

УДК 378

**ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНОИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ИНЖЕНЕРОВ  
НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ****Усманова Аделя Рамилевна<sup>1</sup>,**кандидат географических наук, доцент,  
adelmalikova@mail.ru**Маликов Рамиль Фарукович<sup>2</sup>,**доктор физико-математических наук, профессор,  
rfmalikov@mail.ru**Исхаков Алмаз Раилевич<sup>2</sup>,**кандидат физико-математических наук, доцент,  
intellab@mail.ru

<sup>1</sup> Башкирский государственный университет,  
450076, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.

<sup>2</sup> Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акумлы,  
450008, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Октябрьской  
революции, 3А.

В данной статье изложена парадигма по разработке цифровых двойников разных уровней сложности. Этапы имитационного моделирования согласованы с логикой выполнения выпускной квалификационной работы. Приведены примеры разработок цифровых двойников систем массового обслуживания в средах Anylogic и GPSS Studio.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, цифровые двойники, цифровые технологии, научно-исследовательские компетенции, профессиональные компетенции.

С изменением парадигмы подготовки специалистов и многоуровневости образовательного процесса (бакалавриат, магистратура, аспирантура) изменились и подходы к подготовке выпускников высшего образования. В основу образовательных стандартов нового поколения положен компетентностный подход. У выпускников разных уровней образования и направлений подготовки должны быть сформированы те или иные (универсальные, общепрофессиональные, профессиональные, специальные и другие) компетенции [1], направленные на выполнение различных видов профессиональной деятельности.

Компетентностный подход в образовании широко представлен в работах В.А. Адольфа, А.Л. Андреева, В.И. Байденко, Д.А. Иванова, Э.Ф. Зеера, И.А. Зимней, А.К. Марковой, Л.М. Митиной, Н.В. Кузьминой, Л.А. Петровской, В.Д. Шадрикова, и др. Он предполагает увеличение роли методологической, проектной и научно-исследовательской составляющих в профессиональной деятельности выпускников бакалавриата и магистратуры, связанных с информационными и компьютерными технологиями [2–4].

Для формирования профессиональных компетенций в ФГОС ВО введены базовые дисциплины. Вариативная часть дисциплин, как известно, определяется вузом, реализующим данную образовательную программу. Насколько качественно будет разработана ООП, зависит от профессионализма разработчика и понимания им задач подготовки выпускника к будущей профессиональной деятельности. Академический бакалавриат предполагает формирование профессиональных компетенций, в числе которых важное место занимает научно-исследовательская деятельность. Мы полагаем, что этот процесс будет более качественным, при условии, если исследовательские компетенции сформированы на основе цифровых технологий, в частности моделирования.

Дисциплины, связанные с цифровыми технологиями математического моделирования, присутствуют практически во всех фундаментальных, естественных и инженерных образовательных программах, под тем или иным названием (компьютерное моделирование, математическое моделирование, моделирование систем и др.). Базовые знания по цифро-

вым технологиям моделирования по направлению 09.03.02 Информационные системы и технологии формировались на следующих дисциплинах:

- Инструментальные средства моделирования;
- Моделирование процессов и систем;
- Имитационное моделирование;
- Анализ больших данных;
- Цифровые технологии (ГИС) в дистанционном зондировании Земли и др. [5–8].

При изучении этих дисциплин отработывались умения и навыки по цифровым технологиям моделирования. Опыт подготовки бакалавров по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» с углубленным изучением основ моделирования систем показывает, что формирование компетенций по проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности особенно ярко проявляется при выполнении курсовых, проектных и выпускных квалификационных работ. Так, например, по учебному плану вышеуказанного направления предусмотрено не менее трех курсовых работ, которые определены в рамках следующих дисциплин:

- технологии программирования (4 семестр), в котором студенты разрабатывают различные приложения в системах программирования, и делают первые шаги по исследовательской деятельности с использованием цифровых технологий;
- моделирование процессов и систем (6 семестр) направлен на разработку имитационных и других видов моделей в виде цифровых двойников. Цифровой двойник — это компьютерная модель производственной системы, системы массового обслуживания, или любого конкретного физического объекта. Здесь формулируется проблема и определяются задачи исследования, выполняется анализ и обзор литературы, а также выбирается инструментальная среда моделирования. Разработка компьютерных моделей проводится на уровне *учебно-исследовательской* деятельности в рамках курсовой работы по моделированию на 3 курсе. Выполнение курсовых работ и проектов предусматривает первичное формирование научно-исследовательских умений бакалавра. Здесь происходит обучение не по готовым разработкам, а на основе самостоятельно спроектированных и созданных ими же цифро-

вых двойников по аналогии с известными моделями подобных объектов и систем;

- проектирование и архитектура информационных систем (7 семестр), предназначение которых заключается в разработке компьютерных и имитационных моделей проводится еще на более высоком уровне. Здесь разрабатываются проекты, согласно технологиям проектирования информационных систем с использованием цифровых технологий. Курсовая работа на этой ступени носит полноценный *научно-исследовательский* характер, где студент, как правило, демонстрирует компетентность в области разработки информационных систем, в частности, цифровых двойников производственных систем и систем массового обслуживания.

