

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

И.О. Котлярова

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Моделирование является атрибутом современного педагогического исследования. В статье представлен ретроспективный анализ использования метода моделирования, прежде всего, в педагогических исследованиях. Обоснованы его особенности в зависимости от развития других сфер человеческой жизнедеятельности, в частности, научной сферы. Определены особенности применения метода в каждый из трех выявленных периодов: с древних времен до XV в., с XV в. до конца XIX в., в современный период с начала XX в. по настоящее время. С учетом широкой разработанности вопроса о педагогическом моделировании и его содержательной вариативности автор рассматривает только отдельные, недостаточно разработанные аспекты моделирования в современных педагогических исследованиях. Дана авторская трактовка моделирования как четырехстороннего отношения. Охарактеризованы различные схемы моделирования в зависимости от целей исследования и взаимосвязей моделирования с прогнозированием и проектированием. Определены уровни моделирования: концептуальный, частно-научный, технологический, описаны особенности моделей каждого уровня.

Ключевые слова: моделирование, педагогическое исследование, периодизация, отношение, концептуальный, частно-научный, технологический уровни моделирования.

Введение. Моделирование является общенаучным методом исследования, основанным на использовании исследователем замещающего реальность объекта – модели (часто в форме системы). Использование метода моделирования закономерно обусловлено сложностью объективной реальности, не позволяющей исследователю получить всю интересующую его информацию о предмете исследования. В этой связи и используются более простые для познания реальности объекты – модели, которые тем не менее в чем-то аналогичны исследуемой действительности. Создаются модели с целью замещения реальности (например, в процессе ее исследования) при решении каких-либо познавательных или образовательных задач. Модели используются и в образовательных целях, но в нашей работе мы будем изучать только познавательный аспект его применения.

Моделирование как общенаучный метод познания используется в разных науках. Трудно установить точно начало использования данного метода в исследованиях. Практика моделирования возникла одновременно с

явлением познания окружающего мира. Более того, известные схемы познания свидетельствуют о невозможности этого процесса без осуществления моделирования. «Моделирование универсализируется и в определенном смысле становится синонимом познания, выражающим те характерные черты современного его этапа, которые связаны с единством строгих и нестрогих (формализованных и неформализованных) приемов, с единством прерывности непрерывности процесса получения новой информации» [15, с. 292–293].

Можно утверждать, что неосознаваемое и не описанное теоретически моделирование использовалось человечеством всегда. В теории же соответствующее явление нашло отражение, когда появились первые обозначающие его термины. Тем не менее нельзя не согласиться, что «способ, которым мы получаем знания, меняется по мере изменения форм социальной и технологической практики и форм социальной организации» [4, с. 8]. Связь моделирования с познанием позволяет приложить этот тезис и к применению, и к трактовке метода моделирования в научном по-

знании. Изучая развитие метода моделирования в познании педагогической действительности в исторической ретроспективе можно проследить, как моделирование из стихийного процесса становилось сознательно используемым и управляемым.

Развитие метода моделирования в познании педагогической действительности. Сложность окружающего мира с древности требовала от ученых представления результатов познания в наглядной форме, позволяющей как доводить результаты изысканий до других людей, так и продолжать свои исследования, используя более простые аналоги интересующих их объектов. Столько, сколько существует познание, существовали, говоря современным языком, ментальные модели, которые являют в мозгу исследователя его образы изучаемого окружающего мира. Среди первых моделей познаваемой действительности преобладали наглядно-образные представления. Наглядные модели использовались еще в исследованиях древнейших наук: естественных и математики, философии. Позднее моделирование появилось в других науках. Педагогика в древности еще не выделилась в самостоятельную науку, несмотря на то, что в древние времена уже разрабатывались различные модели воспитания Демокрита, Аристотеля, Квинтилиана и другие. Лишь в XV–XVI вв. появились первые научные трактаты по педагогике, которые стали первыми элементами зарождающейся науки.

Это привело нас к выводу о том, что развитие метода научного моделирования в течение всего периода с древних времен до конца XIV в. можно охарактеризовать следующими достижениями:

- появление языковых знаков (символов) как моделей, обозначающих реальные объекты, явления, процессы;
- отсутствие понятия модели и моделирования в науке, однако наличие соответствующих объектов и явлений в практике человеческого познания и жизнедеятельности;
- существование ментального моделирования как неотъемлемого признака человеческого мышления;
- отражение результатов научных изысканий в виде моделей. Появление элементов научных теорий как отражение окружающего мира;
- становление языков моделирования: вербального; символического, в том числе мате-

матического; геометрического; чертежного; схематического; механического;

- разработка описательных вербальных педагогических моделей в качестве фиксации мыслей ученого и как ориентировочной основы для процесса воспитания. Использование моделей изучаемых объектов, процессов, явлений как средств облегчения понимания и усвоения знаний в содержании обучения и воспитания.

Начиная с XV в. до конца XIX в. модель и моделирование использовались представителями науки и искусства активно и, в отличие от предыдущего периода, сознательно. Получило развитие моделирование будущих сооружений и аппаратов в виде чертежей. Примерами могут служить работы Микеланджело Буонаротти, который для создания окончательных вариантов своих произведений использовал модели в форме эскизов, картонов, чертежей, например, для росписи (фрески) Сикстинской капеллы в 1508–1512 гг.; при создании скульптур и скульптурных групп (Битва Геркулеса с кентаврами и Мадонна (1489–1492 гг.), Давид (1501–1504 гг.), усыпальницы для Лоренце Де Медичи (1519–1534 гг.) и многие др.; для архитектурного решения и реконструкции зданий (реконструкция зданий Капитолийского холма в 1538–1539 гг., Собор Святого Петра, 1546 г.). Еще более продвинулся в развитии моделирования будущих произведений Леонардо да Винчи. Заслугой Леонардо да Винчи стало выявление границ применимости моделирования в конкретных ситуациях, что стало одной из предпосылок дальнейшего теоретического описания метода.

Наиболее весом вклад моделирования в развитие наук. Следует отметить изыскания И. Ньютона (1642–1727 гг.), для которого моделирование являлось уже методом исследования физических явлений. В своем труде «Математические начала натуральной философии» И. Ньютон фактически представил математические модели механических явлений и законов, описав в математических терминах законы механики, закон всемирного тяготения, законы Кеплера. Научный метод И. Ньютона – анализ – утвердился в науке. Таким образом, было положено начало анализу моделей, который впоследствии стал одним из обязательных этапов моделирования. Кроме того, многие математические понятия и отношения (используя современные термины, это: полиномы, производные, первообразные,

экстремумы, перегибы, касательные и др.) в дальнейшем стали использоваться как модели реальных объектов, явлений, процессов.

Метод моделирования широко использовался в науке. Вплоть до начала XX в. происходило накопление банка моделей различной природы в разных науках. Теоретическое же осмысление метода следует отнести к периоду XIX–XX вв. Согласно исследованию О.С. Федотовой, впервые термин «модель» введен «математиками конца XIX века Э. Бельтрами и Ф. Клейна в геометрии, а чуть позже в работах философов Г. Фреге и Б. Рассела, посвященных проблемам математической логики» [29, с. 200]. С этого времени моделирование как метод начал разрабатываться в рамках методологии науки, науковедения.

