

УДК 373.5.016:004

DOI 10.37386/2413-4481-2024-1-11-19

**Ольга Анатольевна Чикова***Уральский государственный педагогический университет, Екатеринбург, Россия; Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия, chik63@mail.ru***Максим Александрович Витюнин***Уральский государственный педагогический университет, Екатеринбург, Россия, wma32189@bk.ru***Игорь Витальевич Сартаков***Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия, nsk@bk.ru*

## ОБУЧЕНИЕ ШКОЛЬНИКОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ: ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД

*Аннотация.* Представлена структурная модель компетенции моделирования в информационно-технологическом образовании, включающая три основных элемента: предметно-ориентированные знания; метазнания о моделях и моделировании и практика моделирования. Структурная модель компетенции моделирования развивает теорию и методику обучения школьников моделированию. Проведен опрос экспертов, который показал высокую воспринимаемую полезность, простоту использования и поведенческое намерение использования предложенной модели компетенции моделирования для классов информационно-технологического профиля.

*Ключевые слова:* обучение школьников компьютерному моделированию; практико-ориентированный подход; компетенция моделирования; структурная модель; информационно-технологический профиль.

**Olga A. Chikova***Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia; Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia, chik63@mail.ru***Maxim A. Vityunin***Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia, wma32189@bk.ru***Igor V. Sartakov***Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia, nsk@bk.ru*

## TEACHING COMPUTER MODELING TO INFORMATION TECHNOLOGY STUDENTS: A PRACTICE-ORIENTED APPROACH

*Abstract.* A structural model of modeling competence in information technology education is presented, which includes three main elements: subject-specific knowledge; meta-knowledge about models and simulation and modeling practice. The structural model of modeling competence develops the theory and methodology of teaching modeling to schoolchildren. A survey of experts was conducted, which showed high perceived usefulness, ease of use, and behavioral intention to use the proposed modeling competency model for information technology classes.

*Keywords:* computer modeling training; practice-oriented approach; modeling competence; structural model; information technology profile.

Профильное обучение школьников компьютерному моделированию отражает запросы современной экономики и производства на подготовку выпускников, способных жить и трудиться в современной высокотехнологичной среде, успешно овладеть профессиональными умениями и технологическими способами деятельности, навыками проектирования, исследования и управления. Обучение школьников информационно-технологического профиля компьютерному моделированию интегрирует знания по разным предметам учебного плана и становится одним из базовых для формирования у обучающихся функциональ-

ной грамотности, технико-технологического, проектного, креативного и критического мышления на основе практико-ориентированного обучения и системно-деятельностного подхода в реализации содержания обучения математике и информатике. Основной целью освоения образовательной области «Математика и информатика» является достижение учащимися совокупности основных личностных, метапредметных и предметных результатов, что выражается в уровне их функциональной грамотности, необходимой для перехода к новым приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации [1].

В классах информационно-технологического профиля основной методический принцип преподавания неразрывно связан с освоением процесса моделирования, построения и анализа разнообразных моделей. Примерная основная образовательная программа основного общего образования по образовательной области «Технология» включает инвариантные модули «Производство и технологии», «Компьютерная графика. Черчение», «Робототехника» «3D-моделирование, прототипирование, макетирование», направленные на реализацию данного методического принципа [1]. Согласно ФГОС ООО, предметные образовательные результаты по образовательной области «Технология» должны отражать овладение методами моделирования, конструирования, средствами и формами графического отображения объектов или процессов, развитие умений применять технологии представления, преобразования и использования информации [1].

