

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ИНЖЕНЕРА-СТРОИТЕЛЯ В ХОДЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

О. Н. Шевченко, канд. техн. наук, доцент; Ю. А. Ташкинов, ассистент

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**Аннотация.** В статье рассмотрен пример применения современных компьютерных технологий (Educational Data Mining) при прогнозировании образовательных результатов студентов инженерно-строительного вуза с точки зрения компетентностного подхода: построение многомерной таблицы (OLAP-кубов), создание динамических моделей (Real-Time Educational Data Mining), применение интеллектуальной аналитики. Построен профиль компетенций инженера-строителя на основании государственного образовательного стандарта. Собрана эмпирическая информация об успехах 102 студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» в ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Применение многомерной аналитики в табличном редакторе MS Excel позволило построить индивидуальные профили компетенций каждого будущего инженера-строителя, в том числе в графической форме представления (в виде спарклайнов). Использование динамического подхода позволило определить оптимальное время для создания прогноза для каждой индивидуальной компетенции.

**Ключевые слова:** Educational Data Mining; образовательные результаты; будущие инженеры-строители; OLAP-кубы; педагогическое прогнозирование.



Шевченко  
Ольга Николаевна



Ташкинов  
Юрий Андреевич

## ВВЕДЕНИЕ

В интернет-пространстве можно найти ряд примеров ошибок инженеров-строителей, которые привели к печальным последствиям: в 1919 г. Бостон был затоплен патокой из-за ошибки в изготовлении резервуара; в 1940 г. рухнул Такомский мост; в 1980 г. обрушилась подвесная галерея отеля «Hyatt Regency», унеся жизни 114 человек; в 2006 г. произошла утечка в Большом Бостонском тоннеле Big Dig из-за выбора неправильного бетона при строительстве; в 2012 г. в Таганроге обрушился строящийся четырехэтажный дом, в результате чего пять человек погибло и тринадцать оказались под завалом. Есть множество других катастроф, произошедших по вине инженеров-строителей, но последняя трагедия имеет и другой аспект: в сети есть видео с изображением здания буквально за считанные часы до чрезвычайной ситуации (ЧС). Конечно, в профессиональном образовании студентов строительных направлений подготовки (СНП) вопрос не стоит так же остро, как в ходе их будущей инженерной деятельности. Но проще сразу устранить возникающие в ходе обучения проблемы, в реальном времени, а не по окончании сбора статистической информации, когда восполнять проблемы в знаниях или в необходимых профессиональных навыках, очень трудно. В педагогике нельзя полагаться на метод «проб и ошибок»: цена неверного решения может быть неисправимой.

Внедрение компьютерных технологий в образовательную систему является приоритетным направлением современной государственной политики. Накоплены большие массивы образовательной информации, поэтому проблему её обработки можно отнести к популярному в зарубежной литературе направлению исследований – Big Data (дословный перевод – «большие данные», общепринятого адаптивного перевода на данный момент нет). Одним из способов обработки таких образовательных данных выступает Educational Data Mining (EDM, «раскопка образовательной информации», или же интеллектуальная аналитика знаний) [6].

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Такие отечественные ученые, как О. М. Бакунова, Т. И. Бугаева, М. Г. Коляда, Д. Х. Имаев, Е. Е. Котова, Р. В. Майер, В. В. Руанет и др., занимаются исследованиями

в применении технологии EDM для моделирования образовательных процессов. Среди зарубежных аналитиков мы упомянем следующих ученых: К. Бичер, Д. Бэрри, Р. С. Бэйкер [7], А. Датт [8], Ц. Ромеро [9] и др. Следует отметить, что данное направление исследований в иностранной научной литературе рассматривается уже более 20 лет, а вот в отечественных научных источниках является совершенно новым. Мы считаем, что отечественные вузы не должны отставать от мировых тенденций прогнозирования и аналитики, поэтому в рамках данной статьи покажем некоторые примеры применения компьютерных технологий в данном направлении исследований.

**ЦЕЛЬ СТАТЬИ**

Применение динамических моделей (Real-Time EDM) и многомерных таблиц (OLAP-кубов) для прогнозирования образовательных результатов студентов инженерно-строительного вуза.

**ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА**

Есть множество подходов к трактовке термина «образовательные результаты будущего инженера-строителя». В частности, долгое время большинство преподавателей и работодателей оценивали успехи студентов только по среднему баллу диплома. Мы будем придерживаться общепринятого в современном педагогическом сообществе *компетентностного подхода*. В педагогическом словаре [2] говорится, что *компетенция* – требования к профессиональной подготовке, регламентирующиеся образовательными стандартами, безотносительные к личности студента; круг вопросов, в котором инженер-строитель обладает опытом; совокупность взаимосвязанных качеств личности, знаний, умений, навыков, необходимых для качественной продуктивной деятельности. *Компетентность* – владение специалистом компетенцией, обобщающее понятие знаний, мотивационной готовности, личностного опыта, способность к решению профессиональных задач, вид компетенции, обеспечивающей построение научно-обоснованных прогнозов в ходе деятельности на рабочем месте [3]. Компетенции выпускника вуза внесены в образовательные стандарты, а уровень требуемой компетентности работника регламентируется профессиональными стандартами.

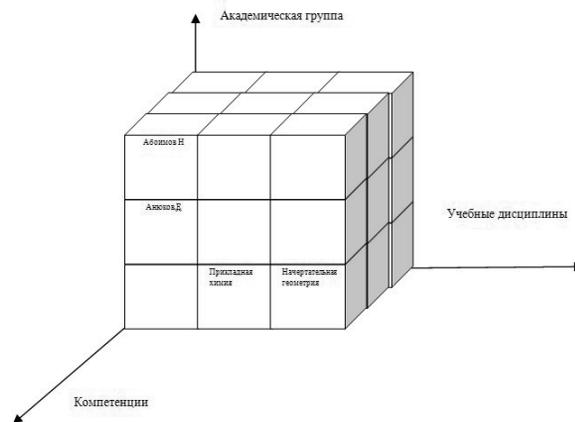


Рис. 1. OLAP-куб «Образовательные результаты будущих инженеров-строителей»

Для более эффективного представления информации воспользовались OLAP-кубом. OLAP (On-Line Analytical Processing) – технология оперативной аналитической обработки данных, использующая методы и средства для сбора, хранения и анализа многомерных данных в целях поддержки процессов принятия решений [4].

Основным инструментом выбрали редактор таблиц MS Excel (с рядом необходимых расширений и надстроек для анализа данных). В качестве измерения в созданном многомерном кубе выбрали следующие: «Академическая группа» (мера – список студентов), «Учебные дисциплины» (мера – оценка за экзамен, за прохождение практики, за курсовой проект либо отметка «зачтено»), «Компетенции» [4] (рис.1).

Составляя предварительный перечень показателей базовой модели, использовали предложенный Н. О. Васильевой [1] «профиль компетенций», представляющий собой гистограмму, показывающую, какую долю занимала каждая из компетенций инженеров-строителей, с целью создания концептуальной модели ОР, при составлении предварительного перечня показателей базовой модели. В качестве исходных данных взяли информацию о формируемых компетенциях инженеров-строителей в виде логического квадрата компетенций, фрагмент представлен в таблице 1.

В данной таблице обозначены компетенции, которые формируются в ходе изучения каждой из дисциплин. Весовой коэффициент развития компетенции рассчитывали по формуле [1]:

Таблица 1.

Фрагмент «Логического квадрата компетенций будущего инженера-строителя»

№	Дисциплина	ЗЕТ	УК-1	УК-2	УК-3	УК-4	УК-5	...	УК-7	УК-8	УК-9	ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3
1	2	3	4	5	6	7	8	...	10	11	12	13	14	15
1	История	3		1				...						
2	Философия	3	1	1				...	1					
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
77	Экономика	3			1			...	1					

$$K_{\text{компетенции}} = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} a_j \times V_j}{\sum_{j=1}^{j=N} a_j \times V_j}, \quad (1)$$

где –  $K_{\text{компетенции}}$  – весовой коэффициент индивидуальной компетенции;  $a_j$  – количество дисциплин или практик;  $V_j$  – количество зачетных единиц по дисциплине или практике;  $n$  – число учебных дисциплин и практик, обеспечивающих единичную компетенцию;  $N$  – все учебные дисциплины и практики, включенные в основную профессиональную образовательную программу.