В педагогике происходили лишь качественные накопления различных моделей – как моделей содержания образования, так и процессов обучения и воспитания. Большинство моделей имело описательный, вербальный характер. Поскольку педагогика как наука еще только зарождалась, можно судить о развитии метода моделирования лишь по трудам отдельных мыслителей, которые занимались исследованием вопросов образования. Наиболее крупными и значимыми работами периода в области образования можно считать:

- «Гаргантюа и Пантагрюэль» Ф. Рабле, в которой представлена модель гуманистического воспитания ребенка, противопоставленная автором схоластическим моделям;

- «Опыты» М. Монтеня;

- «Утопия» Т. Мора и «Город солнца» Т. Компанелла, в которых описаны утопические модели устройства образования в государстве, а также гуманистические модели ненасилия в воспитании);

- «Великая дидактика» Я.А. Коменского, в которой впервые был смоделирован в целом процесс обучения, описаны классическая модель устройства системы образования в соответствии с возрастными периодами обучающихся, модель классно-урочной системы, до сих пор существующая в сфере образования, и многие другие модели разных аспектов процесса обучения.

Итак, достижения следующего достаточно длительного этапа исторического этапа с XV в. до конца XIX в. в развитии теории и практики моделирования состоят, по нашему мнению, в следующем:

- Накоплен опыт моделирования как эта-

па выполнения проекторочных конструкторских работ (что является пропедевтикой дальнейшего использования метода моделирования в инженерном образовании), а также при создании произведений искусства.

- Получили дальнейшее развитие языки моделирования: графический, символический, математический, физический, механический, вербальный.

- Моделирование как метод начал преднамеренно и сознательно использоваться учеными. Пришло понимание модели как средства исследования реальности.

- В моделирование был включен этап осуществления аналитической деятельности, расширивший границы использования метода.

- Сознательно использовались модели на практике, для решения практических задач. Разработаны многочисленные алгоритмы, моделирующие процессы.

- Началось теоретическое осмысление метода моделирования, использование современной терминологии («алгоритм», «модель», «моделирование»).

- В обучении и воспитании людей применялись модели реальности в решении практических задач.

- Уровень использования моделирования в образовании характеризовался накоплением описательных моделей воспитания и обучения. Многообразие моделей подготовило базу для создания теоретических абстракций в области моделирования педагогической действительности.

Начиная с XX в. по настоящее время метод моделирования, который стал общепризнанным и общенаучным методом, получил дальнейшее развитие в направлении появления новых возможностей выстраивания аналогий между моделируемой реальностью и моделью, использования новых языков моделирования и новых видов моделей. Их предоставили и потребности, и тенденции развития изучаемых наук, и достижения науки, производства, техники, других сфер общественного и экономического развития. Качественно новый язык моделирования появился в связи с возможностями, предоставляемыми ЭВМ, быстро распространяющимися в конце XX – начале XXI в. цифровыми технологиями.

В этот период окончательно пришло понимание модели как средства познания, а не как сути познаваемого [5]. Признание обще-

научного характера метода является важнейшим новообразованием этого периода. Несмотря на широкое использование моделей и моделирования в разных науках, ранее метод исследовался и применялся в рамках отдельных наук. Лишь в XX в. стало возможным говорить о системном изучении метода на основе абстрагирования его признаков, общих для разных наук. Диалектическая связь интеграции и дифференциации признаков моделей и моделирования применительно к разным наукам обогатила человеческое знание об этом общенаучном методе.

В современности строго формализованные модели – структурированные, систематизированные, математические – сосуществуют с неформализованными. Настоящий период характеризуется реабилитацией кибернетики, а вследствие этого – появлением эвристического и имитационного моделирования [32]. В прошлом веке математические методы анализа выделились в отдельную ветвь, что привело к появлению и теоретическому осмыслению метода математического моделирования, а впоследствии – компьютерного моделирования. В частности, сложилось научное направление исследования педагогической действительности методами математического моделирования. Первые математические модели строились в соответствии с методологией бихевиоризма Б.Ф. Скиннера, Д.Б. Уотсона, Э. Газри [3, 25] и др. и кратко описываются схемами «стимул – реакция» (S – R) или «стимул – подкрепление – реакция» (S – O – R). Однако, несмотря на то, что математические модели используются в педагогике, широкого распространения они не получили в силу уже упомянутой сложности отражаемых явлений образования и развития и трудности их формализации. Тем не менее с использованием математических моделей (в том числе и в форме черного ящика, ящика Скиннера) исследуются отдельные имеющие место в образовании и развитии явления и зависимости:

- динамика знания фактов школьниками [14];
- распространение знаний и управление процессом обучения в студенческой среде с учетом уровня квалификации преподавателей [7];
- управление обучением, где входные и выходные параметры включают знания разных субъектов и требования к образованию, а также умения, навыки, личностные характе-

ристики и статистические сведения и др. [11, 20, 28, 31].

В эпоху цифровизации начинают получать все более широкое распространение компьютерные модели, в том числе так называемые концептуальные модели, обладающие как преимуществами, так и недостатками других математических моделей [10, 12]. Для них характерно построение согласно логике внутреннего взаимодействия в триаде «модель – алгоритм – программа» [21].

Также имеется опыт создания современных разных по свойствам разноуровневых математических моделей, начиная с макроуровня (связь макрохарактеристик развития нации с уровнем образования; модели среднего (меза-) уровня, моделирующие качество образования на выходе отдельного вуза» [27]; модель «нулевого уровня, описывающего отношения «педагог – обучаемый» [28]). Однако и в этих моделях, несмотря на глобальность охвата всех уровней, не удастся охватить всего многообразия даже наиболее значимых факторов образования. Об этом свидетельствует заключение авторов, что подробный анализ такой модели приводит к выводу о том, что основой процесса обучения является память обучаемого [10, 26].

Еще одним направлением применения математического моделирования стало использование метода на стадии исследования эмпирических результатов педагогических исследований. Исследование многих педагогических зависимостей, закономерностей стало осуществляться на основе их моделирования путем сведения к тем или иным задачам математической статистики. Исследование нами более двухсот кандидатских педагогических исследований конца XX – начала XXI в. показало, что лишь 1,4 % аспирантов не использовали задачи математической статистики в качестве моделей, однако в этом случае применялись другие математические методы обработки эмпирических данных.