В выпускной квалификационной работе происходит синтез научно-исследовательских компетенций, сформированных в следующей последовательности: анализ предметной области, проектирование процесса и объекта моделирования, реализация компьютерной модели в выбранной среде моделирования и обработка результатов машинных экспериментов.

В основу формирования научно-исследовательской компетенции с помощью цифровых технологий имитационного моделирования положена предложенная в работах [9–12] парадигма уровней сложности разработки компьютерных моделей (цифровых двойников):

- уровень учебно-познавательного моделирования;
- уровень учебно-исследовательского моделирования;
- уровень научно-исследовательского моделирования;
- уровень профессионального моделирования;
- уровень промышленного моделирования.

При учебно-познавательном уровне моделирования происходит передача базовых знаний, где на алгоритме построения моделей «ученик» знакомится с основными методологиями и информационными системами и технологиями компьютерного моделирования (цифровые технологии), приобретает знания и навыки разработки моделей. На этом уровне создаваемые модели являются не сложными по объему и логике, простыми в разработке, мы определяем их как типовые. Построение такой модели укладываются в рамки учебного процесса в форме

лабораторных и практических занятий. Модели данного вида являются прототипами построения учебных моделей для других объектов и систем.

*Уровень учебно-исследовательского моделирования* отличается продолжительностью разработки, и может быть отнесено к УИРС [10]. Процесс разработки одной цифровой модели может осуществляться на нескольких занятиях или выполняется в рамках курсовых работ по моделированию на третьем и четвертом курсах. Во время выполнения курсовых работ студент проявляет самостоятельное научное творчество. Он приобретает навыки работы с научной литературой, критического анализа и отбора необходимой информации.

Требования к выполнению первой курсовой работы минимальны, как правило и написание её не представляет сложности для студента. На следующий год уровень требований заметно повышаются, и написание работы превращается в творческий процесс. При выполнении курсовых работ и проектов происходит первичное формирование научно-исследовательских навыков «ученика». Здесь происходит обучение не по готовым аналогам, ученик самостоятельно проектирует и разрабатывает модели подобных объектов и систем. Создание как учебных, так и учебно-исследовательских компьютерных моделей проводится как с помощью языков программирования, так и с помощью цифровых инструментальных средств моделирования Mathematica, Vissim, MATLAB+ Simulink, AnyLogic, GPSS Studio, Rand Model Designer, Deductor и др.

*Научно-исследовательское моделирование*, чаще всего выполняется в рамках договорных, а также квалификационных и диссертационных работ на кафедрах учебных заведений. Исследования такого рода относятся к НИРС и обогащают учебный процесс. Модели, изучаемые и разрабатываемые будущими инженерами на этом уровне моделирования, бывают достаточно сложными и функциональными и, чаще всего, имеют научную значимость и практическую ориентированность.

Научно-исследовательское моделирование можно подразделить на несколько ступеней связанных с уровнем образования и типом учреждения:

- выпускная квалификационная работа на уровне бакалавриата, выполняется в соответствии с требованиями ФГОС;

- магистерская квалификационная работа, выполняется в рамках исследовательской темы в учебном заведении или академической темы в исследовательском учреждении;
- выполнение научно-исследовательской квалификационной работы на уровне аспирантуры проводится в учебных заведениях или в научно-исследовательских лабораториях академических институтов.

*Уровень профессионального моделирования* реализуется в основном на производстве. Создание цифровых двойников в виде компьютерной модели проводится командой разработчика, которая профессионально занимается подобными работами. В связи с этим подготовка специалиста в области имитационного моделирования предпочтительно в группе профессиональных разработчиков.

Высшим уровнем компьютерного моделирования является заказное промышленное моделирование, в котором разработанные модели, параллельно встроены в производственный процесс.

С целью оказания помощи в освоении основ компьютерного моделирования, нами были разработаны и изданы учебные пособия [13–16], в которых представлены более 100 аналитических и имитационных моделей. Они могут быть базовыми при создании цифровых двойников объектов и процессов. Часть этих работ находится в открытом доступе на сайте Национального общества имитационного моделирования – <http://simulation.su/ru.html> или в Интернете.

Одним из приоритетных задач подготовки инженеров в области информатики, информационных систем и технологий является развитие инженерно-технического мышления. В этом смысле обучение студентов технологиям разработки имитационных моделей как информационных систем проводится на основе группы ГОСТ 34 и 19 и направлено на формирование профессиональных компетенций инженера, в частности научно-исследовательских.