Нашли количество зачетных единиц, затрачиваемых студентом на освоение каждой из компетенций, фрагмент расчетов представлен на рис. 2.

Для расчета весовых коэффициентов нашли сумму по каждой строке и каждому столбцу. Фрагмент таблицы с результатами промежуточных расчетов представлен на рис. 3.

Собрали экспериментальную информацию об экзаменационных баллах 102 студентов, которые обучаются по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, фрагмент эмпирических данных представлен в таблице 2.

В таблице зачёты условно оценили 100 баллами по шкале ECTS, т.к. нет другой информации о реальных достижениях студентов в ходе обучения. Все фамилии студентов изменены с использованием автоматизированной системы генерации имён и фамилий, с целью сохранения персональных данных.

Для расчёта индивидуального профиля компетенций студента воспользуемся формулой:

BK9 = \$D9*W9									
A	B	C	D	W	X	Y	BK	BL	BM
1	Семестр	Дисциплина	ЗЕТ	ПК-1	ПК-2	ПК-3	ПК-1	ПК-2	ПК-3
3	1	Инженерная геодезия	4				0	0	0
4	1	История	5	1	1	1	5	5	5
5	1	История отрасли и введение в специальность	3				0	0	0
6	1	Основы строительной отрасли	2				0	0	0
7	1	Философия	3	1	1		3	3	0
8	1	Химия	3	1	1	1	3	3	3
9	1	Этика и эстетика	2				0	0	0
11	2	Информатика	2	1	1		2	2	0

Рис. 2. Фрагмент расчетов времени, затраченного студентами СНП на освоение единичных компетенций

CZ9 = BK9*BK\$79										
A	B	C	D	BK	BL	BM	CG	CZ	DA	DB
1	Семестр	Дисциплина	ЗЕТ	ПК-1	ПК-2	ПК-3	сумма	ПК-1	ПК-2	ПК-3
3	1	Инженерная геодезия	4	0	0	0	8	0,0000	0,0000	0,0000
4	1	История	5	5	5	5	25	0,2381	0,2597	0,1623
5	1	История отрасли и введение в специальность	3	0	0	0	9	0,0000	0,0000	0,0000
6	1	Основы строительной отрасли	2	0	0	0	8	0,0000	0,0000	0,0000
7	1	Философия	3	3	3	0	30	0,1429	0,1558	0,0000
8	1	Химия	3	3	3	3	39	0,1429	0,1558	0,0974
9	1	Этика и эстетика	2	0	0	0	8	0,0000	0,0000	0,0000
11	2	Информатика	2	2	2	0	8	0,0952	0,1039	0,0000

Рис. 3. Фрагмент расчета весовых коэффициентов единичных компетенций будущего инженера-строителя

Таблица 2.

Рейтинговые оценки студентов-строителей по ряду дисциплин (фрагмент)

№	ФИО	Инженерная гео-дезия	История	История отрасли	Философия	Химия	Этика и эстетика	Инженерная и компьютерная графика	Информатика	Межкультурные коммуникации	Механика
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Абоимов Н.Ф.	65	75	75	76	78	100	75	75	74	75
2	Абросимов П.Н.	60	60	60	66	67	100	64	64	60	60
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
102	Авдошкин В.С.	74	75	75	75	85	100	74	74	90	70

$$C_{инд.} = \sum_{j=1}^{j=n} K_j \times E_j, \quad (2)$$

где  $C_{инд.}$  – уровень развития индивидуальной компетенции студента из перечня: УК–1 - УК–9, ОПК–1 - ОПК–9, ПК–1 - ПК–22;  $K_j$  – весовой коэффициент индивидуальной компетенции;  $E_j$  – оценка студента за экзамен, зачёт или результат прохождения практики.

Объединив информацию, содержащуюся в табл. 2 и на рис. 3, с использованием формулы (2) получили индивидуальный профиль компетенций каждого студента строительного вуза, фрагмент представлен на рис. 4.