Известно, что исследователь, используя модель для замещения реальности, стремится получить достаточно простой для изучения объект. Однако простота модели отдаляет ее от моделируемого объекта, уменьшает количество параметров модели, определяющих ее связь с отражаемым объектом реальности. Многие исследователи считают модели педагогической и в целом социальной действительности сверхсложными системами. Для пони-

мания процедуры моделирования, особенно в гуманитарных науках, представляет важность диалектический принцип несоответствия точности и сложности Л. Заде: «Для систем, сложность которых превосходит некоторый пороговый уровень, точность и практический смысл становятся почти исключаящими друг друга характеристиками» [8, с. 7]. Слишком сложные и сверхсложные явления и объекты, к числу которых относятся и образовательные, не могут быть точно описаны формализованными методами. Несмотря на принцип Л. Заде, ученые не оставляют попыток смоделировать отдельные аспекты педагогической действительности, обучения при помощи формальных процедур. Сочетание формальных и неформальных методов моделирования в различных науках, включая педагогику, характерно для современного периода педагогических исследований [18–20].

Также интересным направлением исследования с использованием метода моделирования стало сочетание (интеграция) моделей с реальными объектами. Учитывая насыщенность окружающего мира искусственными объектами, эта тенденция становится вполне понятной как способ познания сложной смешанной действительности. В образовании также сочетаются естественные объекты (субъекты, их взаимодействие и развитие) с искусственными (проектами образовательного процесса, дидактическими и методическими средствами, лабораторным оборудованием и т. д.) [23]. Таким образом, возникает сложная процедура моделирования реальности и уже смоделированных объектов, замещающих реальность.

В современный период многие достижения в области исследования моделирования стали применимыми в педагогике и образовании. Основными теоретическими основаниями моделирования являются: принципы моделирования; этапы моделирования; технологии и средства моделирования, которые получили достаточную разработку на рубеже веков. Со второй половины XX в. осуществлено достаточно подробное обоснование использования метода моделирования в педагогических исследованиях и при проектировании педагогических объектов и процессов. Для моделей этого периода характерна опора на современные методологические подходы: системный, бихевиористский, синергетический, эргатический, которые ложились в основу создания моделей разной природы и направленности в

педагогике. Можно утверждать, что вполне сложилась методология педагогического моделирования, в становление которой внесли вклады работы ученых А.И. Богатырева, С.А. Бешенкова, А.Н. Дахина, Е.С. Заир-Бек, Е.А. Лодатко, В.М. Монахова, И.П. Подласого, В.Г. Свинарченко, А.В. Цыганова, В.А. Ясвина и др. [2, 6, 9, 13, 16, 22]. Есть авторские позиции, согласно которым моделирование неотделимо от системного отражения реальности. Классическим подтверждением системной методологии разработки моделирования в педагогике является известное определение, данное В.А. Штоффом: «Под моделью понимается такая мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте» [33, с. 19]. Наиболее полно современные представления о моделях и методах моделирования в педагогике представлены в работах У.С. Заир-Бек, защитившей докторскую диссертацию по проблемам педагогического проектирования и моделирования [9], В.Г. Свинарченко, сделавшего подробный анализ определений моделей, моделирования, их свойств, видов и этапов [22], а также А.Н. Дахина и Е.А. Лодатко, внесших вклад в систематизацию и развитие знаний о моделировании в педагогике [6, 13].

Анализ методологии, научных работ и практики использования метода моделирования в педагогических исследованиях XX – начала XXI в. позволил нам сделать следующие обобщения. Современный период в моделировании, начиная с XX в., характеризуется следующими особенностями.

- признание общенаучного характера метода моделирования;
- неоднозначность методологических подходов к моделированию педагогической действительности;
- многообразие видов моделей педагогической действительности, выявленных по разным основаниям;
- обогащение языка моделирования за счет возможностей сначала ЭВМ, а затем появления цифровых технологий;
- сочетание формальных и неформализованных моделей; моделей и реальности в педагогических исследованиях;
- взаимосвязь и взаимопроникновение процессов проектирования и моделирования.

Накопленное к современному периоду научное знание в области моделирования составляет основу и предпосылки для изложения авторского взгляда на моделирование в области педагогики.

Моделирование как отношение. Соглашаясь с трактовкой моделирования как метода, позволяющего изучать вместо педагогической реальности ее более простые аналоги, мы ставим перед собой задачу формализации метода с целью отражения наиболее существенных его признаков. Для решения данной задачи мы опираемся на формальную трактовку моделирования М. Вартофским и Л.М. Фридманом как третиного отношения [4, 28]. Используя в качестве научных предпосылок их работы, мы рассматриваем моделирование как 4-координатное отношение $R(S, R, r, M)$: между субъектом моделирования S , моделируемой педагогической реальностью R , релевантными отношениями r и моделью M .

Мы соглашаемся с авторами, которые подчеркивают субъективизм процесса моделирования [4, 30]. Роль субъекта (-ов) S в моделировании состоит в том, что его процесс и результат обусловлены совокупностью личных ресурсов исследователя, уровнем его квалификации, размерностью и качеством образованности, личным опытом, в частности – опытом профессиональной деятельности, состоянием здоровья, личностными качествами, индивидуальными психологическими особенностями, индивидуальными пристрастиями и собственным стилем поведения. В этом смысле моделированию присущ субъективизм, который нивелируется тем, что моделирование осуществляется в соответствии с научными требованиями к данному методу исследования, которые значительно ограничивают проявления вариативности в этом процессе, обусловленные влиянием индивидуальности субъекта. Это свойство моделирования обусловлено принципом антропосинергизма [24], составляющего ориентир как реализации, так и исследования непрерывного образования.

В педагогических исследованиях моделируемой реальностью R являются: образовательный процесс, его элементы, компоненты и связанные с образовательным процессом объекты, явления, процессы (в него включенные, либо находящиеся с ним в отношениях, либо их обоснования, свойства, закономерности и др.). Так, моделируемой реальностью в педагогике часто выступают:

- личные ресурсы обучающихся, которые развиваются либо формируются в образовательном процессе (личностные качества, здоровье, образованность, ценностные ориентации и отношения, компетентность, квалификация, др.);

- образовательный процесс;
- условия, в которых он осуществляется;
- образовательные системы; системы образования;

- системы методического обеспечения;
- содержание образования;
- учебно-педагогическое взаимодействие;
- управление образованием;
- аспекты социокультурной среды и др.

В современности моделируемая реальность часто выходит за рамки образовательного процесса, поскольку непрерывное образование включает виды формального, неформального и информального образования. Соответственно расширяется спектр моделируемых объектов, процессов и явлений.

Следующий компонент отношений – релевантные свойства r , т. е. те, которые относятся к предмету исследования и качественно его характеризуют. Мы согласны с тезисом М. Вартофского о том, что модель всегда содержит меньшее число релевантных свойств, чем реальность [4]. Для исследователя важно определить оптимальное соотношение между сложностью (адекватностью модели реальности) и простотой модели. Соответствующий итерационный процесс поиска оптимального соотношения между ними реализуется в чередующихся процедурах укрупнения и размельчения исследуемых параметров.