Обучение школьников моделированию ведется с помощью цифровых технологий и основано на первичном освоении систем автоматизированного проектирования (САПР). Системы автоматизированного проектирования предназначены для автоматизации рутинных процессов на этапе проектирования изделия, подготовки сопутствующей технической документации с соблюдением единого стандарта конструкторской документации (ЕСКД), а также автоматизации управления производством. В современной практике школьного отечественного образования наиболее популярны «Компас-3D» [2]. В отечественной научно-методической литературе описан опыт обучения школьников моделированию в рамках модуля «Техника и техническое творчество» [3]; рассмотрена последовательность разработки и оформления электронного учебника для самостоятельной аудиторной и внеаудиторной работы школьников в инженерных классах при освоении САПР «Компас-3D» [4]; представлена общая характеристика процесса учебного моделирования в школе и раскрываются этапы учебного моделирования технических объектов на уроках технологии [5]; обсуждается управление процессом формирования метапредметных компетенций школьников в ходе проектной деятельности на уроках технологии, при освоении модуля «3D-моделирование» [6]; представлены возможности использования технологии 3D-моделирования для формирования таких составляющих технологической грамотности у младших подростков, как применение

знаний в различных предметных областях; изучение различных технологий виртуального моделирования; формирование знаний, умений, навыков в различных сферах профессиональной деятельности (архитектура, приборостроение, медицина, инженерное и техническое направление) [7].

Методы обучения школьников моделированию на уроках технологии исследуются за рубежом [8]. Отмечается, что одной из основных коммуникативных возможностей инженерного сообщества является использование графических представлений объектов и процессов в форме эскизов, рисунков, диаграмм и схем, поэтому умение создавать, использовать/применять, оценивать и пересматривать модели является необходимым навыком для приобретения глубокого понимания как процессов технологического развития, так и научной практики и является ключевым компонентом для обучения школьников технологии, математике и естественным наукам [9]. Указывается, что моделирование в форме визуальных представлений является одним из способов операционализации, потому что оно является аутентичным и играет решающую роль в методической поддержке обучения в области естественных наук, технологий, инженерии и математики STEM-обучения [10]. Сочетание моделирования и проектирования способствует реализации концепции STEM-обучения, поскольку она объединяет элементы научные, технологические, инженерные и математические. Кроме того, обучение моделированию обеспечивает переход между практической ситуацией и необходимыми математическими аналитическими инструментами для моделирования различных версий реальности. Это особенно актуально в случае решения задач, когда предполагается понимание реальности (наука) и манипулирование реальностью (технология и инженерия). Рекомендуется включать изучение моделей и моделирования в учебные программы STEM на различных этапах обучения для обеспечения развития учащихся. Например, учащимся начальной школы можно дать ранний опыт моделирования с помощью конкретных моделей, что повлечет за собой предоставление учащимся средней школы формальных аспектов моделирования, которые включают характер, типы и функции моделей и моделирования [11]. Подчеркивается, что для достижения технологической грамотности школьникам необходимо более подробно и детально изучать сущность моделирования: какова гносеологическая природа

«моделирования», каковы функции «моделей», каким образом они применяются и т. д. Речь идет о тех вопросах, которыми занимается философия техники. Например, Boon & Knuuttila определяют назначение моделирования в инженерных науках следующим образом: моделирование нужно «...для понимания, прогнозирования или оптимизации поведения устройств или свойств различных материалов, действительных или возможных» [12, с. 693]; они также подчеркивают заметное различие между моделями, разработанными в «технических науках», и моделями, созданными в «инженерном деле на практике». Другим ценным аспектом работы Boon & Knuuttila [12] является указание на познавательный аспект моделей и моделирования: модели – это не только «представляющие», но и «познавательные» инструменты (частично независимые от теории и опытных данных), которые помогают инженерам повышать уровень своего образования, создавая их и манипулируя ими, а иногда и в реализации неожиданной инновационной концепции или области исследований.

В настоящее время наблюдается дефицит научно-методических исследований по теории и методике обучения школьников моделированию в части образовательных результатов, критериев их оценивания. В рамках компетентностно-ориентированного подхода актуальна разработка структурной модели компетенции моделирования. Цель статьи – на основе компаративистского анализа отечественной и зарубежной научно-методической литературы разработать и оценить структурную модель компетенции моделирования.