В нашем подходе по формированию научно-исследовательских компетенций на основе цифровых технологий были выбраны среды создания цифровых двойников Anylogic и GPSS Studio [15–20]. В этих целях были созданы практикумы по разработке цифровых двойников в области систем массового обслуживания и различных производственных систем [15–17]. В них приведены пошаговые

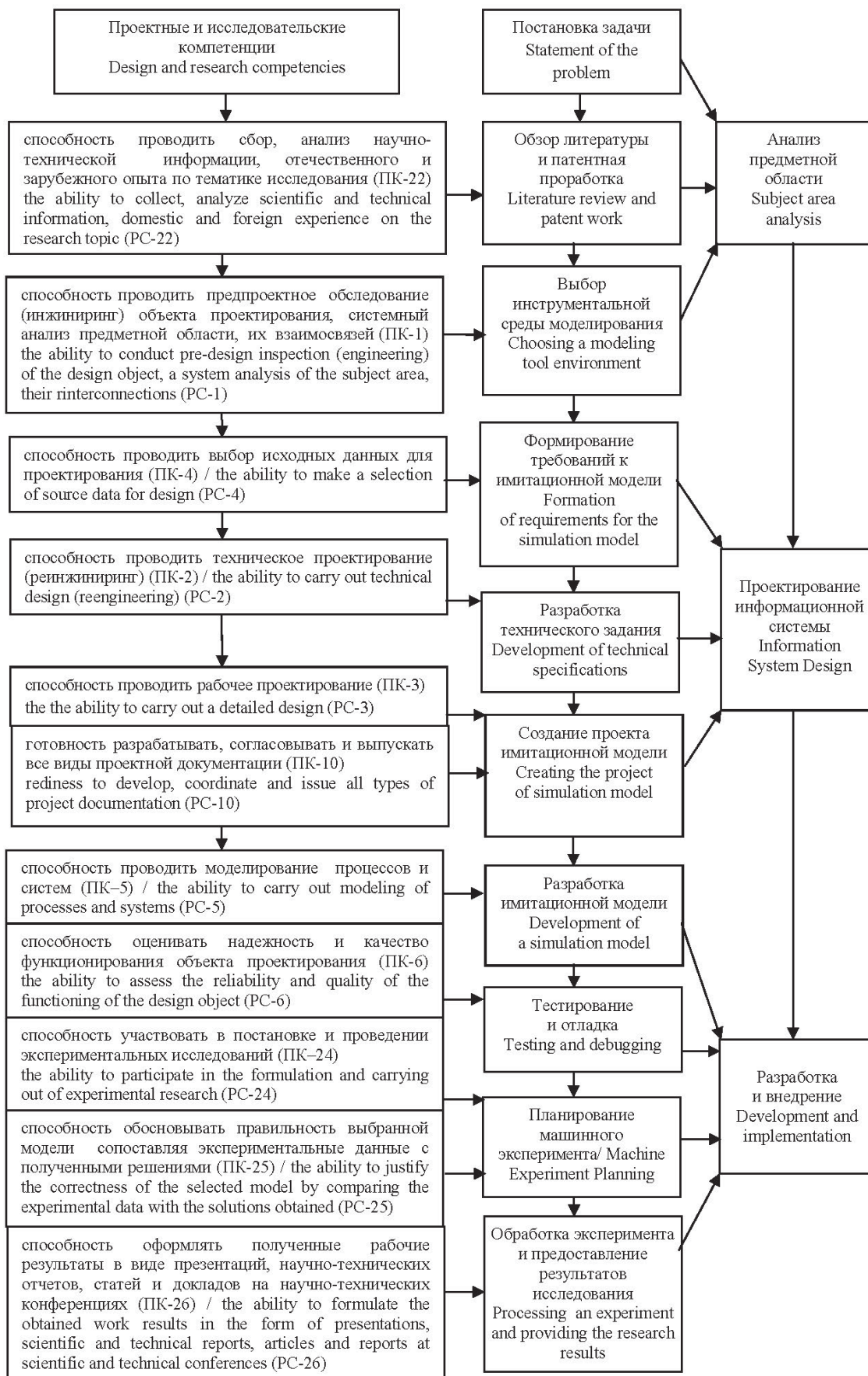


Рис. 1. Модель формирования научно-исследовательских компетенций и соответствующие им этапы научно-исследовательской деятельности

Fig. 1. The model of the formation of research competencies and the corresponding stages of research activity



разработки учебно-познавательных, учебно-исследовательских и научно-исследовательских имитационных моделей (цифровых двойников) сложных систем в средах Anylogic и GPSS Studio и представлены задачи для самостоятельной разработки имитационных установок для моделирования узлов компьютеров и элементов вычислительных сетей. Здесь же приведены этапы имитационного моделирования и их согласованность с логикой выполнения выпускной квалификационной работы (рис. 1).