Следующий компонент отношений – это модель M . Ранее было показано, что существуют разные понимания модели. М. Вартофский подводит модель под общее понятие репрезентации. Мы согласны, что для модели желательна наглядность, однако признаки репрезентации не присущи всем видам моделей. Поэтому родовым признаком модели считаем «отражение реальности» (в прошлом, настоящем или будущем). В исторической ретроспективе в российской методологии понятие модели развивалось в связи с категорией системы. Поэтому признак системности присутствует во многих определениях модели. Считая моделью любое отражение реальности, мы не считаем обязательным признаком модели признак «быть системой». В то же время в целях отражения взаимосвязей между объек-

тами, явлениями и процессами реальности, а также стараясь учесть изменчивость и развиваемость реальности, целесообразно осуществлять моделирование с позиций системного подхода. Поэтому целесообразно (но не обязательно) трактовать модель как систему. Давая определение модели, не следует, на наш взгляд, ограничивать возможности и вариативность моделирования. Соглашаемся, в частности, с М.А. Абрамовой, которая отмечает, что «проблемой использования моделирования в диссертационных исследованиях по педагогике является недостаточное понимание разнообразия имеющихся моделей» [1, с. 173]. Многообразие моделей в образовании и педагогике обусловлено неоднозначностью мировоззренческих взглядов исследователей, разнообразием возможных методологических и теоретических оснований их проектирования и реализации.

Мы считаем целесообразным дать такое определение моделирования, которое не ограничивало бы этот процесс опорой на определенную методологию, не игнорировало некоторые классы моделей и аналогий. Моделью является отражение исследуемой действительности в форме реального или идеального объекта, который по своей природе может отличаться от прообраза, однако отражает в себе те признаки исследуемого объекта, которые представляют интерес для ученого. Данное определение не ограничивает выбор методологических оснований, способы используемых в моделировании аналогий и применение языков моделирования.

Далее возникает вопрос о процессуальной стороне моделирования (прежде всего об этапах моделирования), который, в свою очередь, не может решаться однозначно в связи с разным назначением метода в педагогических исследованиях. Модели создаются в педагогике в целях понимания существующей педагогической реальности, прогнозирования, а также для ее проектирования и управления развитием образования в соответствии с замыслом исследователя.

Процессуальная реализация моделирования. В науке разработаны этапы моделирования вообще и этапы моделирования педагогических явлений и процессов, которые согласуются с ними, но и учитывают их специфику [6, 9, 13, 22]. Е.С. Заир-Бек рассматривает следующие этапы построения педагогической модели-проекта [9]:

- 1) определение замысла;
- 2) эскиз модели-проекта;
- 3) расстановка моделей действий / стратегий;
- 4) планирование реальных стратегий на уровне задач и условий их реализации;
- 5) организация обратной связи, оценка процессов;
- 6) оценка и анализ результатов;
- 7) оформление документации.

Нам более близка позиция А.Н. Дахина, поскольку она в большей степени согласуется с общенаучными этапами исследования. Этим ученым выделены следующие этапы моделирования [6]:

- 1) вхождение в процесс и выбор методологических оснований для моделирования, качественное описание предмета исследования;
- 2) постановка задач моделирования;
- 3) конструирование модели с уточнением зависимости между основными элементами исследуемого объекта, определением параметров объекта и критериев оценки изменений этих параметров, выбором методик измерения;
- 4) исследование валидности модели в решении поставленных задач;
- 5) применение модели в педагогическом эксперименте;
- 6) содержательная интерпретация результатов моделирования.

В силу назначения моделей, а также целевых различий при моделировании закономерно встает вопрос о соотношении моделирования и проектирования, которое понимается авторами по-разному. Существуют крайние точки зрения, которые моделирование трактуют как стадию проектирования либо проектирование как вид моделирования. Также возникает вопрос о соотношении моделирования с прогнозированием, которое является одним из назначений моделирования. Однако наиболее точной является понимание их как совместных понятий, обладающих общими признаками, которые проявляются на разных стадиях реализации соответствующих процессов. Рассматривая разные задачи моделирования, следует, на наш взгляд, развести процессы моделирования, прогнозирования и проектирования при их решении.

Рассмотрим различные процессуальные реализации моделирования, в которых в разной степени могут происходить также прогнозирование и проектирование будущих об-

разовательных систем. Отметим, что разнообразие целей может приводить также и к вариативности этапов моделирования, а также к различным вариантам сплетения процессов моделирования, проектирования и прогнозирования.

В процессе педагогического исследования моделировать можно настоящую или прошедшую реальность (констатирующее и ретроспективное исследование), в частности, с целью выявления новых, ранее не известных релевантных свойств. В этом случае место моделирования в познании отражает схема на рис. 1.

В этом случае этапами моделирования являются:

- постановка цели исследования;
- вербальное описание моделируемой реальности;
- обоснование выбора параметров исследования;
- выбор языка моделирования, обеспечивающего наглядность, относительную простоту и исследуемость модели;
- разработка модели;
- исследование модели;
- при необходимости – коррекция модели: размельчение или укрупнение параметров;
- выявление новых релевантных свойств;
- уточнение модели;
- повторное исследование модели;
- интерпретация результатов, полученных при исследовании модели, примени-

тельно к педагогической действительности, выводы.

Часто важно построить модель будущего, это происходит в процессе проектирования, на основе проектирования, с тем, чтобы, используя ее в качестве ориентировочной основы, можно было в будущем осуществлять образовательный процесс, качественно «лучший», чем современный. В этом случае реализуется схема познания, изображенная на рис. 2.

Этапы моделирования:

- постановка цели исследования;
- обоснование и выбор параметров исследования;
- исследование настоящего состояния реальности;
- выявление закономерностей, тенденций, аттракторов развития исследуемого объекта, явления, процесса;
- формулировка гипотезы о качественном лучшем состоянии исследуемого объекта, явления, реальности, выявление релевантных свойств, способных, предположительно, обеспечить это качество;
- выбор языка моделирования, обеспечивающего наглядность, относительную простоту и исследуемость модели;
- начало проектирования модели;
- разработка модели;
- исследование модели;
- при необходимости – коррекция модели: размельчение или укрупнение параметров;



Рис. 1. Моделирование в исследовании существующих систем в образовании

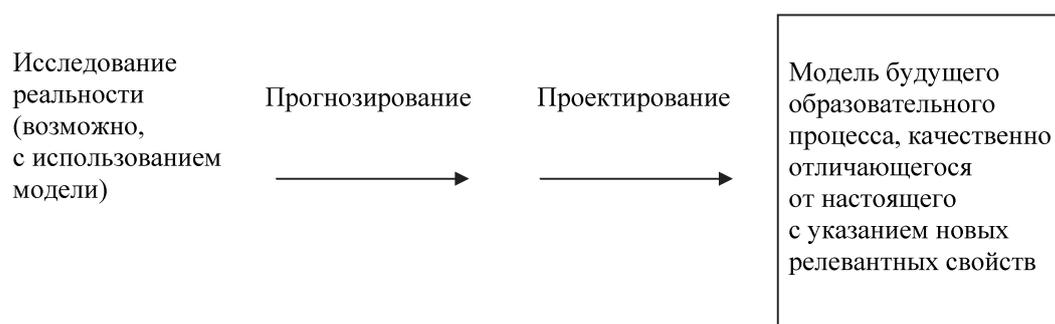


Рис. 2. Моделирование в проектировании прогнозируемых систем в образовании

Методологические основания педагогики

- уточнение модели;
- повторное исследование модели;
- интерпретация результатов, полученных при исследовании модели, применительно к педагогической действительности, выводы. Реализация педагогической реальности в соответствии с новой моделью.