Полученная организованная база прогнозной информации позволила проверить динамику развития компетенций по семестрам (Прил. С, табл. С. 5),

AS6     fx     =ИНДЕКС(\$D\$2:\$AQ\$2;ПОИСКПОЗ(AT6;D6:AQ6;0))

№	Группа	ФИО	УК-1	УК-8	УК-9	ОПК-5	ПК-12	ПК-13	ПК-14	ПК-15	ПК-21	ПК-22	Средн	Ведущая	Макс
1	2	2	3	10	11	16	32	33	34	35	41	42	43	44	
4	1	Абоимов Н.Ф.	90,9	90,3	75,2	94,4	83,9	72,1	68,2	93,0	81,9	74,5	77,4	ОПК-5	94,4
5	2	Абросимов П.Н.	86,2	90,3	70,4	88,5	80,7	71,6	65,4	88,1	78,5	73,8	73,1	УК-8	90,3
6	3	Абросимов Т.А.	90,9	91,2	89,6	96,7	93,6	73,0	73,8	98,9	84,0	74,2	82,4	ПК-15	98,9
7	4	Авдошкин В.С.	87,6	92,2	77,5	94,3	87,1	74,6	70,8	93,9	83,5	75,1	80,2	ОПК-5	94,3

Рис. 4. Фрагмент одного из срезов OLAP-куба «Профиль компетенций будущего инженера-строителя»

Таблица 3.

Динамика развития компетенций студентов-строителей

Семестр	2			3			4			5	
Результат	сред	макс	мин	сред	макс	мин	сред	макс	мин	сред	макс
Компетенции											
УК-1	14	16	12	14	16	12	14	16	12	41	44
УК-2	0	0	0	0	0	0	22	27	18	52	57
....	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
УК-4	0	0	0	58	76	48	58	76	48	58	76

