

УДК 658.562

В. В. Мирошников, Е. А. Митрошенкова

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПРИ КОМПЕТЕНТНОСТНОМ ПОДХОДЕ

Описаны методика анализа состава компетенций, процесс построения и анализа матричной модели основной образовательной программы, использование метода анализа иерархий для определения содержания компетенций. Предложены методика определения уровня развития компетенций студентов и автоматизированная система мониторинга.

Ключевые слова: компетенции студентов, компетентностный подход, метод анализа иерархий, матричная модель ООП, программная система мониторинга, качество обучения.

На современном этапе развития высшего профессионального образования в России происходит изменение самой парадигмы образования. Сегодня требования работодателей формируются не только и не столько в формате знаний выпускников, сколько в терминах способов деятельности («умения», «способность», «готовность» и пр.). Практикой востребованы результаты высшего образования не в виде того, что знает выпускник вуза, а в форме его практической готовности (или способности) к деятельности в типовых и нестандартных ситуациях профессиональной жизни. Речь идет об особых образовательных результатах – о профессиональной компетентности. Поэтому в нашей стране в последнее время развернулась большая работа по реализации компетентностного подхода в профессиональном образовании. При этом возникает много проблем. Одна из самых сложных – проблема измерения компетенций (как оценить достигнутый в процессе обучения уровень компетенции студента). Дело в том, что компетентность шире привычных понятий «знания», «умения», «навыки», хотя и включает их в себя.

В связи с этим в данной статье предлагается система анализа, оценки и мониторинга компетенций, приобретаемых студентами в процессе обучения в вузе, которая включает в себя следующие элементы.

Анализ состава компетенций. Компетентность выпускника вуза должна оцениваться по полному составу требуемых в основной образовательной программе (ООП) компетенций. В ней должны быть учтены требования всех заинтересованных сторон: государства, региона, работодателей, вуза, выпускников и профессионального сообщества. Полный состав необходимых компетенций выпускника складывается из следующих групп компетенций: базовые компетенции ФГОС ВПО по направлению подготовки; компетенции, сформулированные профессорско-преподавательским составом вуза; компетенции, требуемые основными работодателями; компетенции, определенные из регионального заказа на подготовку специалистов данного профиля; компетенции, необходимые молодому специалисту по отзывам выпускников, имеющих 3-5 лет стажа работы по данной специальности; компетенции, рекомендуемые экспертами профессионального сообщества с учетом тенденции развития науки и техники в данной области. Методика проведения данного анализа приведена в работе [1].

Построение и анализ матричной модели ООП. Для анализа основной образовательной программы, которая представляет собой сложный по структуре интегрированный документ, соединяющий в себе компетенции и формирующие их дисциплины, предлагается использовать матричную предметно-компетентностную модель ООП [2; 3]. Эта модель представляет собой матрицу, в строках которой размещены наименования изучаемых дисциплин, а в столбцах – формируемые ими компетенции (коды).

В связи с большим размером данной модели ниже приведено компактное формализованное представление матричной модели на примере ООП подготовки по направлению СПО «Программирование в компьютерных системах»:

$$M = \begin{pmatrix} c_{1.1} & c_{2.1} & c_{3.1} & c_{4.1} & c_{5.1} \\ c_{1.2} & c_{2.2} & c_{3.2} & c_{4.2} & c_{5.2} \\ c_{1.3} & c_{2.3} & c_{3.3} & c_{4.3} & c_{5.3} \\ c_{1.4} & c_{2.4} & c_{3.4} & c_{4.4} & c_{5.4} \end{pmatrix} \quad (1)$$

где $c_{1.1}$ – содержание 1-й компетенции, осваиваемое при изучении 1-й дисциплины; $c_{2.4}$ – содержание 2-й компетенции, осваиваемое при изучении 4-й дисциплины; $c_{5.4}$ – содержание 5-й компетенции, осваиваемое при изучении 4-й дисциплины, и т.д.