Пример цифрового двойника дорожной сети перекрестка на Центральном рынке г.Уфы, разработанного с помощью среды имитационного моделирования AnyLogic приведен на рис. 2 [21]. На рис. 3 приведен пример интерфейса цифрового двойника работы устройства обработки и сжатия данных, созданного на основе среды моделирования GPSS Studio [22]. Данные модели позволяют исследовать дорожные проблемы, оптимизировать транспортные потоки на дорожных сетях и процессы в системах массового обслуживания. Другие примеры цифровых двойников можно посмотреть в работах [15–16], и в примерах сред моделирования Anylogic

и GPSS Studio. Разработанные имитационные модели построены в первом приближении, они могут быть уточнены и доработаны после анализа и обсуждения со специалистами в соответствующей отрасли производства. Современное инженерное образование также включает в себя и подготовку по обработке и анализу данных с применением современных вычислительных систем и интеллектуальных технологий.

Действующая образовательная программа подготовки бакалавров по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» предполагает поэтапное изучение ряда взаимосвязанных дисциплин по обработке и анализу данных, в том числе и интеллектуальных технологий, что дает возможность студентам начать серьезную проектную работу по созданию цифровых двойников уже со второго года обучения. Этому способствует внедрение в подготовку бакалавров первого курса дисциплины, как «Микроконтроллеры и микрокомпьютеры». Рабочая программа этой дисциплины предполагает изучение современных архитектур микроконтроллеров и микрокомпьютеров. В ходе ее изучения студенты осваивают простейшие системы управления и

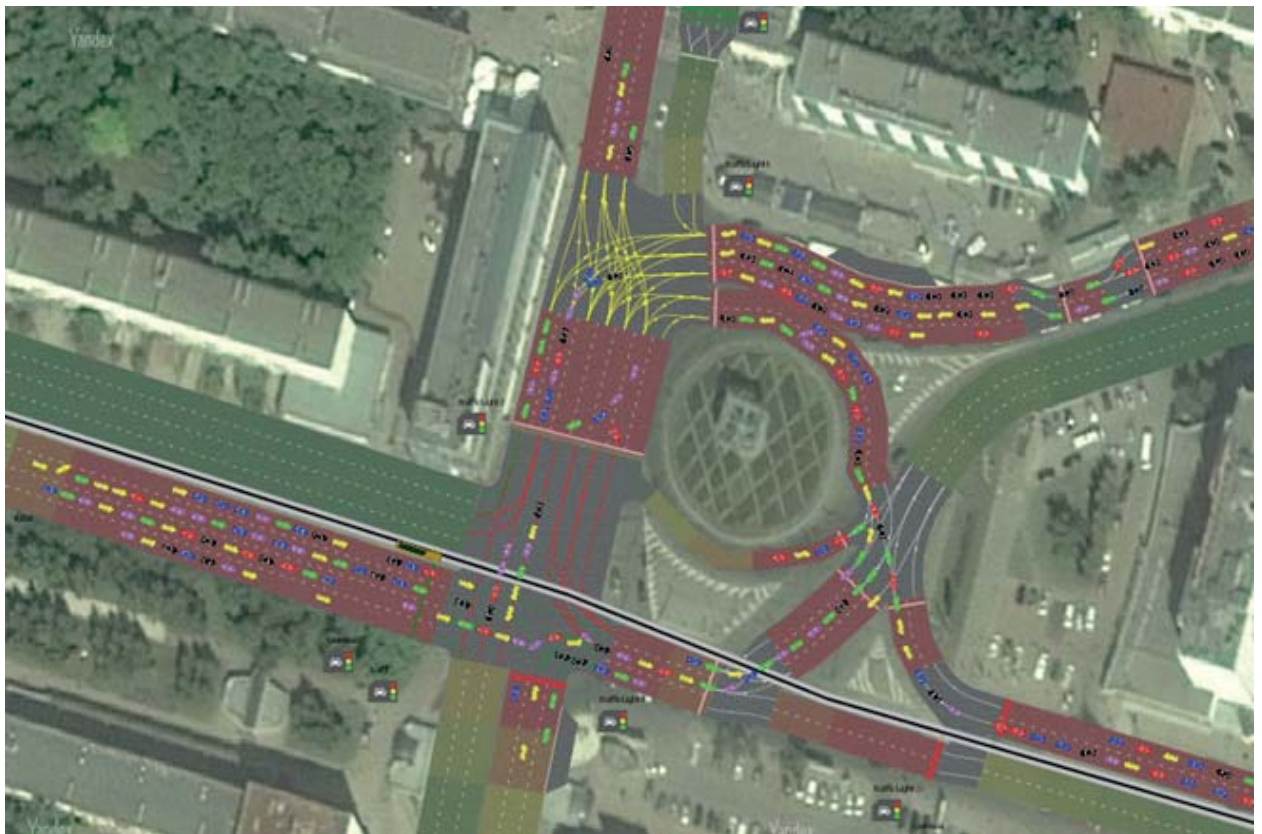


Рис. 2. Цифровая модель сложного перекрестка (Центральный рынок, г.Уфа)  
Fig. 2. Digital model of a complex intersection (Central Market, Ufa)

информационно-измерительные системы на базе микроконтроллеров семейства Arduino.

