

ФОРМАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ ПОДБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РЕАБИЛИТАЦИИ

Т. К. Куц, Л. А. Плешакова, А. В. Жирнова, М. И. Шиккульский

Куц Татьяна Константиновна, магистрант, Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: t.kutz2017@yandex.ru;

Плешакова Людмила Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и моделирования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: lpleshakova@rambler.ru;

Жирнова Алина Вадимовна, преподаватель первой квалификационной категории, Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: apleshakova1989@yandex.ru;

Шиккульский Михаил Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и моделирования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация; e-mail: shikul_m@mail.ru

Предлагается формализованная модель подбора технических средств реабилитации на основе системы классификации двигательных функций GMFCS. В работе также рассматривается модель онтологии предметной области. Разработка онтологии включает в себя: сбор информации о различных технических средствах реабилитации и их характеристиках, определение свойств и отношений технических средств реабилитации, которые будут использоваться в онтологии. Онтология предметной области представлена на онтографе. Модель онтологии позволяет перейти к формализации процесса подбора технических средств реабилитации с помощью математической модели. На основе разработанной формализованной модели предлагается создание компьютерной программы для выбора технических средств реабилитации на основе системы классификации двигательных функций GMFCS.

Ключевые слова: *технические средства реабилитации, формализованная модель, информационная система, система классификации двигательных функций, объектно-ориентированное проектирование.*

THE FORMALIZED MODEL OF SELECTION OF TECHNICAL MEANS OF REHABILITATION

T. K. Kutz, L. A. Pleshakova, A. V. Zhirnova, M. I. Shikulskiy

Kuts Tatyana Konstantinovna, undergraduate student, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: t.kutz2017@yandex.ru;

Pleshakova Lyudmila Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer-aided Design and Modeling, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: lpleshakova@rambler.ru;

Zhirnova Alina Vadimovna, teacher of the first qualification category, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: apleshakova1989@yandex.ru;

Shikulskiy Mikhail Igorevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer-aided Design and Modeling, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation; e-mail: shikul_m@mail.ru

A formalized model for the selection of rehabilitation equipment based on the GMFCS motor function classification system is proposed. The paper also considers the ontology model of the subject area. The development of the ontology includes: collecting information about various technical means of rehabilitation and their characteristics, determining the properties and relationships of technical means of rehabilitation that will be used in the ontology. The ontology of the subject area is represented on the onto graph. The ontology model allows us to proceed to the formalization of the process of selecting technical means of rehabilitation using a mathematical model. Based on the developed formalized model, it is proposed to create a computer program for the selection of technical means of rehabilitation based on the GMFCS motor function classification system.

Keywords: *technical means of rehabilitation, formalized model, information system, classification system of motor functions, object-oriented design.*

Введение

Правильный уход за детьми с детским церебральным параличом (далее – ДЦП) и другими двигательными нарушениями является важным фактором, предотвращающим развитие вторичных осложнений и деформаций, а также максимально улучшающим их качество жизни. Технические средства реабилитации (далее – ТСР) играют не только роль вспомогательных приспособлений для детей-инвалидов, но и являются средством осуществления их человеческих прав, включенности и равноправного участия в жизни общества.

Дети с ДЦП часто нуждаются в специальных технических средствах реабилитации для улучшения их двигательных функций и повышения

качества жизни. Однако процесс подбора подходящих технических средств может быть сложным и трудоемким для врачей и родителей детей.

Для решения данной проблемы важно разработать математическую модель и алгоритм, основанный на оценке нарушений двигательной активности по GMFCS, который поможет в подборе необходимых ТСР для реабилитации детей с ДЦП.

Метод

Правильный уход за детьми с ДЦП и другими двигательными нарушениями является важным фактором, предотвращающим развитие вторичных осложнений и деформаций, а также максимально улучшающим их качество жизни.

ТСР играют не только роль вспомогательных приспособлений для детей-инвалидов, но и являются средством осуществления их человеческих прав, включенности и равноправного участия в жизни общества.