Данная модель используется для определения предметного поля компетенций. Для этого элементам матрицы C_{ij} ($i=1, 2, \dots, k; j=1, 2, \dots, u$) присваиваются значения: $C_{ij} = 1$, если дисциплина i участвует в формировании компетенции j ; $C_{ij} = 0$, если дисциплина i не участвует в формировании компетенции j . Анализ матричной модели дает возможность выявить недостатки ООП с точки зрения компетентностного подхода.

Фрагмент матричной модели ООП специальности 230115 «Программирование в компьютерных системах» представлен в табл. 1, где ОП – это обязательные дисциплины, изучаемые по направлению подготовки (например, ОП.01 – «Операционные системы»; ОП.02 – «Архитектура компьютерных систем»; ОП.03 – «Технические средства информатизации» и т.д.), ОК – общие компетенции (например, ОК 1 – «Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес»; ОК 2 – «Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество» и т.д.), ПК – профессиональные компетенции, которые должны быть сформированы у обучающихся студентов (например, ПК 1.1 – «Выполнять разработку спецификаций отдельных компонент»; ПК 1.2. – «Разрабатывать объекты базы данных» и т.д.).

Таблица 1

Фрагмент матричной модели ООП

Компетенции	Дисциплины							
	ОП.01	ОП.02	ОП.03	ОП.04	ОП.05	ОП.06	ОП.07	...
ОК 1	1	1	1	1	1	1	1	
ОК2	1	1	1	1	1	1	1	
ОК3	1	1	1	1	1	1	1	
ОК4	1	1	1	1	1	1	1	
ОК5	1	1	1	1	1	1	1	
ОК-6	1	1	1	1	1	1	1	
ОК7	1	1	1	1	1	1	1	
ОК8	1	1	1	1	1	1	1	
ОК9	1	1	1	1	1	1	1	
ОК10	1	1	1	1	1	1	1	
ПК1.1		1			1			
ПК1.2		1	1		1			
ПК1.3	1				1			
...								

Анализ табл. 1 позволяет определить предметное поле каждой из компетенций. Из матричной модели видно, что одна дисциплина участвует в формировании нескольких компетенций, поэтому встает вопрос, каким образом оценить долю каждой из дисциплин в формировании компетенции.

Оценка доли каждой дисциплины в формировании компетенции. Для решения этой задачи предлагается применить метод анализа иерархий Саати [4; 7; 8].

В соответствии с этим методом для каждого столбца матричной модели ООП (1) строится одноуровневая иерархия, представленная схемой на рис. 1.

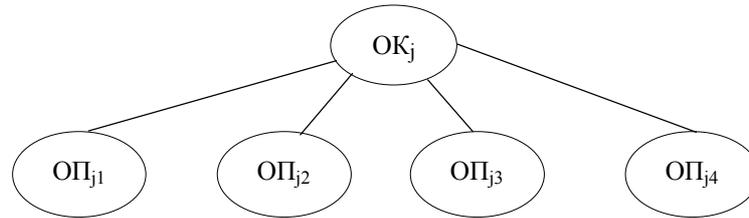


Рис.1. Иерархическая схема предметного поля компетенции

После построения иерархии (рис.1) проводим экспертным путем сравнение значимости ее элементов с помощью матрицы парных сравнений.

$$A_j = \| a_{ij} \|; a_{ij} = \varphi_i / \varphi_j,$$

где φ_i, φ_j – соответственно веса относительной важности дисциплины i при формировании компетенции j , которые определяют при попарном сравнении в терминах доминирования одной дисциплины над другой в соответствии со шкалой отношений суждений экспертов [4]. Данная шкала позволяет аналитику ставить в соответствие степени предпочтения (доминирования) некоторое число от 1 до 9. Пример формирования матрицы парных сравнений компетенций на основе иерархии:

	0	0	0	0
	φ	φ	φ	φ
	φ	φ	φ	φ
	φ	φ	φ	φ
	φ	φ	φ	φ

После построения матрицы парных сравнений проводится ранжирование элементов нижнего уровня иерархии (рис.1). Это ранжирование осуществляется на основании вектора приоритетов $X = (x_1, x_2, \dots, x_4)$, который определяется как главный собственный вектор матрицы парных сравнений A_j из равенства [5]

$$A_j \cdot X = \lambda_{\max} X,$$

где λ_{\max} – максимальное собственное значение матрицы A_j .

