
С. В. Русаков, И. Г. Семакин, Е. К. Хеннер

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ИНФОРМАТИКЕ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ¹

Статья поступила
в редакцию
в январе 2010 г.

Рассматривается спектр направлений подготовки специалистов по информатике и информационным технологиям, анализируется структура совокупности знаний ИТ-специалистов разных категорий. На основе кластерного анализа выделены три кластера близких по содержанию подготовки направлений и специальностей, условно названные «математик-программист», «инженер-программист» и «системный администратор». Установлены дидактические единицы, относящиеся к каждому из блоков подготовки, получены экспертные оценки покрытия блоков дидактическими единицами. Разработана дидактическая структура содержания подготовки ИТ-специалистов, содержащая описание совокупности знаний и требований к уровню профессиональной подготовки.

Аннотация

Ключевые слова: высшее профессиональное образование, информационные технологии, программисты, математики, инженеры, кластерный анализ

Система подготовки специалистов по разработке и сопровождению программного обеспечения в российской высшей школе начала складываться в 60-е годы прошлого века. Уже в начале 1970-х годов четко просматривались два основных направления этой подготовки:

- математик-программист (в классических университетах);
- инженер-программист (в технических вузах).

Бурное развитие информационных технологий (ИТ), начавшееся в середине 1980-х годов, пришлось на годы общественной

1. Современная система подготовки ИТ-специалистов в России

¹ Работа является частью проекта, реализуемого Пермским государственным университетом в рамках аналитической ведомственной целевой программы Рособразования «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009–2010 гг.)

перестройки в СССР, которая стимулировала и обновление системы высшего образования. К настоящему времени подготовка ИТ-специалистов² осуществляется в рамках более чем 20 направлений и специальностей и является одной из самых востребованных специализаций в системе высшего профессионального образования (ВПО) России. Она реализуется в вузах разных категорий: в классических и технических университетах, экономических, педагогических и сельскохозяйственных вузах, в вузах иных отраслей, непрофильных по отношению к этой подготовке, — здесь специалистов порой выпускают далеко не лучшего качества. (Такая же штурмовщина имела место, пожалуй, разве что в подготовке экономистов, на которых возник огромный спрос с началом перестройки.) Спрос на ИТ-специалистов высокой квалификации в государственных и коммерческих структурах пока значительно опережает их предложение.

Такая ситуация порождает немало проблем. Количество направлений и специальностей в сфере ИТ много больше того их числа, которое при разумной минимизации полностью покрывало бы как предметную область подготовки, так и структуру спроса со стороны потребителей, включая ИТ-отрасль [5]. Судя по перечню направлений и проектам ГОС третьего поколения, ожидать, что ситуация изменится с переходом на многоуровневую подготовку, не приходится. Многие направления подготовки в ИТ-сфере значительно перекрываются, что, по крайней мере на уровне бакалавриата, выглядит неоправданным.

Цель данной работы — объективный сопоставительный анализ видов подготовки специалистов ИТ-сферы в отечественной системе ВПО, выявление структуры и общих элементов указанной подготовки на основании нормативной базы образования, прежде всего Государственных образовательных стандартов (ГОС ВПО). Там, где требовалось сравнение элементов содержания образования по существу, привлекались эксперты из числа высококвалифицированных преподавателей, имеющих многолетний опыт работы в данной сфере. При этом авторы ограничились сопоставлением именно *содержания*, а не каких-либо иных характеристик образования. Альтернативой такому подходу мог бы быть анализ *системы формируемых компетенций*, но, учитывая недостаточную развитость и глубину описания компетенций в действующих ГОС ВПО и отсутствие единого подхода к описанию компетенций в проектах ГОС ВПО третьего поколения, авторы сочли обращение к ним преждевременным.

На основе проведенного анализа авторы планируют в ближайшем будущем спроектировать и разработать набор модулей, из которых можно строить разноуровневые курсы в составе образовательной области «информатика и информационные

² Говоря о подготовке ИТ-специалистов, авторы там, где это не оговорено особо, имеют в виду как традиционную моноуровневую, так и многоуровневую подготовку (бакалавров и магистров).

технологии» в рамках различных направлений подготовки ИТ-специалистов. Определенную унификацию подготовки, которая стала бы следствием такого подхода, по мнению авторов, можно было бы только приветствовать. Создание модульной системы формирования курсов, составляющих основу профессиональной подготовки ИТ-специалистов, будет сопровождаться унификацией информационных ресурсов, позволит приблизить формы и содержание подготовки к аналогичным циклам обучения за рубежом, будет способствовать осуществлению принципов Болонского процесса.