Любые ТСР назначаются по определенным показаниям и подбираются индивидуально, они должны соответствовать физическим параметрам инвалида и уровню его функциональных нарушений, увеличивать его самостоятельность и активность, а также быть ориентированы на повседневную жизнь (кормление, сон, отдых, купание, прогулки и т. п.).

Число детей-инвалидов, в частности нуждающихся в обеспечении техническими средствами реабилитации и сопровождении, продолжает увеличиваться. Только на территории Российской Федерации в настоящее время проживает около 12 млн инвалидов (примерно 8,1 % населения страны), из них 683 тыс. человек составляют дети, причем прирост их числа регистрируется ежегодно (Федеральный реестр инвалидов: <https://sfri.ru>; Федеральная служба государственной статистики: <https://www.gks.ru>) [1].

Чем мобильнее чувствует себя ребенок, тем легче ему дается общение со сверстниками. Для достижения этой цели дети с двигательными нарушениями нуждаются в средствах реабилитации, помогающих принимать вертикальное положение, вопреки законам гравитации — вставать, сидеть, выпрямляться и двигаться [2].

В работах [3–6] рассматривались вопросы информационной поддержки принятия решений в медицине, вместе с тем, вопросы принятия решений при выборе технических средств реабилитации в литературе рассмотрены недостаточно. Поэтому выбор темы настоящего исследования представляется актуальной.

Подбор ТСР осуществляется в соответствии с определенными показаниями и индивидуальными характеристиками ребенка, учитывая физические параметры и уровень его функциональных нарушений. Главной целью ТСР является повышение самостоятельности и активности ребенка, а также адаптация к повседневной жизни, включая кормление, сон, отдых, купание и прогулки. Необходимо отметить, что врачи лечебных учреждений, направляющие детей-инвалидов на медико-социальную экспертизу и формирующие перечень необходимых им ТСР, не всегда обладают достаточными знаниями по позиционированию и детальному подбору ТСР, учитывая функциональные характеристики, анатомические размеры и особенности ортопедических нарушений каждого ребенка.

Для решения данной проблемы важно разработать математическую модель и компьютерную программу, основанную на оценке нарушений двигательной активности по GMFCS, которая поможет в подборе необходимых ТСР для реабилитации детей с ДЦП.

Разработка компьютерной программы подбора технических средств реабилитации в зависимости от функциональных возможностей и анатомических особенностей каждого конкретного инвалида

позволит более рационально производить выбор ТСР [6–8]. Совершенствование механизмов рационального выбора ТСР с двигательными нарушениями возможно с помощью применения компьютерной программы.

Первым этапом к вновь проектируемым информационным системам является этап исследования и формализации предметной области.

Методы онтологического проектирования позволяют представить формальное описание предметной области и определить общую терминологическую базу исследования. В данной онтологии отражаются основные элементы, выявленные при назначении специалистами медико-социальной экспертизы технических средств реабилитации для инвалидов с двигательными нарушениями [3].

Онтологический инжиниринг подразумевает глубокий структурный анализ предметной области и требует от разработчиков профессионального владения технологиями инженерии знаний – от методов извлечения знаний до структурирования и формализации.

Разработка онтологии в исследуемой предметной области позволит построить её концептуальную модель.

Разработка онтологии будет включать следующие этапы:

- 1) сбор информации о различных технических средствах реабилитации и их характеристиках. Эта информация может быть получена из специализированных каталогов и баз данных;
- 2) определение свойств и отношений технических средств, которые будут использоваться в онтологии. Например, свойства могут включать тип ТСР, возрастную категорию, степень поддержки двигательной функции и т. д.;
- 3) создание онтологической модели, которая будет описывать понятия, отношения и свойства технических средств реабилитации;
- 4) внедрение системы классификации валовых двигательных функций GMFCS в онтологию. Это позволит системе автоматически выбирать подходящие технические средства для каждого уровня классификации;
- 5) проверка и валидация онтологии с помощью экспертов в области реабилитации.

Из общего числа показателей системы предоставления ТСР инвалидам с двигательными нарушениями, учитывая специфику, были выбраны следующие образующие систему показатели: показания, противопоказания, ТСР, участники медико-санитарной экспертизы, параметры состояния инвалида. В таблице представлена терминологическая база задачи рационального выбора ТСР для инвалидов с двигательными нарушениями.