Создание цифровых двойников умных домов и ознакомление с современными технологиями Интернет-вещей (IoT) завершает первый раздел учебной программы. Одним из важных моментов первого раздела является поверхностное знакомство с нейросетевыми технологиями (на примере классических нейронных сетей для задач автоматического управления) и технологиями разработки нечетких систем (на примере нечетких алгоритмов Мамдани и Такаги-Сугено). Создание простейших интеллектуальных систем управления будет возможной, при усвоении студентами дисциплин «Дискретная математика и численные методы», «Микроконтроллеры и микрокомпьютеры» и раздела «Численные методы оптимизации» дисциплины «Исследование операций».

Кроме того, уже в ходе знакомства с этими классами интеллектуальных систем, возникает возможность начать работу в вычислительной системе MATLAB. Дисциплина «Микроконтроллеры и микрокомпьютеры» рассчитана на два семестра. Во втором семестре начина-

ется ознакомление с архитектурой микрокомпьютера Raspberry Pi, работа в операционной системе семейства Linux, а также изучение основ языка программирования Python.

В результате у студентов формируются практические умения и навыки по работе с цифровыми технологиями вычислительных систем реального времени и микрокомпьютерами уже на первом курсе.

Освоение современных технологий искусственного интеллекта предусматривается на третьем курсе, где запланировано изучение дисциплины «Интеллектуальные системы управления и робототехника». Программа дисциплины базируется на разделах «Нейронные сети и нейрокомпьютинг», «Теория нечетких множеств и технологии разработки нечетких систем» и «Технологии эволюционного моделирования». В ходе изучения указанных разделов, студенты знакомятся с технологиями обработки, анализа и распознавания изображения, а также теориями распознавания образов и машинного обучения. Эти разделы программы завершают формирование профессиональных компетенций, которые позволят будущим инженерам при-

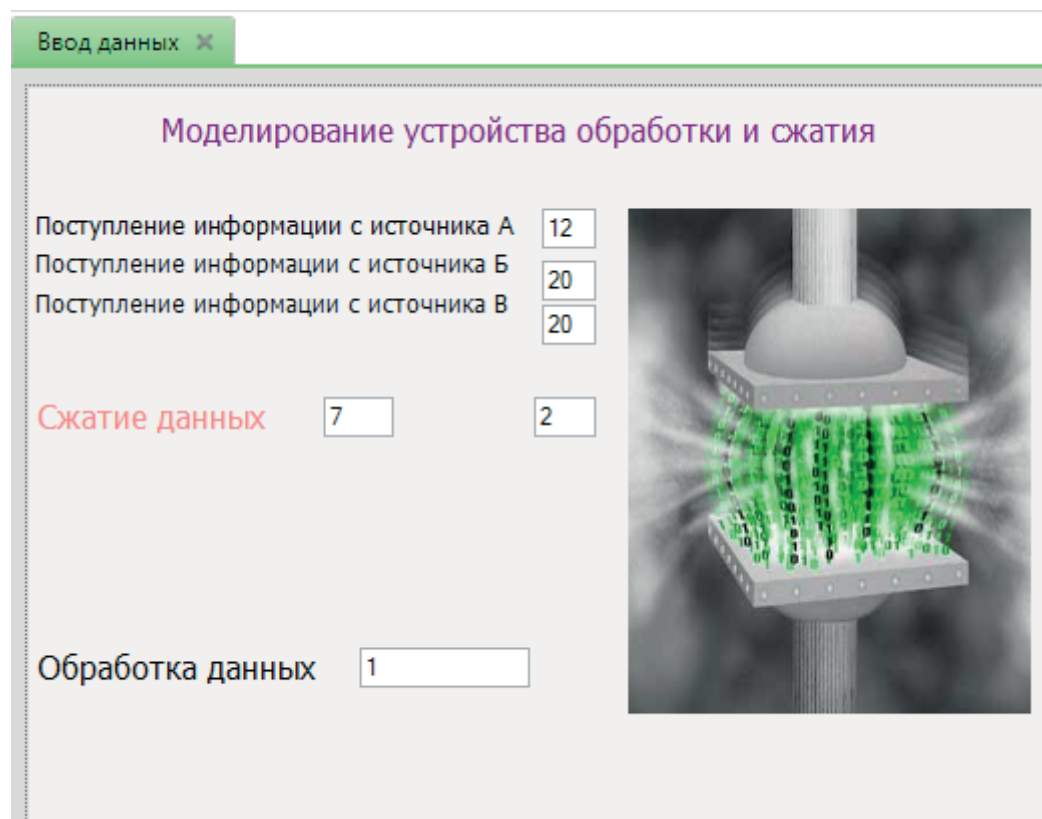


Рис. 3. Интерфейс ввода данных цифровой установки «Устройство обработки и сжатия данных»  
Fig. 3. Data input interface of the digital installation "Data Processing and Compression Unit"

менять самые последние достижения из области систем и технологий искусственного интеллекта и цифровые технологии для решения задач управления техническими системами и разработок цифровых двойников в направлении робототехники. Знание и владение этими технологиями на базовом уровне приближает бакалавров к пониманию разработок по промышленному моделированию.