Итак, становится ясно, что в реальном процессе моделирования возможно создание не одной, а нескольких моделей, разных по природе, степени сохранения релевантных свойств, отражаемой реальности. Так, возможно построение асимптотической цепочки моделей [17], в которой могут присутствовать модели, использующие как один, так и разные языки, с постепенным увеличением адекватности отражаемой реальности (рис. 3, 4).

На рис. 3, 4 стрелками обозначена последовательность действий, а пунктиром на рис. 4 – связь реальности с моделями, ее отражающими.

Возможно также моделирование педаго-

гической действительности в виде совокупности моделей разного уровня общности и детализации исследуемых параметров. В этом случае типично представление обобщенной модели, а также моделей ее составляющих (уже с большим числом исследуемых параметров) (рис. 5). Двойная стрелка на рис. 5 показывает, что моделирование может осуществляться в любом порядке и начиная с любого уровня.

Разноуровневое моделирование позволяет некоторым образом разрешить дилемму: увеличить адекватность модели или обеспечить ее простоту для дальнейшего исследования. Количество параметров на уровне представления обобщенной модели позволит выявить наиболее существенные релевантные свойства и определить системные признаки модели в случае выбора соответствующих методологических оснований исследования. Уровень детализации составляющих модели позволяет увеличить число исследуемых параметров и повысить тем самым адекватность модели.

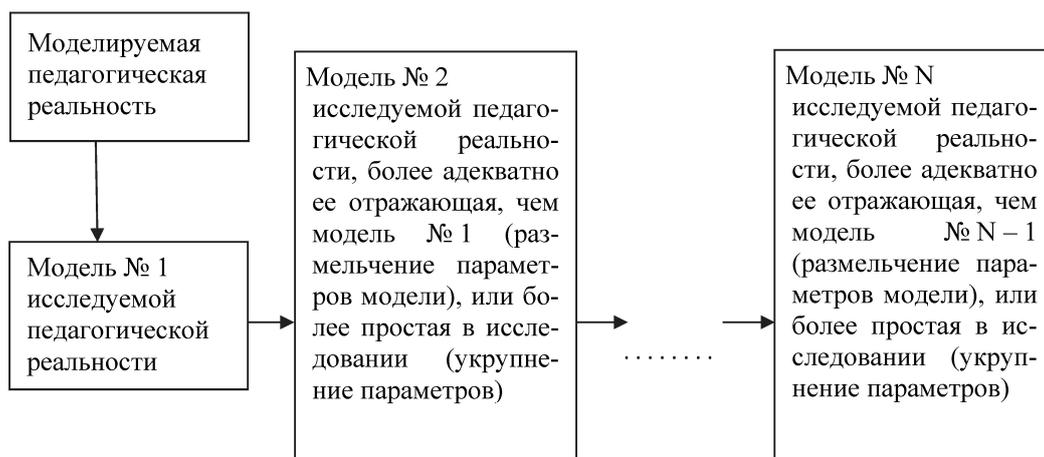


Рис. 3. Построение цепочки моделей путем уточнения релевантных свойств

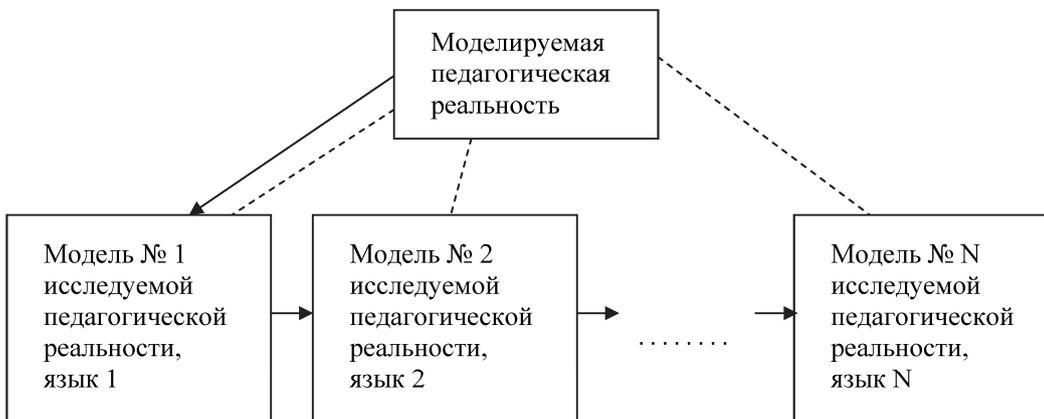


Рис. 4. Построение цепочки моделей на основе последовательного использования разных видов аналогии и разных языков моделирования



Рис. 5. Разноуровневое моделирование

При этом компоненты и параметры не обязательно должны совпадать, хотя возможен и такой подход к моделированию. В качестве примера можно рассмотреть модель образовательного процесса. Часто при моделировании образовательного процесса выделяются целевой, содержательный, процессуальный, контрольно-оценочный компоненты, находящие отражение в его обобщенной модели. Тогда можно дополнить обобщенную модель моделями: оснований определения содержательного наполнения компонентов; каждого компонента; условий, в которых может быть реализован образовательный процесс, проч.

Как уже показано на рис. 5, возможно создание разноуровневых моделей. Это можно отнести и к разным уровням реализации педагогического исследования: от идеи, концепции, основного замысла к педагогической теории и далее к технологии или методике их реализации. В науке выделяют уровни моделей и моделирования по разным основаниям. Трактую моделирование как метод педагогического исследования, в контексте решения задачи процессуальной реализации моделирования мы встаем на позицию создания уровневой типологии моделей и моделирования, подразделяя модели на концептуальные (в моделировании данный термин используется и в другом контексте, для обозначения информационных, математических моделей), конкретно-научные (педагогические) и технологические (или методические). Поскольку данный взгляд на типологию отражает уровневое представление одной и той же реальности, все три типа моделей объединяет отражаемый объект. Интегрированная совокупность моделей всех трех уровней являет собой обобщенную модель объектов, явлений,

процессов педагогической действительности, отдельные части которой являются разными по уровню и неоднородными как по уровню представления, так и по степени детализации (рис. 6).

Концептуальные модели содержат методологические предпосылки, основные идеи, на которых основывается образовательный процесс, педагогические системы, системы управления образованием, принципы, являющиеся ориентирами их исследования, концептуальные положения, отражающие развитие исследуемых объектов, явлений, процессов педагогической действительности.