Результаты и обсуждение

Процесс подбора ТСР детей с ДЦП можно описать, используя характеристики, указанные на рисунке 1.

На основе построенной терминологической базы формализована и реализована онтология.

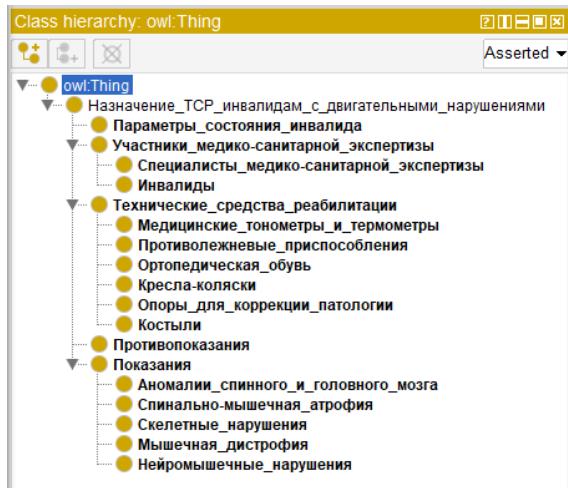


Рис. 1. Основные характеристики выбора TCP

Модель подбора TCP для детей с ДЦП может быть представлена кортежем:

$VTSR = \langle C, Q, R \rangle$,
 где $C = \{c_i\}$ – множество понятий (концептов), образующих онтологию процесса выбора TCP; $MP, i = \overline{1, I}$, то есть $|C| = I$; $Q = \{q_{1i}, \dots, q_{di}\}$ – множество атрибутов понятия c_i (d – количество атрибутов, описывающих данное понятие); $R \subseteq C \times C$ – отношение непосредственного наследования представлено на рисунке 2.

Онтология должна включать в себя поля, содержащие имя понятия, состав атрибутов понятия и родовидовые связи понятия:

$$C = \langle N, A, S, D \rangle \mathbb{Z}$$

где N – имя понятия; A – множество атрибутов понятия; S – множество родительских понятий; D – множество дочерних понятий.

При этом $A \subseteq M$. Атрибут понятия, в свою очередь, характеризуется именем, типом и значением:

$$A = \langle N_A, T, V \rangle$$

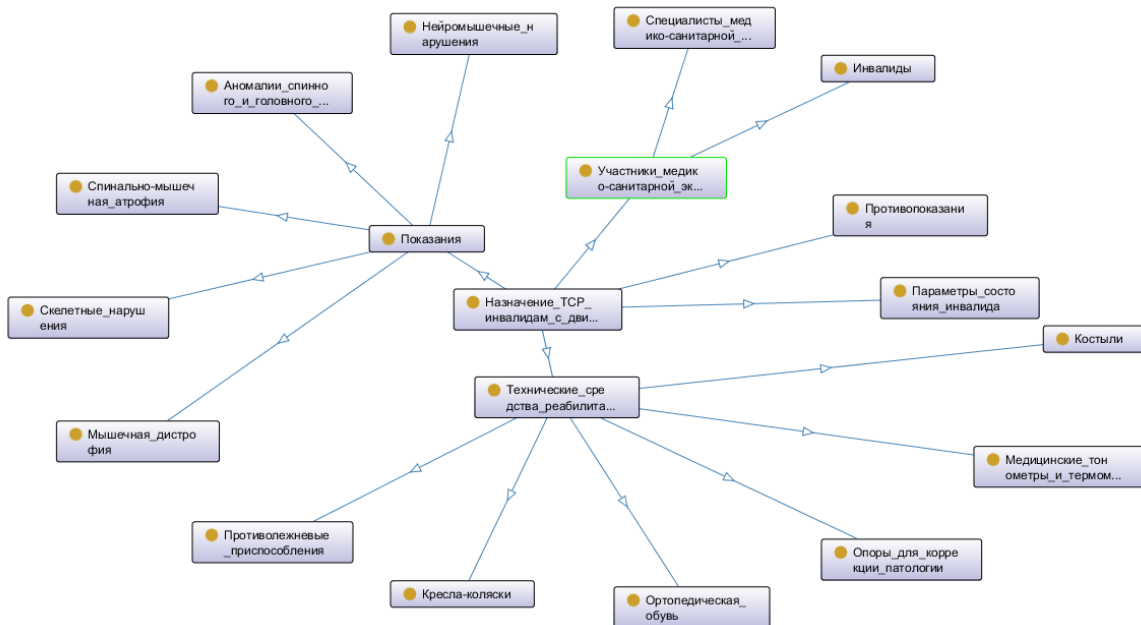


Рис. 2. Онтологическая модель процесса выбора TCP

Атрибуты понятий онтологии процесса подбора технических средств реабилитации имеют определенный тип данных T . В качестве основных типов данных атрибутов онтологии можно выделить числовой, текстовый, логический и тип ссылки на объект.

Разработанная онтология позволит перейти к разработке математической модели и компьютерной программы для рационального выбора технических средств реабилитации для детей с ДЦП.

В настоящее время подбор технических средств реабилитации для детей с ДЦП производится с использованием системы классификации двигательных функций GMFCS.

Система классификации GMFCS (Gross Motor Function Classification System) является широко используемой методикой для оценки и классификации валовых двигательных функций у детей с ДЦП.

Система GMFCS состоит из пяти уровней, каждый из которых описывает уровень двигательных возможностей ребенка, начиная от самостоятельной ходьбы до полной зависимости от помощи других лиц.

Существующие методы подбора технических средств реабилитации для детей с ДЦП могут быть субъективными и неэффективными. Разработка математической модели позволит систематизировать и автоматизировать процесс подбора технических средств, учитывая индивидуальные особенности каждого ребенка и его уровень валовых двигательных функций по системе GMFCS.

Для разработки модели будет использован метод многокритериальной оптимизации, который позволяет учесть несколько критериев при подборе технических средств реабилитации.

Входными параметрами модели будут являться уровень валовых двигательных функций по системе

GMFCS, возраст ребенка, его физические параметры и функциональные особенности.

Выходные параметры модели будут представлять собой рекомендации по выбору технических средств реабилитации, которые наиболее соответствуют потребностям ребенка.

Математическую модель выбора технических средств реабилитации можно представить в виде теоретико-множественной модели.

$$TSR = \langle Pmf, Age, Tmr, Pr, Ms \rangle,$$

где Pmf – множество параметров двигательных функций по системе GMFCS $Pmf = (pmf_1, pmf_2, \dots, pmf_n)$; Age – множество допустимых значений по возрасту $Age = (age_1, age_2, \dots, age_n)$; Tmr – множество технических средств реабилитации $Tmr = (tmr_1, tmr_2, \dots, tmr_n)$; Pr – множество целей реабилитации $Pr = (pr_1, pr_2, \dots, pr_n)$; Ms – множество решений в виде рекомендаций по выбору технических средств реабилитации, которые используются для достижения цели реабилитации, $Ms = (ms_1, ms_2, \dots, ms_n)$.

Действительно, различные комбинации составляющих при выборе технических средств реабилитации формируют: множество альтернативных решений по составу TCP $Ms = (ms_1, ms_2, \dots, ms_{nms})$, с учетом параметров двигательных функций по системе GMFCS $Pmf = (pmf_1, pmf_2, \dots, pmf_{npr})$, с заданными приоритетами целей реабилитации по важности $Pr = (pr_1, pr_2, \dots, pr_{npr})$ (при этом $nms = npr$); Pmf – множество параметров двигательных функций по системе GMFCS $Pmf = (pmf_1, pmf_2, \dots, pmf_{nps})$.

Для каждой альтернативы TCP по каждой цели реабилитации необходимо оценить значение функции предпочтения $Fh = (fh_{11}, fh_{12}, \dots, fh_{22}, \dots, fh_{nmsnfh})$. Оцениваются рекомендации по выбору технических средств реабилитации, задавая конкретные значения функции предпочтения по каждому отдельному решению.