Главный собственный вектор X вычисляется методом последовательных итераций по формуле

$$X = \left(\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{[A_j]^m}{\varepsilon^T [A_j]^m \varepsilon} \right) \frac{1}{C}, \tag{2}$$

где $m = 1, 2, 3, \dots$ показатель степени, в которую возводится матрица A_j ; T – знак транспонированного вектора (матрицы); $\varepsilon = \{1, 1, 1, \dots, 1\}^T$ – единичный вектор (транспонированный); C – константа.

Вычисление собственного вектора X по формуле (2) проводится до достижения заданной точности

$$\varepsilon^T \cdot |X_m - X_{m-1}| \leq \varepsilon,$$

где X_m, X_{m-1} – значения собственного вектора, рассчитанные соответственно на m и $(m - 1)$ шагах итерации; ε – заданная точность итерационного процесса.

Максимальное собственное значение матрицы A_j вычисляется по формуле

$$\lambda_{\max} = e^T \cdot A_j \cdot X.$$

Таким образом получаем вектор приоритетов $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, составляющие x_{ij} которого определяют долю каждой дисциплины i в формировании компетенции j .

Оценка уровня компетенций, приобретенных студентами в процессе обучения в вузе. Поскольку деятельность студентов и уровень их знаний и навыков в настоящее время характеризуются получаемыми в ходе обучения оценками, то на первом этапе предлагается определять уровень развития компетенции по оценкам, полученным студентами в течение обучения, по следующей формуле [6]:

$$K_{\text{код комп.}} = \frac{\sum_{i=1}^{n-(13-N)} O_i \cdot T_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N T_i}, \quad (3)$$

где T_i – трудоемкость изучения i -й дисциплины из рабочего учебного плана направления подготовки; N – число дисциплин, которые формируют данную компетенцию; n – число изученных студентом дисциплин из предметного поля компетенции на данный момент времени; O_i – оценка уровня развития компетенции, освоенной студентом после изучения i -й дисциплины; x_i – доля дисциплины i в формировании компетенции j .

Данная формула позволяет отразить динамику освоения компетенции студентом.

Для вычисления уровня развития компетенции по оценкам, полученным студентом по дисциплине, предлагается формула

$$O_i = \sum_{l=1}^L \left(\frac{\sum_{j=1}^k \lambda_j \cdot T_j + \lambda_{\text{lab}} \cdot T_j + \lambda_{\text{kurs}} \cdot T_j + \lambda_{\text{pract}} \cdot T_j}{\sum_{j=1}^k \lambda_j^{\max} \cdot T_j} \right), \quad (4)$$

где L – количество семестров, в течение которых изучается дисциплина; k – количество видов занятий по данной дисциплине в течение l -го семестра (лекции, лабораторные, курсовые и т.д.); T_j – трудоемкость j -го вида занятий, проведенных в l -м семестре, измеряемая в часах из рабочего учебного плана; λ_j – оценка, полученная студентом на экзамене или зачете по дисциплине (экзамен, курсовые работы, лабораторные и практические работы могут принимать оценки 0, 3, 4, 5, зачет - 0 (не сдан), 1 (сдан); для СПО принимается дифференцированный зачет, который может принимать оценки 0, 3, 4, 5); λ_{lab} – средняя оценка выполнения лабораторных работ; λ_{kurs} – оценка, полученная за курсовую работу; λ_{pract} – оценка, полученная за учебную или производственную практику; λ_j^{\max} – максимально возможная оценка j -го вида занятий (максимально возможной оценкой каждого вида занятий является оценка 5).

В рабочих программах дисциплин должны быть определены все виды компетенций: базовые (из ФГОС), дополнительные (из вариативной части ООП), компетенции по выбору студентов. Для каждой из компетенций должны быть определены результаты освоения: знания («Должен знать»), умения («Должен уметь»), навыки («Должен владеть»). При этом по каждому из этих элементов должно быть несколько позиций.