Педагогический (конкретно-научный) уровень представления объектов, явлений, процессов педагогической действительности обычно включает педагогически обоснованные элементы, компоненты, иные составные части, функции субъектов педагогической действительности и иных сфер, с ней взаимодействующих, многообразие внутренних и внешних связей, признаки, релевантные свойства или другие характеристики предмета исследования.

На технологическом (или методическом) уровне модели включают разные составляющие, в зависимости от отражаемого или проектируемого объекта, явления или процесса. Так, технологические или методические модели образовательного процесса могут включать конкретные дисциплины, программы, содержание учебного материала, виды заданий, определенные методы и формы реализации образовательного процесса на выбранном материале, задания для контроля и оценки результатов, мероприятия по реализации условий, способы корректировки образовательного процесса и др.

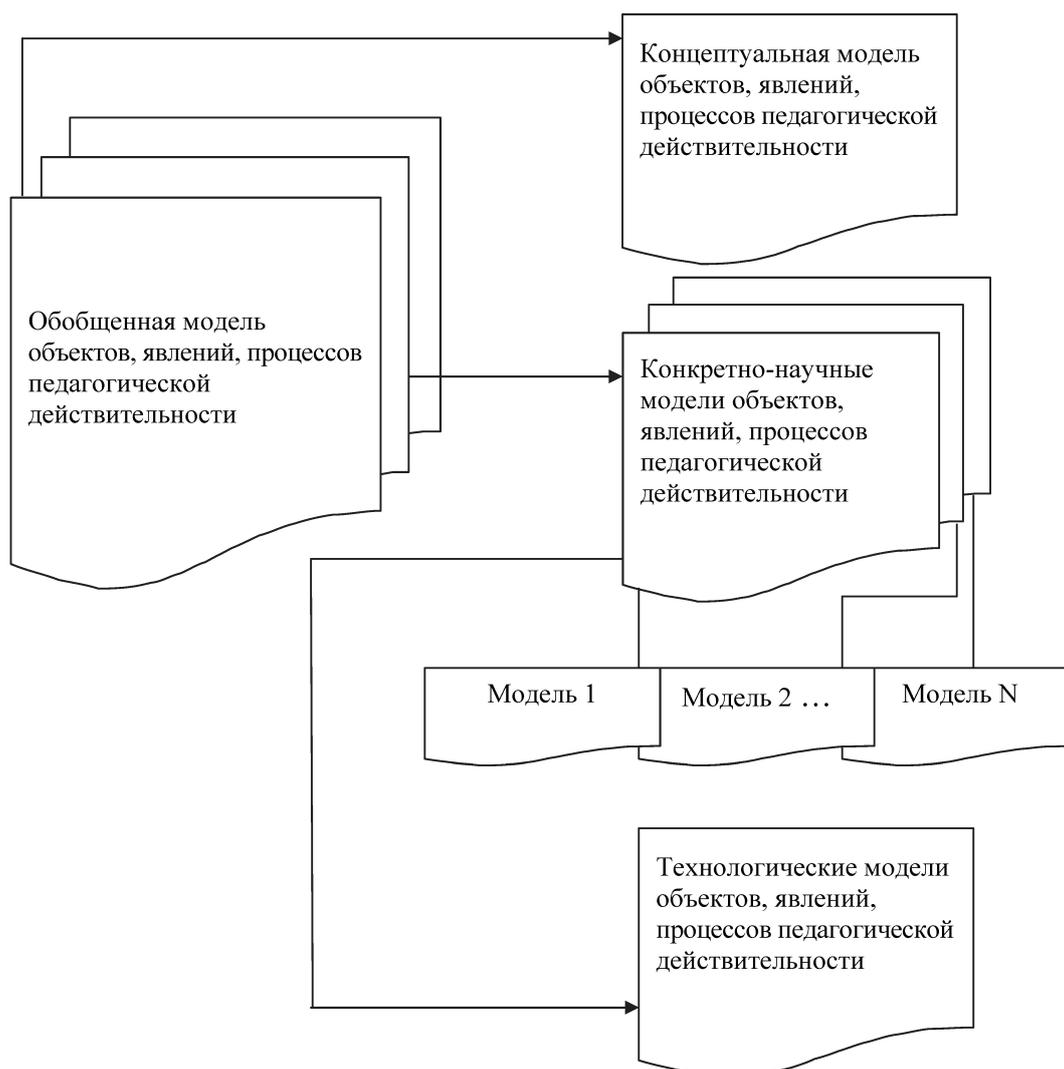


Рис. 6. Обобщенная модель объектов, явлений, процессов педагогической действительности

Важно соблюдение требования корреляции между методологическими основаниями, педагогическими теориями и процессуальными реализациями, заложенными соответственно в моделях концептуального (методологического), конкретно-научного и технологического (методического) уровней.

Заключение. Моделирование есть метод исследования, представляющий обязательный атрибут познания. Моделирование объектов, явлений, процессов педагогической действительности в современный период осуществляется педагогами-исследователями в целях обеспечения возможности исследования объектов более простых, нежели имеют место в реальности, а также таких, воздействие на которые не несет в себе столько рисков и последствий, сколько воздействие на реальные объекты, явления и процессы в сфере образования. В историческом развитии исследова-

тели совершили многовековой переход от стихийного и неосознанного применения метода моделирования, через накопление многообразных моделей обучения и воспитания (а также моделей, используемых в других науках), к сознательному его использованию в соответствии с теоретически обоснованными нормативами, этапами, схемами. Современные возможности моделирования позволяют применять разнообразные виды аналогий, языков, методов при построении и исследовании моделей, внедрять искусственно создаваемые модели в педагогическую действительность, отражать как формальные, так и неформальные ее аспекты в одном исследовании. В зависимости от замысла исследования и от стоящих перед исследователем задач моделирование может осуществляться по различным схемам и находится в сложной взаимозависимости с процессами прогнозиро-

вания развития и проектирования (педагогических систем, систем управления образованием, образовательных процессов и др.).

Литература

1. Абрамова, М.А. Моделирование как метод исследования / М.А. Абрамова // Меридиан. – 2017. – № 4 (7). – С. 148–150.

2. Богатырев, А.И. Теоретические основы педагогического моделирования (сущность и эффективность) / А.И. Богатырев, И.М. Устинова. – http://www.rusnauka.com/SND/Pedagogica/2_bogatyrev%20a.i..doc.htm (дата обращения: 11.09.2018).

3. Большая советская энциклопедия: в 30 т. / под ред. А.М. Прохоров. – М.: Совет. энцикл., 1969.

4. Вартофский, М. Модели. Репрезентация и научное понимание / М. Вартофский. – М.: Прогресс, 1988. – 507 с.

5. Гусинский, Э.Н. Введение в философию образования / Э.Н. Гусинский, Ю.И. Турчанинова. – М.: Логос, 2000. – 224 с.

6. Дахин, А.Н. Педагогическое моделирование / А.Н. Дахин. – Новосибирск: НИПКУПРО, 2005. – 230 с.

7. Добрынина, Н.Ф. Математические модели распространения знаний и управление процессом обучения студентов / Н.Ф. Добрынина // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 7. – С. 7–9.