Описание такой задачи представляется в виде матрицы, представленной в таблице, где Pr_{ic} – цели реабилитации; $\alpha_{i\alpha}$ – приоритеты целей; $fh_{nprn\alpha}$ – функция предпочтения.

Таблица 1

Матрица описания задачи формирования структуры компьютерной системы

Цели реабилитации	pr_1	pr_2	...	pr_{npr}
Альтернативы технических средств реабилитации	ms_1	fh_{11}	fh_{12}	...
	ms_2	fh_{21}	fh_{22}	...

	ms_n	fh_{nms1}	fh_{nms2}	...
Приоритеты целей реабилитации	-	α_1	α_2	...

На основе полученной информации о предпочтениях определяется наилучшее решение ms_n . Если полученная рекомендация по выбору TCP удовлетворяет текущее наилучшее решение, то данное решение принимается в качестве решения задачи и прекращает вычисления.

Ms – множество решений в базе данных компьютерной системы в виде рекомендаций по выбору TCP, определяются следующими характеристиками:

$$Ms_{iy} = \{y_{iy}, NY_{iy}\}, \text{ где } iy = 1, \dots, NY,$$

где iy – порядковый идентификатор TCP; NY – количество решений в базе данных компьютерной системы; y_{iy} – список TCP.

Заключение

Таким образом, проведена структуризация и формализация составляющих процесса выбора TCP для дальнейшей реализации компьютерной программы подбора технических средств реабилитации для детей с ДЦП.

Разработка компьютерной программы подбора технических средств реабилитации на основе онтологии и системы классификации GMFCS позволит:

- 1) автоматизировать и упростить процесс подбора технических средств, что позволит значительно сэкономить время;
- 2) улучшить точность подбора средств реабилитации, исключая ошибки и неподходящие варианты;
- 2) повысит доступность и эффективность реабилитационных мероприятий для детей с ДЦП.

Список литературы

1. Аронскинд Е. В. Технические средства реабилитации при детском церебральном параличе в аспекте постурального меанджмента / Е. В. Аронскинд, Е. Н. Карпова // Медико-социальные проблемы инвалидности. – 2020. – № 1. – С. 83–91.
2. Как правильно подобрать средства реабилитации для детей с ДЦП и другими двигательными нарушениями. – Режим доступа: https://rosmedmag.ru/company/news/2018/podbor_tsr/ (дата обращения: 01.02.2024).
3. Рахманина И.Н. Персонализированный подход к диагностике и коррекции церебрального метаболизма у детей с ограниченными возможностями здоровья / И. Н. Рахманина, Г. А. Турок, Е. Н. Рябова, И. А. Кулакова, Н. В. Зимина, Н. В. Барсукова, О. А. Михайлова // Вестник восстановительной медицины. – 2015. – № 6. – С. 10–17.
4. Абраменко Д. Ю. Анализ некоторых направлений использования информационно-телекоммуникационных технологий для повышения качества предоставления медицинских услуг в регионах / Д. Ю. Абраменко, К. И. Квятковский, А. В. Петраев, И. В. Сибикина // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 4. – С. 183–190
5. Жирнова А. В. Информационная поддержка управления процессом реабилитации детей с ограниченными возможностями здоровья в условиях учреждения социального обслуживания / А. В. Жирнова, И. Ю. Петрова, Л. А. Плешакова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 4 (40). – С. 104–109.
6. Квятковская И. Ю. Формирование управленческих решений для социально-экономических систем в условиях слабой структурированности проблемы / И. Ю. Квятковская // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 2, № 1. – С. 219–227.
7. Максимов И. Б. Прикладная теория информационного обеспечения медико-биологических исследований / И. Б. Максимов, В. П. Столяр, А. В. Богомолов. – Москва : Бинум, 2013. – 312 с.

8. Радченко С. В. Информационные технологии поддержки принятия врачебных решений / С. В. Радченко // Информационные технологии в здравоохранении. – 2002. – № 13–14. – Режим доступа: <http://wiki.openhealth.ru/xwiki/bin/view/Main/Информационные+технологии+поддержки+принятия+врач+ных+решений> (дата обращения: 01.02.2024).