Разработка концепции компетенции моделирования и инструментов оценки ее достижения прежде всего опиралась на результаты работ, где компетенция моделирования рассматривается как научная компетенция. Ch. Nicolaou, C. Constantinou провели анализ литературы по

оценке моделирования как научной компетенции, который был основан на оценке различных аспектов научного моделирования (практики моделирования, продукта моделирования, метазнаний, когнитивных процессов во время моделирования), и показывал, что не все аспекты компетентности моделирования оцениваются с помощью определенных инструментов. Поэтому был сделан вывод о необходимости разработки концепции компетенции моделирования и инструментов оценки ее достижения [13]. Структурная модель научной компетенции математического моделирования Мааß К. [14] выглядит следующим образом:

А. Подкомпетенции для выполнения отдельных шагов процесса моделирования:

- компетенции для понимания реальной проблемы и создания модели, основанной на реальности;
- умение создавать математическую модель для реальной модели;
- компетенции для решения математических задач в рамках этой математической модели;
- способности интерпретировать математические результаты в реальной ситуации;
- компетенции для проверки решения.

Б. Навыки метакогнитивного моделирования.

В. Способности структурировать проблемы реального мира и работать в направлении их решения.

Г. Способности аргументировать процесс моделирования и описать эту аргументацию.

Д. Способности видеть возможности, которые предлагает математика для решения реальных проблем, и рассматривать эти возможности как положительные.

S. S. Nielsen, J. A. Nielsen разработали структурную модель компетентности в области моделирования как состоящую из трех основных элементов: предметно-ориентированных знаний; метазнаний о моделях, моделировании и практик моделирования (рис. 1) [15].

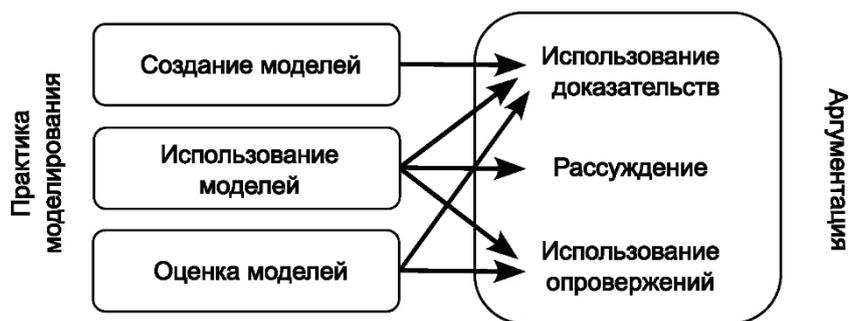


Рис. 1. Схема развития аргументации в различных практиках моделирования [16]

М. Evagorou, Ch. Nicolaou, Ch. Lymbouridou для оценки достижения учащимися компетенции моделирования предложили использовать схему развития аргументации в практике моделирования. На рисунке 1 представлены практики моделирования (создание моделей, использование моделей и оценка моделей) и элементы аргументации, которые более очевидны в каждой из практик. Основной вывод состоит в том, что каждая практика моделирования может поддерживать разные этапы аргументации и учителя должны вовлечь обучаемых в практику оценки моделирования. Достижение компетенции моделирования происходит, когда учащиеся используют модели для доказательств, рассуждений и опровержений фактов и моделирование помогает им лучше понять явление [16].