На замысел данной работы значительное влияние оказали обзоры Компьютерного общества Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE-CS) и Ассоциации по вычислительной технике (ACM), известные под названием Computing Curricula, 2001, 2005, 2008 гг. [8; 9; 10]. В них детальнейшим образом анализируются структура и содержание подготовки специалистов по ИТ за рубежом, прежде всего в США. Авторы не ставили цель столь же исчерпывающе проанализировать отечественную систему подготовки ИТ-специалистов. Подходы к определению перечня направлений (специальностей) и содержания обучения в наших странах совершенно разные — так, принятый нами за основу анализ ГОС ВПО в их условиях был бы невозможен. Тем не менее определенные сопоставления результатов возможны и необходимы.

Задача анализа структуры подготовки ИТ-специалистов в отечественной системе ВПО и ее оптимизации ставится, разумеется, не впервые. Прежде всего следует указать на работы В. А. Сухомлина, в которых намечен путь модернизации отечественной системы ИТ-образования [6; 7]. С. А. Ивановский с соавторами [3] выполнили фрагментарную классификацию ИТ-специальностей, при этом рассматривалось соотношение трудоемкости для федеральной компоненты ГОС ВПО по дисциплинам математического, естественнонаучного, инженерного блоков, а также по дисциплинам, связанным с программированием и информационными технологиями. В выводах работы отмечено, что наряду с традиционной подготовкой математиков-программистов и инженеров-программистов появились новые ИТ-специальности, которые не вписываются в эти две группы. Однако, насколько известно авторам, тот подход к анализу структуры подготовки ИТ-специалистов, который принят в данной работе, ранее осуществлен не был.

Проведем на основе анализа содержания ГОС ВПО второго поколения более детальную классификацию ИТ-специальностей.

Поскольку владеть некоторым набором информационных и коммуникационных технологий сегодня необходимо практически всем категориям специалистов с высшим образованием (и не только им), к *специалистам в сфере информационных технологий*

2. Классификация ИТ-специальностей

следует, по мнению авторов, отнести преимущественно специалистов по разработке и эксплуатации программ и систем — в противоположность пользователям этих программ и систем. Среди них можно выделить следующие группы:

- специалисты по проектированию информационных систем;
- специалисты по математическому моделированию, разрабатывающие новые численные методы и модели;
- программисты (разработчики приложений);
- администраторы информационных систем, настраивающие и обеспечивающие работу и безопасность информационных систем, локальных сетей и т. д., т. е. «создающие» информационное пространство;
- специалисты по интеграции информационных систем.

Для отбора направлений и специальностей подготовки ИТ-специалистов были проанализированы действующий перечень направлений и специальностей ВПО и соответствующие ГОС ВПО. Приведем критерии отбора.

Название специальности содержит ключевые слова: «информатика», «информационные технологии», «компьютер», «информационные системы», «кибернетика» и т. п.

В описании квалификации выпускника присутствуют ключевые слова «программист», «специалист по ИТ», «кибернетик» и т. д.

Квалификационные характеристики и общие требования к основной программе подготовки выпускника соответствуют признаку «разработчик» (содержат ключевые слова «программист», «системный администратор» и т. д.).

Доля часов (трудоемкости), отводимых на дисциплины ИТ-цикла в разделе федеральной компоненты «ЕН (Общие математические и естественнонаучные дисциплины)» и в разделе «ОПД (Общепрофессиональные дисциплины)», а также доля дисциплин ИТ-цикла в общем количестве дисциплин в этом разделе не ниже некоторого критического уровня, определенного на основании экспертных оценок.

Перечисленные выше критерии позволили получить рейтинги направлений (специальностей), на основе которых и принималось решение о внесении их в список для исследования.

В результате для дальнейшего анализа были отобраны 18 направлений и специальностей, перечень которых представлен в табл. 1.

Таблица 1

Перечень анализируемых направлений и специальностей

№	Код	Направление
1	510200	Прикладная математика и информатика
2	511900	Информационные технологии
3	511200	Математика. Прикладная математика
4	511300	Механика. Прикладная математика

№	Код	Направление
5	511800	Математика. Компьютерные науки
6	552800	Информатика и вычислительная техника
	Специальность	
7	080700	Бизнес-информатика
8	351500	Математическое обеспечение и администрирование информационных систем
9	351400	Прикладная информатика (по областям)
10	030100	Информатика
11	220100	Вычислительные машины, комплексы, системы и сети
12	220200	Автоматизированные системы обработки информации и управления
13	220400	Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем
14	071900	Информационные системы и технологии
15	075200	Компьютерная безопасность
16	075400	Комплексная защита объектов информатизации
17	075500	Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем
18	075600	Информационная безопасность телекоммуникационных систем

Далее был выполнен анализ структуры совокупности знаний ИТ-специалистов разных категорий. Работа состояла из четырех последовательных этапов.