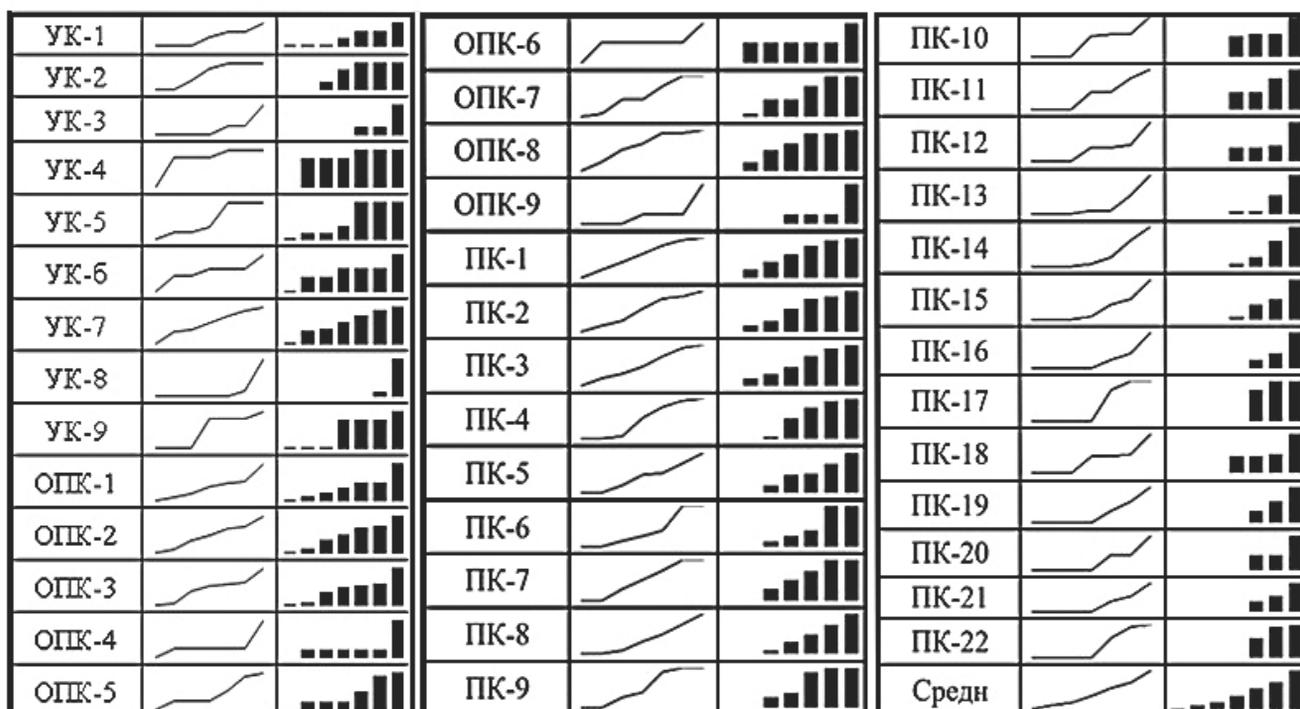


Рис. 5. Динамика образовательных результатов студента СНП, в виде спарклайнов

оценив сформированность каждой компетенции по шкале 0-100 баллов, вычислить минимальный, максимальный и средний баллы, фрагмент представлен в табл. 3, результат представили в виде рис. 5.

Видим, что нет линейного формирования образовательных результатов (кроме среднего значения компетентности). Из построенного профиля компетенций можем сделать вывод, что компетенции (универсальные в первую очередь) формируются на достаточном уровне (60% и выше) у сильных студентов не ранее конца второго курса.

### ВЫВОДЫ

Полученный формат представления собранной эмпирической информации удобен, т.к. позволяет эффективно анализировать образовательные результаты. В частности, данный OLAP-куб позволил подобрать эффективное время для составления прогнозов при интеллектуальной обработке данных:

*После зимней сессии на втором курсе обучения студентов можно проводить прогнозирование среднего уровня компетентности в строительной отрасли*

и способности использовать основы правовых знаний в различных сферах жизнедеятельности (УК–4); способности работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (УК–6); владения основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ОПК–5); способности осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК–6); знания нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест (ПК–1).

*После летней сессии на втором курсе* обучения студентов можно проводить прогнозирование способности анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции (УК–2); способности к самоорганизации и самообразованию (УК–7); способности использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК–1); способности выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК–2); владения основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей зданий, сооружений, конструкций, составления конструкторской документации и деталей (ОПК–3); готовностью к работе в коллективе, способности осуществлять руководство коллективом, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества производственного подразделения (ОПК–7); умения использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности (ОПК–8); владения методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования (ПК–2); способности проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК–3); способности проводить анализ технической и экономической эффективности работы производственного

подразделения и разрабатывать меры по ее повышению (ПК–7); способности вести подготовку документации по менеджменту качества и типовым методам контроля качества технологических процессов на производственных участках, организацию рабочих мест, способности осуществлять техническое оснащение, размещение и обслуживание технологического оборудования, осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины, требований охраны труда и экологической безопасности (ПК–9).

*После зимней сессии третьего курса* можно проводить прогнозирование способности использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (УК–1); способности к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранных языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (УК–5); способности использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций (УК–9); владения эффективными правилами, методами и средствами сбора, обмена, хранения и обработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией (ОПК–4); владения одним из иностранных языков на уровне профессионального общения и письменного перевода (ОПК–9); знания организационно-правовых основ управленческой и предпринимательской деятельности в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства, основ планирования работы персонала и фондов оплаты труда (ПК–10); владения методами осуществления инновационных идей, организации производства и эффективного руководства работой людей, подготовки документации для создания системы менеджмента качества производственного подразделения (ПК–11); способности разрабатывать оперативные планы работы первичных производственных подразделений, вести анализ затрат и результатов производственной деятельности, составление технической документации и установленной отчетности по утвержденным формам (ПК–12); знания научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности (ПК–13); владения методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования, в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владения методиками испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам (ПК–14); способности составлять отчеты по выполненным работам, участвовать во внедрении результатов исследований и практических разработок (ПК–15); владения методами мониторинга и оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных объектов и объектов жилищно-коммунального хозяйства, строительного и жилищно-коммунального оборудования (ПК–18); способности участвовать в проектировании

и изыскании объектов профессиональной деятельности (ПК–4); знания требований охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды при выполнении строительно-монтажных, ремонтных работ и работ по реконструкции строительных объектов (ПК–5); способности осуществлять и организовывать техническую эксплуатацию зданий, сооружений, объектов жилищно-коммунального хозяйства, обеспечивать надежность, безопасность и эффективность их работы (ПК–6); владения технологией, организацией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, технического обслуживания, ремонтов, реконструкции и ликвидации зданий и сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования (ПК–8).