Разработка структурной модели компетенции моделирования и инструментов оценки ее достижения опиралась на результаты исследований дидактических возможностей применения компетентностно-ориентированного подхода в технологическом образовании. М. G. Nia, М. J. de Vries отмечают, что знания, умения и навыки моделирования – наиболее проблематичная часть концепции стандарта технологической грамотности «Standards for Technological Literacy» (STL) [17]. Научно-методическое исследование шведских учителей технологии выявило семь разных подходов к обучению школьников умению моделирования на уроках технологии: 1) выявление различных решений; 2) поиск способов и ограничений в решениях; 3) представление идеи, структуры и функции объектов и систем; 4) связь решений с чертежами; 5) визуализация решения задач; 6) метод проб и ошибок, обучение на ошибках; 7) обучение на чужом опыте [8]. М. J. de Vries отмечает, что в технологическом образовании часто используются модели, связанные с рисованием или визуально-пространственными манипуляциями, визуальным представлением объекта или процесса проектирования. Например, если учащиеся средней школы проектируют дом на уроке технологии, они могут начать с создания 3D-модели в программе САПР (автоматизированное проектирование), продолжить использовать математические модели для расчета размеров несущих конструкций и, наконец, построить физический прототип. В технологическом образовании изучается сущность моделей и процесса моделирования. Модели в технологическом образовании пред-

ставляют собой абстрактную версию объектов окружающего мира и могут включать конкретные, концептуальные и формальные/символические модели. В технологическом образовании таким образом изучаются роли и функции использования модели по отношению к конкретным процессам и навыкам моделирования. Модели поддерживают разработку теорий и продуктов посредством манипулирования (например, конкретные модели) и мысленного эксперимента (например, концептуальные модели). В технологическом образовании модели теорий и продуктов выступают в качестве средств обучения моделированию [11]. Исследование S. S. Nielsen, J. A. Nielsen показало, что: 1) учителя отдают приоритет предметным знаниям, заложенным в модели, а не процессу моделирования и метазнаниям; 2) учителя уделяют первоочередное внимание вовлечению учащихся в деятельность моделирования в описательных, а не в прогнозирующих целях; 3) процесс разработки, оценки и пересмотра моделей на основе собственных запросов учащихся играет лишь незначительную роль в практике учителей; 4) насыщенная содержанием учебная программа и экзамен с несколькими вариантами ответов контрпродуктивны усилиям учителей по внедрению компетентностно-ориентированного подхода к обучению моделированию [18].

Авторская модель компетенции моделирования.

На основе компаративистского анализа зарубежной научно-методической литературы авторами разработана структурная модель компетенции моделирования (рис. 2). Разработка структурной модели компетенции моделирования и инструментов оценки ее достижения опиралась на результаты работ, где компетенция моделирования рассматривается как научная компетенция [13–16], и научно-методические исследования методов формирования у школьников умений и навыков моделирования [8, 17, 18].

Отзывы педагогов на предложенную модель.

Разработанная структурная модель компетенции моделирования предлагается к проверке экспертами – 25 педагогами образовательных организаций Свердловской и Новосибирской областей. Эксперты оценивали модель анонимно. Единым квалификационным требованием для экспертов является наличие опыта применения ИКТ в профессиональной деятельности, желательно при работе в классах информационно-технологического профиля. С целью обеспечения анонимности экспертных оценок опрос экспертов

проводится с использованием инструмента анонимного опроса Google Forms. О каждом эксперте были сообщены следующие данные (в ранжированном виде): пол (1-м, 2-ж), возраст (23–63 года), педагогический стаж (1 год – 47 лет), педагогиче-

ский стаж в применении ИКТ (1 год – 34 года). Поскольку оцениваемая модель носит прикладной характер, применяли подход Ikoma et al. [19] и основные принципы валидации, описанные в стандарте IEEE 1012–2012 [20].

