Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor
 Yunusov Gubeydulla Sibyatulloevich – Doctor of Technical Sciences, Professor
 FSBEI HE «Velikie Luki State Agricultural Academy», e-mail: igzimin@yandex.ru
 Jabbarov Igor Alexandrovich – Postgraduate Student, e-mail: idzhabbarov@yandex.ru
 Dermenzhi Alexander Valerievich – Student, e-mail: sanea23.03.94@mail.ru