В связи с изложенным на следующем этапе (по мере разработки и освоения рабочих программ дисциплин) уровень развития компетенций предлагается определять по формуле

$$O_i = \frac{\sum_{a=1}^A Z_a + \sum_{b=1}^B Y_b + \sum_{d=1}^D H_d}{AZ_{\max} + BY_{\max} + DH_{\max}}, \quad (5)$$

где Z_a – уровень развитости компонента «Должен знать» компетенции; Y_b – уровень развитости компонента «Должен уметь» компетенции; H_d – уровень развитости компонента «Должен владеть» компетенции; A – количество позиций раздела требований «Должен знать» в результатах освоения компетенции из рабочей программы дисциплины; B – количество позиций раздела требований «Должен уметь» в результатах освоения компетенции из рабочей программы дисциплины; D – количество позиций раздела требований «Должен владеть» в результатах освоения компетенции из рабочей программы дисциплины;

$Z_{\max}, Y_{\max}, H_{\max}$ – максимально возможные значения уровня развитости знаний, умений, навыков.

Для оценки уровня развитости компонентов Z_a, Y_b и H_c , а также максимально возможных значений $Z_{\max}, Y_{\max}, H_{\max}$ предлагается использовать табл. 2.

Таблица 2

Уровни развитости компетенции

Индекс уровня	Описание уровня
Уровень развитости компонента компетенции «Должен знать»	
2	Узнавание изученных объектов, свойств, процессов при повторном восприятии ранее усвоенной информации о них. Представление об их принадлежности к определенной области действительности, знание источников получения более подробной информации (знания-ориентирование)
3	Самостоятельное воспроизведение по памяти в устной и письменной форме изученного материала. Демонстрация понимания смысла воспроизводимых знаний (знания-копии)
4	Воспроизведение и понимание полученных знаний. Способность представить их в виде логически завершенных элементов, составляющих единое целое, указать на общность и различие изученных методов, способов, приемов, алгоритмов (аналитические знания)
5	Воспроизведение и понимание полученных знаний. Способность проанализировать их с системных позиций, оценить полноту и связь со смежными областями знаний, дать оценки степени идеализации, точности, корректности, пределов применимости определений, понятий, законов и т.п. (системные знания)
Уровень развитости компонента компетенции «Должен уметь»	
2	Умение выполнять предписанные действия с опорой на инструкцию (заданный алгоритм) в известной и неизменяющейся ситуации (первичные умения)
3	Умение самостоятельно выполнять типовые действия, требующие выбора методов из числа известных, в предсказуемо изменяющейся ситуации (репродуктивные умения)
4	Умение выполнять действия, связанные с решением нестандартных задач, предполагающих многообразие способов решения, требующих выбора, комбинации и трансформации известных методов, в том числе в непредсказуемо изменяющейся ситуации (продуктивные умения)
5	Умение выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, предполагающих получение нового знания, требующих разработки информационных подходов и методов решения (исследовательские умения)
Уровень развитости компонента компетенции «Должен владеть»	
2	Однократное выполнение предписанных инструкцией действий в известной и неизменяющейся ситуации
3	Неоднократное самостоятельное выполнение типовых действий в предсказуемо изменяющейся ситуации
4	Многократное самостоятельное выполнение действий, связанных с решением нестандартных задач в учебной, производственной и общественной деятельности
5	Многократное самостоятельное выполнение действий, связанных с решением творческих и исследовательских задач в учебной, производственной и общественной деятельности

Система оценки и мониторинга уровня компетентности студентов. Общая схема оценки и мониторинга уровня компетенций, приобретаемых студентами, представлена на рис. 2.

Для реализации мониторинга в качестве входной информации используются:

- основная образовательная программа подготовки по специальности;

- информация об успеваемости студента: текущая успеваемость по изучаемым дисциплинам, а также оценки рубежного и итогового контроля (оценка за зачет, экзамен);
- учебный план, содержащий информацию по распределению изучаемых дисциплин в течение всего процесса обучения и объемы часов, выделенных на изучение конкретных дисциплин, с распределением по видам занятий (лекции, лабораторные, самостоятельная работа, курсовая работа, учебная и производственная практики);
- информация о студенте: личные данные, специальность, курс, группа;
- предметное поле компетенции, содержащее набор компетенций и дисциплин, их формирующих.