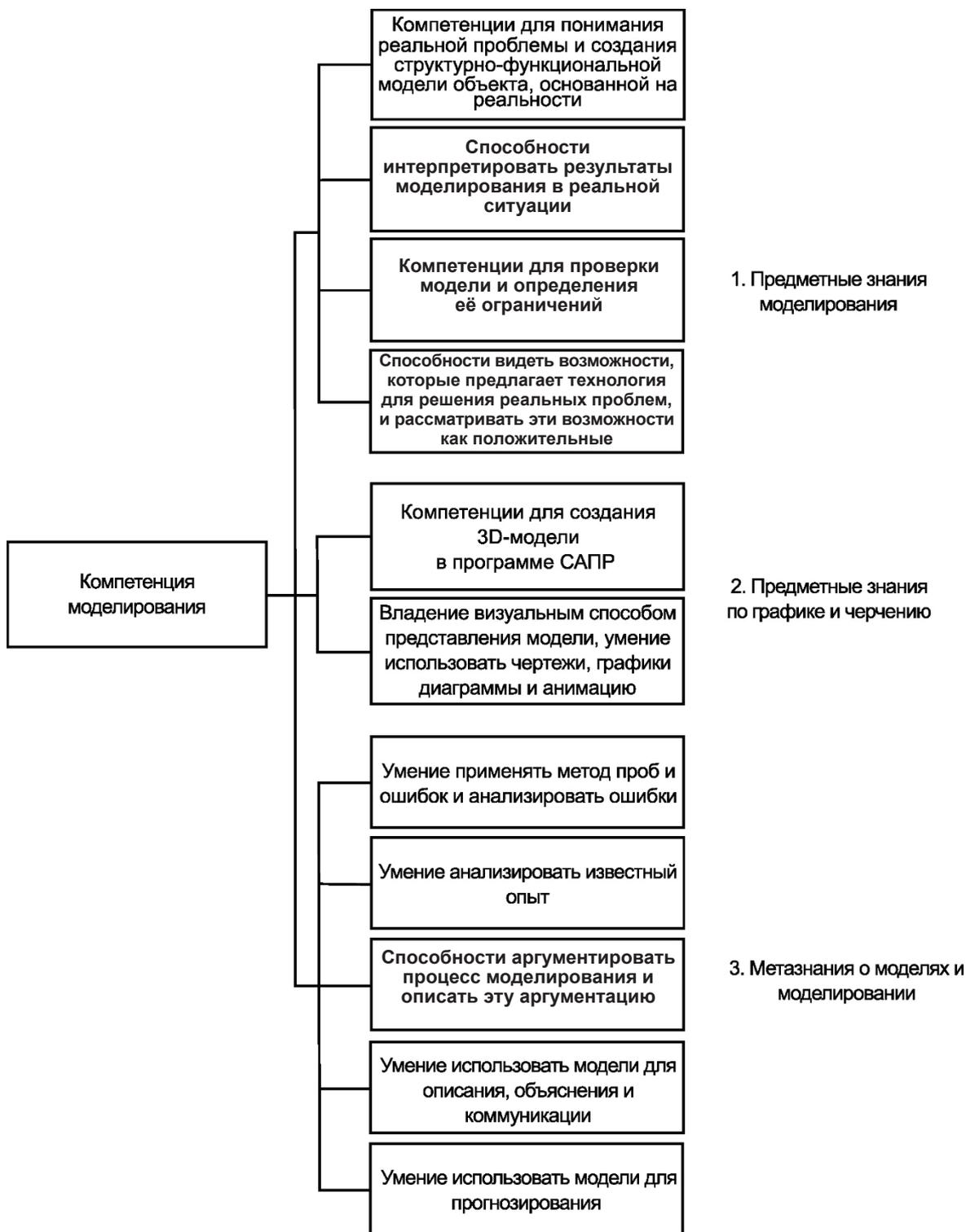


Рис. 2. Структурная модель компетенции моделирования

В основе подхода Ikoma et al. лежат три основных критерия оценки: соответствие требованиям к продукту (модели), удобство использования продукта (модели) и поведенческое намерение использования продукта (модели). Критерии и шкала оценки основаны на методологии Likert, представленной McLeod [21]. Согласно методологии Likert, вопрос анкеты был представлен в виде утверждения и нескольких вариантов ответа, которые показывают, насколько респондент согласен с утверждением. При оценке пригодности модели были предложены следующие пять вариантов ответа: «согласен», «скорее согласен, чем не согласен», «затрудняюсь ответить: согласен или не согласен», «скорее не согласен, чем согласен» и «не согласен». Соответствующие оценке числовые значения так-