Учебные материалы основаны на современных методах и технологиях цифровой обработки изображений, а также на материалах научных исследований по теории модифицированных дескриптивных алгебр изображений [7]. Эта теория позволяет разрабатывать адаптивные системы машинного зрения. Разработка подобных информационно-измерительных систем студентами позволяет им не только расширить научно-технический кругозор, но и дополнить собственное портфолио разработками в области систем машинного зрения, интеллектуальных систем управления, а также анализа данных.

Таким образом, концепция об уровнях имитационного моделирования может быть использована для формирования научно-исследовательских компетенций естественнонаучных, инженерных и других направлений подготовки будущих специалистов и инженеров. Данный опыт формирования научно-исследовательских компетенций, был использован нами также при подготовке бакалавров географического направления, на основе дисциплины «Цифровые технологии в географии».

Анализ выпускных квалификационных работ (ВКР) за последние 8 лет, связанных с цифровыми технологиями, показывает, что профессиональные компетенции выпускников по системному анализу предметной области, проектированию и разработке информационных систем сформированы на высоком уровне и они подготовлены к практической деятельности. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы студентами проводят проектные работы, разрабатывают имитационные цифровые двойники соответствующего объекта моделирования. На этом уровне тестируется адекватность цифрового двойника с объектом моделирования, анализируются возможности цифровой установки по проведению научно-исследовательских работ. Следует отметить, что на уровне бакалавриата не проводятся объемные полномасштабные исследования в классическом его понимании. Это связано с недостаточностью времени, отведенной на выполнение ВКР, в частности на внедрение и опубликование результатов исследований в рамках бакалавриата. Для устранения последнего, нами было введено двухнедельная практика, под названием эксплуатационная, основным назначением которой являлась внедрение результатов выпускной работы, в том числе подготовка и публикация статьи по теме исследования. Дальнейшие полномасштабные научные исследования по теме ВКР могут быть продолжены на следующем более высоком уровне образования – магистратуре [3].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования по направлениям подготовки бакалавриата // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4> (дата обращения: 26.02.2019).
2. Комарова С.М. Компьютерное моделирование как средство развития исследовательской компетенции студентов // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2015. – № 5 (158). – С. 217–223.
3. Шашенкова Е.А. Исследовательская деятельность в условиях многоуровневого обучения. – М.: АПК и ППРО, 2005. – 132 с.
4. Подготовка научных кадров и формирование научно-исследовательских компетенций / под науч. ред. д-ра. ист. наук, проф. М.В. Новикова – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2009. – 211 с.
5. Lillesand T., Kiefer R.W., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. – New York: Wiley, 2015. – 736 p.
6. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
7. Исхаков А.Р., Маликов Р.Ф. Моделирование систем технического зрения в модифицированных дескриптивных алгебрах изображений – Уфа: Изд-во БГПУ, 2015. – 159 с.
8. Iskhakov, A.R. Malikov R.F. Calculation of aircraft area on satellite images by genetic algorithm // Bulletin of the south ural state university. Series: «Mathematical modeling, programming & computer software». – 2016. – Vol. 9, No. 4. – P. 148-154.

9. Губин С.В. Информационные технологии в логистике: курс лекций для высших технических учебных заведений. – Киев: «Миллениум», 2009. – 60 с.
10. Маликов Р.Ф., Усманова А.Р., Зарипова А.Б. Методология разработки научно-исследовательских имитационных моделей // Седьмая всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика» – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2015. – С. 390-394.
11. Маликов Р.Ф., Магсумов И.Р., Усманова А.Р. К проблеме подготовки кадров в области имитационного моделирования // Седьмая всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика». – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2015. – С. 199-203.
12. Усманова А.Р., Маликов Р.Ф. Формирование научно-исследовательских компетенций студентов на основе математического и компьютерного моделирования // Тенденции развития высшего образования в современном мире: материалы докладов Всероссийской научно-практической конференции. – Сочи-Москва, 2018. – С. 162-168.
13. Маликов Р.Ф. Основы математического моделирования – М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – 348 с.
14. Маликов Р.Ф. Основы разработки компьютерных моделей сложных систем. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2012. – 256 с.
15. Маликов Р.Ф. Практикум по дискретно-событийному моделированию сложных систем в расширенном редакторе GPSS WORLD. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2017. – 280 с.
16. Маликов Р.Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде Anylogic 6. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2013. – 296 с.
17. Хакимова Е.А., Ткачева К.С., Усманова А.Р., Маликов Р.Ф. Формирование исследовательских компетенций бакалавров при разработке имитационных моделей в среде GPSS Studio // Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2019). Труды конференции, 16–18 октября 2019 г. – Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т, 2019. – С. 158-163.
18. AnyLogic. URL: <http://www.anylogic.ru> (дата обращения 27.02.2019).
19. Элина-Компьютер. URL: <http://elina-computer.ru> (дата обращения 27.02.2019).
20. Девятков В.В., Девятков Т.В., Федотов М.В. Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018. – 283 с.
21. Подьячев И.А., Маликов Р.Ф. Имитационная модель улично-дорожной сети в среде Anylogic // Перспективные информационные технологии: труды международной научно-технической конференции, 2016. – С. 673–676. URL: [http://repo.ssau.ru/bitstream/Perspektivnye-informacionnye-tehnologii/Imitacionnaya-model-ulichnodorozhnoi-seti-v-srede-AnyLogic-60485/1/pit\\_2016\\_673-676.pdf](http://repo.ssau.ru/bitstream/Perspektivnye-informacionnye-tehnologii/Imitacionnaya-model-ulichnodorozhnoi-seti-v-srede-AnyLogic-60485/1/pit_2016_673-676.pdf) (дата обращения 27.02.2019).
22. Гукасян К.А., Сулейманова А.К., Маликов Р.Ф. Имитационное моделирование компьютерных узлов и коммуникационных систем // Труды Восьмой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2017) – СПб.: Изд-во ВВМ, 2017. – С. 343–346.