8. Заде, Л. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений / Л. Заде // Математика сегодня. – 1974. – С. 5–49.

9. Заир-Бек, Е.С. Теоретические основы обучения педагогическому проектированию: дис. ... д-ра пед. наук / Е.С. Заир-Бек. – СПб., 1995. – 410 с.

10. Капица, С.П. Синергетика и прогнозы будущего / С.П. Капица, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий. – М.: Наука, 1997. – 286 с.

11. Киселева, О.М. Применение математических моделей в педагогике. Модель цели обучения / О.М. Киселева. – <http://pedagogika.snauka.ru/2014/04/2234> (дата обращения: 11.09.2018).

12. Киселева, О.М. Применение методов математического моделирования в педагогике / О.М. Киселева, Г.Е. Сенькина // Вестник Поморского ун-та. – 2007. – № 3. – С. 32–36.

13. Лодатко, Е.А. Моделирование педагогических систем и процессов / Е.А. Лодатко. – Славянск: СГПУ, 2010. – 148 с.

14. Майер, Р.В. Исследование процесса формирования эмпирических знаний по физике / Р.В. Майер. – Глазов: ГГПИ, 1998. – 132 с.

15. Материалистическая диалектика и методы естественных наук: сб. статей / ред. М.Э. Омеляновский. – М.: Наука, 1968. – 608 с.

16. Мизинцев, В.П. Применение моделей и методов моделирования в дидактике / В.П. Мизинцев. – М.: Знание, 1977. – 148 с.

17. Моисеев, Н.Н. Человек и ноосфера / Н.Н. Моисеев. – М.: Молодая гвардия, 1990. – 351 с.

18. Носс, И.Н. Моделирование, как принцип и как метод психологического исследования / И.Н. Носс // Психология обучения. – 2017. – № 7. – С. 121–131.

19. Платонова, Р.И. Моделирование в научно-педагогических исследованиях / Р.И. Платонова // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2017. – Т. 6. – № 3 (20). – С. 190–194.

20. Рыжкова, М.Н. Математическая модель процесса управления обучением / М.Н. Рыжкова // Вестник Череповец. гос. ун-та. – 2015. – № 6 (67). – С. 41–47.

21. Самарский, А.А. Математическое моделирование / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 320 с.

22. Свиаренко, В.Г. Педагогическое моделирование как метод научного исследования и метод продуцирования / В.Г. Свиаренко. – <http://web.snauka.ru/issues/2017/10/84392> (дата обращения: 11.09.2018).

23. Сериков, Г.Н. Образование: аспекты системного отражения / Г.Н. Сериков. – Курган: Зауралье, 1997. – 464 с.

24. Сериков, Г.Н. Здоровьесбережение в гуманном образовании / Г.Н. Сериков, С.Г. Сериков. – Екатеринбург; Челябинск: ЧГПУ, 1999. – 242 с.

25. Скиннер, Б.Ф. Наука и человеческое поведение / Б.Ф. Скиннер. – Новосибирск, 2017. – 517 с.

26. Солодова, Е.А. Немарковские модели обучения / Е.А. Солодова // Синергетика: труды семинара. Т. 7: Материалы круглого стола «Проблемы открытости сложных эволюционирующих систем». – М.: МИФИ, 2004. – С. 123–135.

27. Солодова, Е.А. Перспективные синергетические модели в педагогике / Е.А. Солодова // Синергетика: труды семинара. Т. 5: Материалы круглого стола «Сложные системы: идеи, проблемы, перспективы». – М.;

Методологические основания педагогики

Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2003. – С. 21–38.

28. Солодова, Е.А. Математическое моделирование педагогических систем / Е.А. Солодова, Ю.П. Антонов // *Математика. Компьютер. Образование.* – 2005. – Ч. 1. – С. 113–121.

29. Федотова, О.С. Когнитивное моделирование как метод познания и изучения объекта в научных исследованиях / О.С. Федотова // *Филологические науки. Вопросы теории и практики.* – 2015. – № 4. – Ч. 2. – С. 199–202.

30. Фридман, Л.М. Наглядность и моде-

лирование в обучении / Л.М. Фридман. – М.: Знание, 1984 – 80 с.

31. Чуйко, Л.В. Необходимость применения математических методов в педагогических исследованиях / Л.В. Чуйко // *II славянские педагогические чтения: тез. докл. Междунар. конф. (16–18 окт. 2003 г.).* – Тирасполь: РИО ПГУ, 2003. – С. 172–174.

32. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем: искусство и наука / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 420 с.

33. Штофф, В.А. Моделирование и философия / В.А. Штофф. – М.; Ленинград: Наука, 1966. – 19 с.

Котлярова Ирина Олеговна, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, kotliarovaio@susu.ru.

Поступила в редакцию 26 декабря 2018 г.

DOI: 10.14529/ped190101

METHOD OF MODELING IN PEDAGOGICAL RESEARCHES: HISTORY OF DEVELOPMENT AND MODERN CONDITION

I.O. Kotlyarova, kotliarovaio@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Modeling is an attribute of modern pedagogical research. The article presents a retrospective analysis of the use of the modeling method, primarily in pedagogical research. Dependence of modeling on the development of science and other spheres of human activity is discussed. The features of modeling from ancient times to the 15th century, from the 15th century till the end of the 19th century, during the modern period from the beginning of the 20th century until recent times are determined. The author considers only insufficiently developed aspects of modeling in modern pedagogical research. The author's interpretation of modeling as a four-sided relation is given. Various modeling schemes, depending on the objectives of the research and the links of modeling with forecasting and design are constructed. The levels of modeling are defined: conceptual, scientific, technological ones. The features of models of each level are described.

Keywords: modeling, pedagogical research, periodization, attitude, conceptual, scientific, technological levels of modeling.

References

1. Abramova M.A. [Modeling as a Research Method]. *Meridian*, 2017, no. 4 (7), pp. 148–150. (in Russ.)

2. Bogatyrev A.I., Ustinova I.M. *Teoreticheskie osnovy pedagogicheskogo modelirovaniya (sushchnost' i effektivnost')* [Theoretical Foundations of Pedagogical Modeling (Essence and Effectiveness)]. Available at: http://www.rusnauka.com/SND/Pedagogica/2_bogatyrev%20a.i..doc.htm (accessed 11.09.2018).

3. Prokhorov A.M. *Bol'shaya sovetskaya entsiklopediya: v 30 tomakh* [Great Soviet Encyclopedia: 30 vol.]. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1969.