же были выбраны как 5, 4, 3, 2, 1. Оценка проводилась согласно «Модели принятия педагогической технологии цифрового рассказа» (Technology Acceptance Model) по методологии, разработанной Iu. Lazar, G. Panisoara, Ion- O. Panisoara [22]. Оценка пригодности структурной модели компетенции моделирования (рис. 2) проводилась по анкете (табл. 1). Структура анкеты «Модели принятия технологии» включала три параметра: 1) воспринимаемая полезность (ВП) (пять первых вопросов анкеты), 2) воспринимаемая простота использования (ВПИ) (следующие четыре вопроса анкеты), 3) поведенческое намерение использования (ПНИ) (последние три вопроса анкеты).

Результаты оценки структурной модели компетенции моделирования представлены в таблице 2.

Таблица 1

#### Анкета оценки структурной модели компетенции моделирования

№ вопроса	Вопрос
Воспринимаемая полезность	
1.1	Аргумент в пользу использования структурной модели компетенции моделирования – заинтересовать педагогов в применении практико-ориентированного подхода к обучению школьников
1.2	Аргумент в пользу использования структурной модели компетенции моделирования – стимул учителей к самообразованию
1.3	Аргумент в пользу использования структурной модели компетенции моделирования – помощь в решении актуальной педагогической задачи: практико-ориентированное обучение школьников моделированию
1.4	Аргументом в пользу использования структурной модели компетенции моделирования является повышение эффективности педагогического процесса обучения школьников моделированию
1.5	Аргумент в пользу использования структурной модели компетенции моделирования – повышение настойчивости школьников в достижении компетенции моделирования
Воспринимаемая простота использования	
2.1	Применение структурной модели компетенции моделирования не вызовет затруднений у учителя
2.2	Порядок применения структурной модели компетенции моделирования понятен учителю
2.3	Применение структурной модели компетенции моделирования обеспечивает гибкость в решении образовательных задач педагогом
2.4	Получение навыков применения структурной модели компетенции моделирования не требует больших усилий педагога
Поведенческое намерение использования	
3.1	Если у меня есть возможность использовать структурную модель компетенции моделирования, я воспользуюсь ей непременно
3.2	Я буду использовать структурную модель компетенции моделирования по мере необходимости
3.3	Я буду использовать структурную модель компетенции моделирования только после того, как овладею им

Таблица 2

Результаты оценки структурной модели компетенции моделирования

Эксперт	Вопросы											
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3
1	3	3	3	3	3	4	4	4	4	2	2	2
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
3	5	4	5	4	5	3	4	5	5	5	4	5
4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5
5	5	4	3	4	5	4	3	4	2	5	4	5
6	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5
7	4	4	4	4	5	3	4	4	3	4	5	5
8	5	5	4	4	5	4	4	4	3	4	4	4
9	5	3	4	5	5	2	2	5	2	5	5	3
10	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5
11	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4
12	5	5	5	5	5	4	5	3	4	5	5	5
13	4	4	4	5	5	3	4	5	3	3	5	5
14	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
16	5	4	3	4	3	4	4	4	4	5	5	5
17	5	4	5	4	4	3	3	4	3	4	4	5
18	5	5	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4
19	5	4	4	3	4	3	4	3	4	3	3	4
20	5	5	4	4	5	5	4	5	4	5	4	3
21	4	5	5	5	5	3	4	4	4	4	4	4
22	4	2	4	4	2	3	2	2	2	5	5	5
23	4	4	4	5	4	3	4	4	4	4	4	5
24	4	4	4	4	4	4	4	3	3	1	4	3
25	5	5	5	4	4	3	4	5	4	4	4	4
Среднее значение	4,6	4,16	4,28	4,28	4,4	3,76	4,04	4,16	3,72	4,08	4,24	4,28
Среднее квадратичное отклонение	0,58	0,8	0,68	0,68	0,82	0,83	0,84	0,85	0,89	0,99	0,78	0,89
Альфа-Кронбаха		0,84										