Дата поступления: 12.11.2019 г.



UDC 378

## FORMATION OF SCIENTIFIC RESEARCH COMPETENCES ENGINEERS BASED ON DIGITAL MODELING TECHNOLOGIES

**Adelya R. Usmanova<sup>1</sup>,**  
Ph.D., Associate Professor,  
adelmalikova@mail.ru

**Ramil F. Malikov<sup>2</sup>,**  
Doctor of Science, Professor,  
rfmalikov@mail.ru

**Almaz R. Iskhakov<sup>2</sup>,**  
Ph.D., Associate Professor,  
intellab@mail.ru

<sup>1</sup> Bashkir State University,  
450076, Russia, Ufa, ul. Zaki Validi 32

<sup>2</sup> Bashkir State Pedagogical University named after M.Akmullah,  
450008, Russia, Ufa, ul. October Revolution, 3a

This article sets out the paradigm for developing digital twins of different difficulty levels. The stages of simulation are consistent with the logic of the final qualification work. Examples of digital twinning of queuing systems in Anylogic and GPSS Studio environments are given.

**Key words:** simulation modeling, digital twins, digital technologies, research competences, professional competencies.

### REFERENCES

1. Federalnyye gosudarstvennyye obrazovatelnyye standarty vysshego obrazovaniya po napravleniyam podgotovki bakalavriata [Federal state educational standards of higher education in areas of undergraduate education]. *Portal Federalnykh gosudarstvennykh obrazovatelnykh standartov vysshego obrazovaniya* [Portal of Federal state educational standards of higher education]. Available at: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4> (accessed: 26.02.2019).
2. Komarova S.M. Kompyuternoye modelirovaniye kak sredstvo razvitiya issledovatel'skoy kompetentsii studentov [Computer modeling as a means of developing students' research competence]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. 2015, no. 5 (158), pp. 217–223.
3. Shashenkova E.A. *Issledovatel'skaya deyatel'nost' v usloviyakh mnogourovnevogo obucheniya* [Research activity in the conditions of multilevel training]. Moscow, APK i PPRO Publ., 2005, 132 p.
4. *Podgotovka nauchnykh kadrov i formirovaniye nauchno-issledovatel'skikh kompetentsiy*. Pod nauch. red. d-ra. ist. nauk, prof. M.V. Novikova [Training of scientific personnel and the formation of research competencies. By ed. Drs. East. sciences, prof. M.V. Novikova]. YaGPU Publ., 2009, 210 p.
5. Lillesand T., Kiefer R.W., Chipman J. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: Wiley, 2015. 736 p.
6. Shovengerdt R.A. *Distantsionnoye zondirovaniye. Modeli i metody obrabotki izobrazheniy* [Remote Sensing. Models and image processing methods]. Moscow., Technosphaera Publ., 2010, 560 p.
7. Iskhakov A.R., Malikov R.F. Modelirovaniye sistem tekhnicheskogo zreniya v modifitsirovannykh deskriptivnykh algebrakh izobrazheniy [Modeling of vision systems in modified descriptive image algebras]. Ufa, BGPU Publ., 2015, 159 p.
8. Iskhakov, A.R. Malikov R.F. Calculation of aircraft area on satellite images by genetic algorithm. *Bulletin of the south ural state university. Series: «Mathematical modeling, programming & computer software»*. 2016, vol. 9, no. 4, pp. 148-154. DOI: 10.14529/mmp160414
9. Gubin S.V. *Informatsionnyye tekhnologii v logistike: kurs lektsiy dlya vysshikh tekhnicheskikh uchebnykh zavedeniy* [Information technology in logistics: a course of lectures for higher technical educational institutions]. Kiev, Millennium Publ., 2009, 60 p.
10. Malikov R.F., Usmanova A.R., Zaripova A.B. Metodologiya razrabotki nauchno-issledovatel'skikh imitatsionnykh modeley [Methodology for the development of research simulation models]. *Sedmaya vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika»* [Seventh All-Russian Scientific and Practical Conference "Simulation. Theory and practice"]. Moscow, Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN, 2015, pp. 390–394.