Рис. 2. Общая схема оценки и мониторинга уровня компетенций

Итогами обработки представленных данных являются:

- личная карта компетентности студента, отражающая уровень развития у конкретного студента всех компетенций, осваиваемых в процессе обучения;
- уровень сформированности компетенций, показывающий, насколько хорошо сформирована конкретная компетенция, осваиваемая в процессе обучения.

Декомпозиция процесса оценки и мониторинга уровня компетенций представлена на рис. 3.

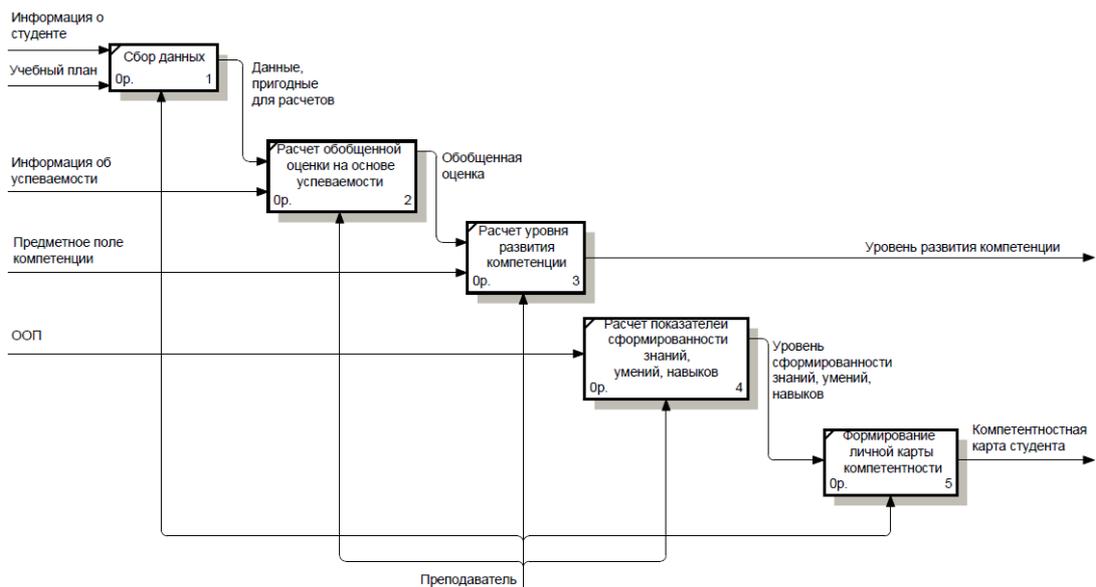


Рис. 3. Декомпозиция процесса оценки и мониторинга уровня компетенций

Программная система оценки и мониторинга уровня освоения компетенции студентом. На основе формул (3), (4) и (5) и моделей (рис. 2, 3) разработана программная система, представляющая результаты мониторинга освоения компетенций в форме личной

карты компетентности студента. Данная карта показывает уровень освоения студентом всех компетенций в процессе обучения по выбранной ООП. Построение личной карты компетентности позволяет определить, насколько полно конкретный студент освоил учебную программу выбранного направления подготовки, а также наглядно представить качество полученных результатов в виде уровня освоения сформированных компетенций.

Для разработки автоматизированной системы в рамках программы Microsoft BizS-park была получена подписка для облака Windows Azure, в которой была реализована архитектура приложения (рис. 4).

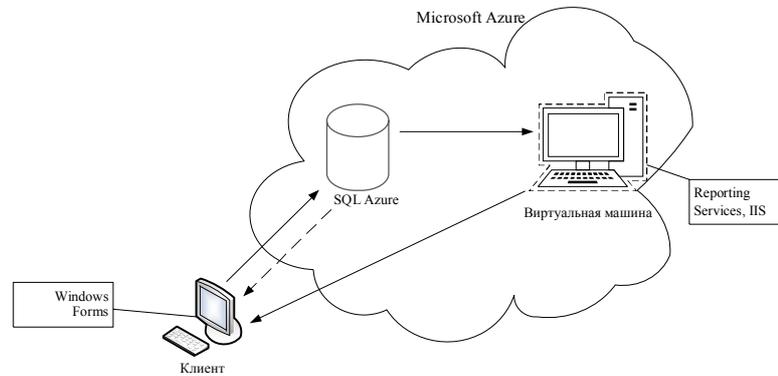


Рис. 4. Архитектура программной системы

Архитектура программной системы состоит из следующих компонентов:

- базы данных SQL Azure, содержащей необходимую для мониторинга информацию;
- виртуальной машины, на которой развернуты web-сервер IIS, обрабатывающий запросы пользователей, и служба Reporting Services;
- приложения, созданного с использованием интерфейса программирования приложений (API) Windows Forms.

Одним из основных компонентов программной системы является база данных, содержащая необходимые для мониторинга данные о студентах и их успеваемости. Фрагмент структуры базы данных представлен на рис. 5.

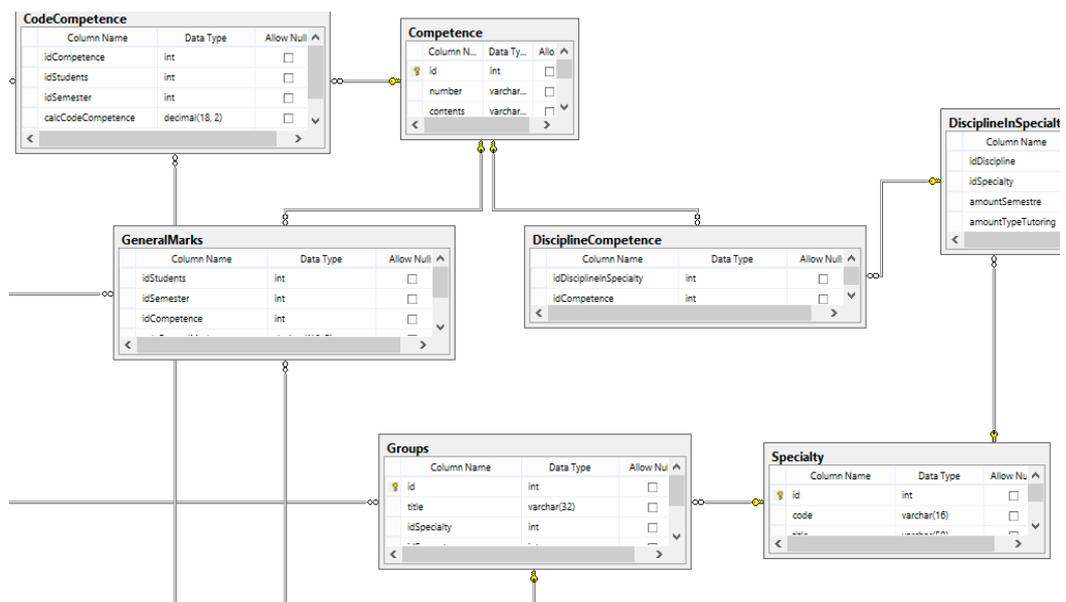


Рис. 5. Фрагмент базы данных программной системы

База данных состоит из 17 таблиц, содержащих необходимую для мониторинга информацию. Три таблицы являются служебными, хранящими информацию, необходимую

для корректной работы приложения. В остальных таблицах базы данных содержится информация следующего характера:

- AcademicPerformance: средняя оценка по лабораторным работам, сумма оценок, произведение средней оценки на трудоемкость определенного типа занятий, произведение максимальной оценки на трудоемкость типа занятий. Реализована связь с таблицами Students, Discipline, Semester, TypeTutoring.
- CodeCompetence: значение кода компетенции ($K_{\text{код комп.}}$) для конкретного студента по определенному семестру.
- DisciplineCompetence: информация из предметного поля компетенции.
- GeneralMarks: рассчитанное значение O_i для конкретного студента по определенной компетенции.

Апробация системы. Для апробации разработанной системы были использованы входные данные о студенте и дисциплинах, изучаемых студентами в процессе обучения по специальности СПО 09.02.03 (230115) «Программирование в компьютерных системах», формирующих профессиональную компетенцию ПК 1.1 «Выполнять разработку спецификаций отдельных компонент». Дисциплины (табл. 3) взяты из матричной модели ООП.