По окончании третьего курса можно проводить прогнозирование способности использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности (УК–3); владения методами опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения (ПК–17); способности организовать профилактические осмотры, ремонт, приемку и освоение вводимого оборудования, составлять заявки на оборудование и запасные части, готовить техническую документацию и инструкции по эксплуатации и ремонту оборудования, инженерных систем (ПК–19); способности осуществлять организацию и планирование технической эксплуатации зданий и сооружений, объектов жилищно-коммунального хозяйства с целью обеспечения надежности, экономичности и безопасности их функционирования (ПК–20); знания основ ценообразования и сметного нормирования в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, способности разрабатывать меры по повышению технической и экономической эффективности работы строительных организаций и организаций жилищно-коммунального хозяйства (ПК–21); способности к разработке мероприятий по повышению инвестиционной привлекательности объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства (ПК–22).

Только после зимней сессии на четвёртом курсе можно проводить прогнозирование способности использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (УК–8); знания правил и технологии монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию и эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов, объектов жилищно-коммунального хозяйства, правил приемки образцов продукции, выпускаемой предприятием (ПК–16).

### ПЕРСПЕКТИВЫ ПОСЛЕДУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В дальнейшем планируем составить систему уравнений, позволяющую вычислять образовательные результаты по имеющимся экзаменационным баллам, с использованием множественной регрессии, а также

проведём экспериментальную проверку найденного времени для создания прогнозов. Также данное исследование станет частью диссертационной работы «Прогнозирование образовательных результатов будущих инженеров-строителей средствами вычислительной педагогики».

### Список литературы

1. Н. О. Васильева, Оценка образовательных результатов студентов на основе модели компетенций / Н. О. Васильева // *Современные проблемы науки и образования*. – 2017. – № 6.
2. Г. М. Коджаспирова, Словарь по педагогике / Г. М. Коджаспирова, А. Ю. Коджаспиров. – М. : Издательский центр «МарТ», 2005. – 448 с.
3. С. А. Тарасова, Формирование профессиональной компетенции у студентов медицинского вуза (на примере изучения математических дисциплин): дисс. ... к. пед. н. (13.00.08) / С. А. Тарасова. – Курск, 2017. – 156 с.
4. Ю. А. Ташкинов, Моделирование образовательных результатов будущих инженеров-строителей с использованием технологии многомерной аналитики в MS Excel // *Научная сокровищница образования Донетчины*. – № 2. – 2019. – С. 33-38.
5. Ю. А. Ташкинов, Моделирование сформированности прогностической компетенции инженера-строителя с использованием интеллектуальных систем / Ю. А. Ташкинов // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. – Макеевка, ДОННАСА, 2019. – № 135. – С.59-63.
6. Ю. А. Ташкинов, Обзор возможностей Education Data Mining, как эффективного средства педагогического прогнозирования в профессиональном образовании / Ю. А. Ташкинов // *Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности*. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2019. – С. 317-319.
7. R. S. Baker Educational Data Mining and Learning Analytics / R. S. Baker, P. S. Inventado // *Learning Analytics*. – 2014. – pp. 61-75. – doi: 10.1007/978-1-4614-3305-7\_4.
8. A. Dutt A Systematic Review on Educational Data Mining / A. Dutt, M. A. Ismail and T. Herawan. – vol. 5. – 2017. – pp. 15991-16005. – doi: 10.1109/ACCESS.2017.2654247.
9. C. Romero Handbook of Educational Data Mining / C. Romero, S. Ventura, M. Pechenizkiy, R. S. J. D. Baker. – New York: CRC Press, 2011. – 526p.