11. Malikov R.F., Magsumov I.R., Usmanova A.R. K probleme podgotovki kadrov v oblasti imitatsionnogo modelirovaniya [To the problem of training personnel in the field of simulation]. *Sedmaya vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika»* [Seventh All-Russian Scientific and Practical Conference "Simulation. Theory and practice"]. Moscow, Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN, 2015, pp.199–203.
12. Usmanova A.R., Malikov R.F. Formirovaniye nauchno-issledovatel'skikh kompetentsiy studentov na osnove matematicheskogo i kompyuternogo modelirovaniya [The formation of scientific research competences of students on the basis of mathematical and computer modeling]. *Tendentsii razvitiya vysshego obrazovaniya v sovremennom mire: materialy dokladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Trends in the development of higher education in the modern world: materials of reports of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Sochi-Moscow, 2018, pp. 162–168.
13. Malikov R.F. *Osnovy matematicheskogo modelirovaniya* [Fundamentals of Mathematical Modeling]. Moscow, Goryachaya Liniya-Telekom, 2010, 348 p.
14. Malikov R.F. *Osnovy razrabotki kompyuternykh modeley slozhnykh sistem* [Fundamentals of the development of computer models of complex systems]. Ufa, BGPU Publ., 2012, 256 p.
15. Malikov R.F. *Praktikum po diskretno-sobytiynomu modelirovaniyu slozhnykh sistem v rasshirennom redaktore GPSS WORLD* [Workshop on discrete-event modeling of complex systems in the advanced GPSS WORLD editor]. Ufa, BGPU Publ., 2017, 280 p.
16. Malikov R.F. *Praktikum po imitatsionnomu modelirovaniyu slozhnykh sistem v srede Anylogic 6* [Workshop on simulation of complex systems in Anylogic 6]. Ufa, BGPU Publ., 2013, 296 p.
17. Khakimova E.A., Tkacheva K.S., Usmanova A.R., Malikov R.F. Formirovaniye issledovatel'skikh kompetentsiy bakalavrov pri razrabotke imitatsionnykh modeley v srede GPSS Studio [Formation of research competencies of bachelors in the development of simulation models in GPSS Studio]. *Devyataya vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya po imitatsionnomu modelirovaniyu i yego primeneniyu v nauke i promyshlennosti «Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika» (IMMOD-2019)*. Trudy konferentsii, 16–18 oktyabrya 2019 g. [Ninth All-Russian Scientific and Practical Conference on Simulation and its Application in Science and Industry "Simulation. Theory and Practice" (IMMOD-2019). Conference proceedings, October 16-18, 2019], Yekaterinburg, Urals. state ped Univ., 2019, pp. 158–163.
18. *AnyLogic*. Available at: <http://www.anylogic.ru> (accessed 27.02.2019).
19. *Elina-Kompyuter* [Elina-Computer]. Available at: <http://elina-computer.ru> (accessed 27.02.2019).
20. Devyatkov V.V., Devyatkov T.V., Fedotov M.V. *Imitatsionnyye issledovaniya v srede modelirovaniya GPSS STUDIO* [Simulation studies in the GPSS STUDIO simulation environment]. Moscow, Vuzovskiy uchebnik Publ., INFRA–M Publ., 2018. 283 p.
21. Podyachev I.A., Malikov R.F. Imitatsionnaya model ulichno-dorozhnoy seti v srede Anylogic [A simulation model of a road network in the Anylogic environment]. *Perspektivnyye informatsionnyye tekhnologii: trudy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Advanced Information Technologies: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference]. 2016, pp. 673–676. Available at: [http://repo.ssau.ru/bitstream/Perspektivnye-informacionnye-tehnologii/Imitatsionnaya-model-ulichnodorozhnoi-seti-v-srede-AnyLogic-60485/1/pit\\_2016\\_673-676.pdf](http://repo.ssau.ru/bitstream/Perspektivnye-informacionnye-tehnologii/Imitatsionnaya-model-ulichnodorozhnoi-seti-v-srede-AnyLogic-60485/1/pit_2016_673-676.pdf) (accessed 27.02.2019).
22. Ghukasyan K.A., Suleymanova A.K., Malikov R.F. Imitatsionnoye modelirovaniye kompyuternykh uzlov i kommunikatsionnykh sistem [Simulation modeling of computer nodes and communication systems]. *Trudy Vosmoy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika» (IMMOD-2017)* [Proceedings of the Eighth All-Russian Scientific and Practical Conference "Simulation. Theory and Practice" (IMMOD-2017)]. St. Petersburg, VVM Publ., 2017, pp. 343–346.

Received: 27.11.2019