4. Vartofskiy M. *Modeli. Rerezentatsiya i nauchnoe ponimanie* [Models. Representation and Scientific Understanding]. Moscow, Progress Publ., 1988. 507 p.
5. Gusinskiy E.N., Turchaninova Yu.I. *Vvedenie v filosofiyu obrazovaniya* [Introduction to the Philosophy of Education]. Moscow, Logos Publ., 2000. 224 p.
6. Dakhin A.N. *Pedagogicheskoe modelirovanie* [Pedagogical Modeling]. Novosibirsk, NIPKiPRO Publ., 2005. 230 p.
7. Dobrynina N.F. [Mathematical Models of Knowledge Dissemination and Management of Students Learning]. *Modern Problems of Science and Education*, 2009, no. 7, pp. 7–9. (in Russ.)
8. Zade L. [Fundamentals of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision-Making Processes]. *Mathematics Today*, 1974, pp. 5–49. (in Russ.)
9. Zair-Bek E.S. *Teoreticheskie osnovy obucheniya pedagogicheskomu proektirovaniyu*. Diss. dokt. ped. nauk [Theoretical Foundations of Teaching Pedagogical Design. Diss. Doct. (Pedagogy)]. St. Petersburg, 1995. 410 p.
10. Kapitsa S.P., Kurdyumov S.P., Malinetskiy G.G. *Sinergetika i prognozy budushchego* [Synergetics and Future Forecasts]. Moscow, Nauka Publ., 1997. 286 p.
11. Kiseleva O.M. *Primenenie matematicheskikh modeley v pedagogike. Model' tseli obucheniya* [The Use of Mathematical Models in Pedagogy. Learning Objective Model]. Available at: <http://pedagogika.snauka.ru/2014/04/2234> (accessed 11.09.2018).
12. Kiseleva O.M., Sen'kina G.E. [Application of Methods of Mathematical Modeling in Pedagogy]. *Bulletin of the Pomeranian University*, 2007, no. 3, pp. 32–36. (in Russ.)
13. Lodatko E.A. *Modelirovanie pedagogicheskikh sistem i protsessov* [Modeling of Pedagogical Systems and Processes]. Slavyansk, SGPU Publ., 2010. 148 p.
14. Mayer R.V. *Issledovanie protsessa formirovaniya empiricheskikh znaniy po fizike* [Study of the Formation of Empirical Knowledge of Physics]. Glazov, GGPI Publ., 1998. 132 p.
15. Omel'yanovskiy M.E. *Materialisticheskaya dialektika i metody estestvennykh nauk: sbornik statey* [Materialistic Dialectics and Methods of Natural Sciences: Collection of Articles]. Moscow, Nauka Publ., 1968. 608 p.
16. Mizintsev V.P. *Primenenie modeley i metodov modelirovaniya v didaktike* [The Use of Models and Methods of Modeling in Didactics]. Moscow, Znanie Publ., 1977. 148 p.
17. Moiseev N.N. *Chelovek i noosfera* [Man and the Noosphere]. Moscow, Molodaya gvardiya Publ., 1990. 351 p.
18. Noss I.N. [Modeling, as a Principle and as a Method of Psychological Research]. *Psychology of Learning*, 2017, no. 7, pp. 121–131. (in Russ.)
19. Platonova R.I. [Modeling in Scientific and Pedagogical Research]. *Azimuth of Scientific Research: Pedagogy and Psychology*, 2017, vol. 6, no. 3 (20), pp. 190–194. (in Russ.)
20. Ryzhkova M.N. [Mathematical Model of the Learning Management Process]. *Bulletin of Cherepovets State University*, 2015, no. 6 (67), pp. 41–47. (in Russ.)
21. Samarskiy A.A., Mikhaylov A.P. *Matematicheskoe modelirovanie* [Mathematical Modeling]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2001. 320 p.
22. Svinarenko V.G. *Pedagogicheskoe modelirovanie kak metod nauchnogo issledovaniya i metod produtsirovaniya* [Pedagogical Modeling as a Method of Scientific Research and a Method of Production]. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2017/10/84392> (accessed 11.09.2018).
23. Serikov G.N. *Obrazovanie: aspekty sistemnogo otrazheniya* [Education: Aspects of System Reflection]. Kurgan, Zaural'e Publ., 1997. 464 p.
24. Serikov G.N., Serikov S.G. *Zdorov'esberezhnie v gumannom obrazovanii* [Health Care in Humane Education]. Ekaterinburg; Chelyabinsk: CHGPU Publ., 1999. 242 p.
25. Skinner B.F. *Nauka i chelovecheskoe povedenie* [Science and Human Behavior]. Novosibirsk, 2017. 517 p.
26. Solodova E.A. [Non-Markov Learning Models]. *Sinergetika. Trudy seminara. T. 7. Materialy kruglogo stola "Problemy otkrytosti slozhnykh evolyutsioniruyushchikh sistem"* [Synergetics. Workshop. Vol. 7. Materials of the Conference "Problems of Openness of Complex Evolving Systems"]. Moscow, MIFI Publ., 2004, pp. 123–135. (in Russ.)

Методологические основания педагогики

27. Solodova E.A. [Perspective Synergetic Models in Pedagogy]. *Sinergetika. Trudy seminara. T. 5. Materialy kruglogo stola "Slozhnye sistemy: idei, problemy, perspektivy"* [Synergetic. Workshop. Vol. 5. Materials of the Conference "Complex Systems: Ideas, Problems, Prospects"]. Moscow, Izhevsk, Institut komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2003, pp. 21–38. (in Russ.)
28. Solodova E.A., Antonov Yu.P. [Mathematical Modeling of Pedagogical Systems]. *Matematika. Komp'yuter. Obrazovanie* [Mathematics. Computer. Education]. 2005, vol. 1, pp. 113–121. (in Russ.)
29. Fedotova O.S. [Cognitive Modeling as a Method of Knowledge and Study of the Object in Scientific Research]. *Philological Sciences. Questions of Theory and Practice*, 2015, no. 4, part 2, pp. 199–202. (in Russ.)
30. Fridman L.M. *Naglyadnost' i modelirovanie v obuchenii* [Visualization and Modeling in Training]. Moscow, Znanie Publ., 1984. 80 p.
31. Chuyko L.V. [The Need to Use Mathematical Methods in Pedagogical Research]. *II slavyanskije pedagogicheskie chteniya: tezisy dokladov Mezhdunarodnoy konferentsii (16–18 oktyabrya 2003 g.)* [II Slavic Pedagogical Readings: Abstracts of Reports of the International Conference (October 16–18, 2003)]. Tiraspol', RIO PGU Publ., 2003, pp. 172–174. (in Russ.)
32. Shennon R. *Imitatsionnoe modelirovanie sistem: iskusstvo i nauka* [Imitation Modeling of Systems: Art and Science]. Moscow, Mir Publ., 1978. 420 p.
33. Shtoff V.A. *Modelirovanie i filosofiya* [Modeling and Philosophy]. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1966. 19 p.

Received 26 December 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Котлярова, И.О. Метод моделирования в педагогических исследованиях: история развития и современное состояние / И.О. Котлярова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». – 2019. – Т. 11, № 1. – С. 6–20. DOI: 10.14529/ped190101

FOR CITATION

Kotlyarova I.O. Method of Modeling in Pedagogical Researches: History of Development and Modern Condition. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education. Educational Sciences*. 2019, vol. 11, no. 1, pp. 6–20. (in Russ.) DOI: 10.14529/ped190101