Таблица 3

Входные данные о трудоемкости дисциплин для информационной системы

Наименование дисциплины	Кол-во семестров	Трудоемкость j-го вида занятий						
		1 семестр		2 семестр		3 семестр		
		Лекции	Лабораторные	Лекции	Лабораторные	Лекции	Лабораторные	Курсовая работа
Прикладное программирование (ПП)	3(5,6,7)	34	30	31	26	36	30	30
Системное программирование (СП)	2 (6, 7)	20	18	28	20			
Основы программирования (ОП)	2 (3, 4)	56	40	46	56			
Элементы математической логики (ЭМЛ)	1 (4)	38	30					
Теория алгоритмов (ТА)	1 (3)	34	30					
Теория вероятностей и математическая статистика (ТВиМС)	2 (3,4)	30	18	18	16			
Технические и программные средства обработки информации (ТиПС)	2 (3,4)	12	20	38	30			

Также в качестве входных данных были использованы данные об успеваемости студента по указанным дисциплинам (табл. 4).

Таблица 4

Входные данные об успеваемости студента

Наименование дисциплины	Первый семестр		Второй семестр		Третий семестр		
	Оценка за зачет/экзамен	Средняя оценка за лаб. работы	Оценка за зачет/экзамен	Средняя оценка за лаб. работы	Оценка за зачет/экзамен	Средняя оценка за лаб. работы	Оценка за курсовой проект
ПП	3	3,6	4	4	4	3,5	3
СП	4	4,4	4	4,2			
ОП	3	3,3	3	3,3			
ЭМЛ	3	3,67					
ТА	5	4,3					
ТВиМС	4	3,87	3	4,2			
ТиПС	3	3,14	4	3,2			

В итоге работы программной системы получены следующие результаты:

Семестр	3	3+4	3+4+5	3+4+5+6	3+4+5+6+7
Значение уровня развития компетенции	0,74	0,71	0,7	0,72	0,72

Описанные методика и программное обеспечение в дальнейшем будут подвергнуты расширению путем добавления и доработки нового функционала с учетом исследований [7; 8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирошников, В. В. Методика структурного анализа компетенции студентов /В. В. Мирошников, И. Г. Манкевич, О. А. Горленко//Вестник Брянского государственного технического университета. – 2013. – №4 (40). – С. 177-184.
2. Богословский, В. А. Методические рекомендации по проектированию оценочных средств для реализации многоуровневых образовательных программ ВПО при компетентностном подходе / В.А. Богословский, Е.В. Караваева, Е.Н. Ковтун, О.П. Мелехова, С.Е. Родионова, В.А. Тарлыков, А.А. Шехонин. –М.: Изд-во МГУ, 2007. – 148 с.
3. Мирошников, В.В. Исследование деятельности и разработка профессиональных стандартов в области управления качеством продукции: учеб. пособие / В.В. Мирошников, А.Н. Кукареко, Т.В. Школина; под ред. О.А. Горленко. – Брянск: БГТУ, 2012. – 128 с.
4. Саати, Т. Аналитическое планирование /Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
5. Андрейчиков, А. В. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике: математические, эвристические и интеллектуальные методы системного анализа и синтеза инноваций: учеб. пособие/ А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М.: Либриком, 2012. – 304 с.
6. Мирошников, В. В. Мониторинг качества обучения студентов при компетентностном подходе/В. В. Мирошников, Е. А. Митрошенкова//Качество в производственных и социально-экономических системах: сб. тр. 2-й Междунар. науч.-техн. конф. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2014. – С. 207-212.
7. Киричек, А.В. Аксиоматический базис квалиметрической многомерной модели социально-профессиональной компетентности молодого специалиста / А.В. Киричек, А.В. Морозова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2011. - Т.13. – № 4(4). – С. 1232 – 1235.
8. Морозова, А.В. Модель многоуровневого долевого оценивания компетентности специалиста технического профиля / А.В. Морозова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. - Т.15. – № 4(2). – С. 381 - 383.

Материал поступил в редколлегию 23.03.15.