По результатам оценки структурной модели компетенции моделирования, включающей три раздела: 1) воспринимаемая полезность, 2) воспринимаемая простота использования, 3) поведенческое намерение использования (табл. 2), мы видим, что мнения экспертов не всегда совпадают. Рассчитывалось среднее значение оценки и среднее квадратичное отклонение (стандартное отклонение) оценки. Среднее квадратичное отклонение является наиболее часто используемым показателем оценки результатов по шкале Likert,

поскольку этот показатель лучше всего отражает согласованность оценки экспертов. Среднее квадратичное отклонение ~ 0,9 зафиксировано для ответов на вопросы о воспринимаемой простоте использования (раздел 2) и вопросы о поведенческом намерении использования структурной модели компетенции моделирования. Отсюда следует: рекомендовать разработать методические указания для педагогов по применению структурной модели компетенции моделирования в процедурах оценивания личных дости-

жений учащихся. С целью определения уровня надежности анкеты для оценки структурной модели компетенции моделирования (табл. 1) был рассчитан коэффициент альфа-Кронбаха [23]. Известно, что опросник как измерительный инструмент считается надежным на хорошем уровне, если альфа-Кронбаха превышает 0,8, на достаточном уровне – если альфа-Кронбаха превышает 0,7. Расчетное значение альфа-Кронбаха для результата оценки модели компетенции моделирования (табл. 2) превышает 0,8, что показывает, что использованный опросник (табл. 1) как измерительный инструмент является надежным на хорошем уровне.

Проведен компаративистский анализ отечественной и зарубежной научно-методической литературы по теме «Компетентностно-ориентированный подход к обучению школьников компьютерному моделированию» в контексте определения универсального содержания дефиниции компетенции моделирования и подходов

к оценке. Разработана структурная модель компетенции моделирования, включающая три основных элемента: предметно-ориентированные знания; метазнания о моделях и моделировании и практика моделирования. Проведена оценка педагогами-экспертами структурной модели компетенции моделирования на основе подхода «Модель принятия педагогической технологии», оценка включала три аспекта: 1) воспринимаемая полезность, 2) воспринимаемая простота использования, 3) поведенческое намерение использования с помощью специального опросника. Расчетное значение альфа-Кронбаха для результата оценки превышает 0,8, это показывает, что использованный опросник является надежным на хорошем уровне. Рекомендовано разработать методические указания для педагогов по применению структурной модели компетенции моделирования в процедурах оценивания личных достижений учащихся классов информационно-технологического профиля.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Примерная основная образовательная программа основного общего образования. Одобрена решением Федерального учебно-методического объединения по общему образованию, протокол 6/22 от 15.09.2022 г. М.: Институт стратегии развития образования РАО, 2022. 1418 с.
2. Чевычелов С. А., Коржавина Е. Г. Основы моделирования в КОМПАС-3D для школьников: учеб. пособие / под общ. ред. С. А. Чевычелова. Курск: Университетская книга, 2021. 60 с.
3. Сафонова О. И. Начальное техническое конструирование и моделирование на уроках технологии в V классе // Школа и производство. 2022. № 1. С. 21–23.
4. Головкина В. Б., Рязанова В. Р. О разработке электронного учебника для освоения школьниками САПР «КОМПАС-3D» В «Инженерном классе» // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2018. Т. 2. С. 121–124.
5. Файзрахманова А. Л., Файзрахманов И. М. Особенности учебного моделирования на уроках технологии // NovaUm.Ru. 2019. № 17. С. 365–367.
6. Сенцов М. Н. Управление формированием метапредметных компетенций учащихся посредством проектной деятельности в ходе изучения 3D-моделирования на уроках технологии // Молодой ученый. 2021. № 22 (364). С. 481–483.
7. Зайцева Е. Ю., Иванова О. А. Формирование технологической грамотности у обучающихся средствами моделирования // Мир науки, культуры, образования. 2020. № 3 (82). С. 207–210.
8. Citrohn B., Stolpe K., Svensson M., Bernard J. Affordances of models and modelling: a study of four technology design projects in the Swedish secondary school // Design and Technology Education. 2022. 27 (3). P. 58–75.
9. Schwarz C. V. Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners // Journal of Research in Science Teaching. 2009. 46 (6). P. 632–654.
10. Hallström J., Schönborn K. J. Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument // International Journal of STEM Education. 2019. Vol. 6. Article number: 22.
11. De Vries M. J. Modeling in technology and engineering education. In P. J. Williams & D. Gedera (Eds.), PATT 27, Technology Education for the Future: A Play on Sustainability, Christchurch, New Zealand, 2-6 December 2013. Waikato: University of Waikato.
12. Boon M., Knuuttila T. Models as epistemic tools in engineering sciences // Philosophy of technology and engineering sciences. 2009. P. 693–726. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-51667-1.50030-6> (mode of access: 15.12.2023).
13. Nicolaou Chr. Th., Constantinou C. P. Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research // Educational Research Review. 2014. Vol. 13. P. 52–73.
14. Maaß K. What are modelling competencies? // Zentralblatt für Didaktik der Mathematik. 2006. Vol. 38. P. 113–142.
15. Nielsen S. S., Nielsen J. A. A competence-oriented approach to models and modelling in lower secondary science education: practices and rationales among Danish teachers // Research in Science Education. 2021. 51 (2). P. 565–593.