9. Симанков В. С. Системный анализ и современные информационные технологии в медицинских системах поддержки принятия решений : монография / В. С. Симанков, А. А. Халафян. – Москва : Бином, 2009. – 362 с.

10. Развитие навыков мобильности у детей дошкольного возраста с детским церебральным параличом : рекомендации для родителей и специалистов детского сада / авт.-сост. : С. В. Фомичева, Л. А. Голотина. – Ирбит: Ирбитский ЦППМСП, 2020. – 22 с.

© Т. К. Куц, Л. А. Плешакова, А. В. Жирнова, М. И. Шикунский

Ссылка для цитирования:

Куц Т. К., Плешакова Л. А., Жирнова А. В., Шикунский М. И. Формализованная модель подбора технических средств реабилитации // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 2 (48). С. 85–89.

УДК 721+004.94+378.147+69.007

DOI 10.52684/2312-3702-2024-48-2-89-94

**ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
ПОСРЕДСТВОМ BIM-ЧЕМПИОНАТА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Н. В. Горовой, Д. В. Нижегородцев, А. А. Семенов, И. И. Суханова

Горовой Никита Владимирович, ассистент кафедры информатики, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (999) 537-23-60; e-mail: ngorovoy@lan.spbgasu.ru;

Нижегородцев Денис Валерьевич, директор лаборатории цифровых информационных моделей в строительстве, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (812) 575-05-38; e-mail: mdvd0d@yandex.ru;

Семенов Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (812) 575-05-49; e-mail: sw.semenov@gmail.com;

Суханова Инна Ивановна, кандидат технических наук, доцент, декан факультета инженерной экологии и городского хозяйства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (812) 316-35-10; e-mail: inna.suhanova@mail.ru

В работе предложена методика формирования цифровых компетенций у студентов архитектурно-строительных вузов путем организации чемпионатов по информационному моделированию зданий (BIM, ТИМ). Описаны цели и задачи чемпионата, этапы его проведения, основные организационные вопросы, приведены примеры выполняемых студентами проектов. Отмечаются основные преимущества мероприятий подобного вида, в том числе, возможность взаимодействия студентов с представителями профессионального сообщества. Методика разработана на основе шестилетнего опыта организации подобных соревнований на базе Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. В настоящее время в BIM-чемпионате участвуют представители десяти компетенций: архитектор, генпланист, конструктор, сметчик, инженер отопления и вентиляции, инженер водоснабжения и канализации, BIM-координатор, инженер электрических систем, инженер пожарной безопасности, инженер по организации строительства. Результаты проведения BIM-Чемпионата подтверждают эффективность выбранных форм и методов организации и проведения всех его этапов.

Ключевые слова: информационное моделирование, технологии информационного моделирования, цифровые компетенции, чемпионат, подготовка кадров.

**FORMATION OF DIGITAL COMPETENCIES IN THE FIELD OF CONSTRUCTION
THROUGH THE BIM CHAMPIONSHIP
OF SAINT PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING**

N. V. Gorovoy, D. V. Nizhegorodtsev, A. A. Semenov, I. I. Sukhanova

Gorovoy Nikita Vladimirovich, Assistant of the Department of Computer Science, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7 (999) 537-23-60; e-mail: ngorovoy@lan.spbgasu.ru;

Nizhegorodtsev Denis Valeryevich, Director of the Laboratory of Digital Information Models in Construction, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7 (812) 575-05-38; e-mail: mdvd0d@yandex.ru;

Semenov Aleksey Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7 (812) 575-05-49; e-mail: sw.semenov@gmail.com;

Sukhanova Inna Ivanovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering Ecology and Urban Economy, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7 (812) 316-35-10; e-mail: inna.sukhanova@mail.ru

The paper proposes a methodology for developing digital competencies among students of architecture and civil engineering universities by organizing championships in building information modeling (BIM). The goals and objectives of the championship, the stages of its implementation, the main organizational issues are described, and examples of projects carried out by students are given. The main advantages of events of this type are noted, including the opportunity for students to interact with representatives of the professional