16. Evagorou M., Nicolaou Ch., Lymbouridou Ch. Modelling and Argumentation with Elementary School Students // Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education. 2020. Vol. 20 (5). P. 58–73.
17. Nia M. G., de Vries M. J. 'Standards' on the bench: Do standards for technological literacy render an adequate image of technology? // Journal of Technology and Science Education (JOTSE). 2016. Vol. 6 (1). P. 5–18.
18. Nielsen S. S., Nielsen J. A. Models and Modelling: Science Teachers' Perceived Practice and Rationales in Lower Secondary School in the Context of a Revised Competence-Oriented Curriculum // EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 2021. Vol. 17 (4). em1954.
19. Using a validation model to measure the agility of software development in a large software development organization / M. Ikoma, M. Ooshima, T. Tanida, M. Oba, S. Sakai // In Proceedings of the 31st International Conference on Software Engineering-Companion Volume, Vancouver, BC, Canada, 2009. P. 91–100.
20. IEEE Standard for System and Software Verification and Validation. IEEE Std 1012-2012 (Revision of IEEE Std 1012-2004). 2012. 25 May. P. 1–223.
21. McLeod S.A. Likert Scale Definition, Examples and Analysis. Simply Psychology. URL: <https://www.simplypsychology.org/likert-scale.html> (mode of access: 15.12.2023).
22. Lazar Iu., Panisoara G., Panisoara Ion-O. Adoption of digital storytelling tool in natural sciences and technology education by pre-service teachers using the technology acceptance model // Journal of Baltic Science Education. 2020. Vol. 19, No. 3. P. 429–453.
23. Hoekstra R., Vugteveen J., Warrens M. J., Kruyen P. M. An empirical analysis of alleged misunderstandings of coefficient alpha // International Journal of Social Research Methodology. 2018. Vol. 22 (4). P. 1–14.

*Статья поступила в редакцию 19.01.2024; одобрена после рецензирования 01.02.2024; принята к публикации 09.02.2024.*

*The article was submitted 19.01.2024; approved after reviewing 01.02.2024; accepted for publication 09.02.2024.*