I. Все дисциплины ИТ-подготовки с учетом рекомендаций ACM и IEEE (см. упоминавшиеся выше отчеты Computing Curricula) были разбиты на 16 блоков — содержательных линий подготовки ИТ-специалистов (табл. 2).

II. Из описания содержания дисциплин федеральной компоненты ГОС по каждой из рассмотренных специальностей выделены дидактические единицы, относящиеся к каждому из блоков.

III. Проанализированы знания и умения, зафиксированные в ГОС, в соответствии с блоками дисциплин.

IV. На основе данных, полученных на втором и третьем этапах, выставлены экспертные оценки (по шкале от 0 до 4) «покрытия» дидактическими единицами блоков дисциплин для каждой из рассматриваемых ИТ-специальностей.

Таблица 2 **Набор блоков дисциплин (содержательных линий) подготовки ИТ-специалистов**

№	Наименование блока	Содержание блока
1	Дискретные структуры	Дискретная математика. Математическая логика и теория алгоритмов

№	Наименование блока	Содержание блока
2	Основы программирования	Информатика. Программирование на языке высокого уровня
3	Алгоритмы и теория сложности	Алгоритмы и структуры данных. Комбинаторные алгоритмы
4	Архитектура и организация ЭВМ	Информатика. Организация ЭВМ и систем. Архитектура вычислительных систем
5	Операционные системы	Операционные системы. Системы реального времени
6	Распределенные вычисления	Архитектура вычислительных систем. Теория вычислительных процессов. Сети ЭВМ и телекоммуникации. Параллельное программирование
7	Языки программирования	Теория языков программирования и методы трансляции. Функциональное и логическое программирование. Объектно-ориентированное программирование. Разработка языковых процессоров
8	Взаимодействие человека и машины	Человеко-машинное взаимодействие. Программные интерфейсы
9	Графика и визуализация	Компьютерная графика. Инженерная графика. Мультимедиа
10	Интеллектуальные системы	Системы искусственного интеллекта. Функциональное и логическое программирование
11	Базы данных и информационные системы	Базы данных. Управление информацией
12	Социальные и профессиональные вопросы программирования	Экономико-правовые основы рынка программного обеспечения. Процесс разработки программных изделий
13	Программная инженерия	Технология разработки программных систем. Метрология программного обеспечения. Метрология, стандартизация и сертификация. Объектно-ориентированные технологии разработки программных систем. Качество и надежность ПО

№	Наименование блока	Содержание блока
14	Методы вычислений	Вычислительная математика. Математическое моделирование. Основы теории управления
15	Компьютерная безопасность	Методы и средства защиты компьютерной информации
16	Теория информации	Измерение информации. Кодирование информации

Экспертизу каждого блока независимо друг от друга проводили два эксперта³. Итоговая оценка получалась усреднением. В случае серьезного расхождения оценок проводилась дополнительная экспертиза. В результате выполнения IV этапа была получена матрица экспертных оценок (табл. 3), строками в которой являются блоки дисциплин (см. табл. 2), а столбцы соответствуют ИТ-специальностям (см. табл. 1).

Первичный анализ матрицы экспертных оценок показал:

1) наиболее слабо в ГОС отражены блоки 3, 8 и 16 (значения средних рангов по всем специальностям для данных блоков составляют 1,7 балла);

2) наиболее полно отражены блоки 6, 2, 5 и 11 (значения средних рангов по всем специальностям для данных блоков: 3,6; 3,3, а для двух последних — 3,2 балла);

3) минимальное значение среднего экспертного балла по всем блокам дисциплин имеют следующие ИТ-специальности:

511300 «Механика. Прикладная математика» (1,47 балла),

511200 «Математика. Прикладная математика» (1,72 балла);

4) максимальное значение среднего экспертного балла по всем блокам дисциплин имеют ИТ-специальности:

220400 «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» (3,50 балла),

351500 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» (3,16 балла),

511900 «Информационные технологии» (3,06 балла).

Такие соотношения в целом хорошо коррелируют с результатами работы С. А. Ивановского с соавторами.

Таким образом, обработка матрицы экспертных оценок позволила выявить те блоки дисциплин, в которых предметная область (система знаний) отражена наиболее полно и, наоборот, очень слабо. Кроме того, выявлены группы специальностей, которые являются лидерами и аутсайдерами по содержательному покрытию образовательной области, отраженной в 16 блоках дисциплин. В частности, блоки «Алгоритмы и теория сложности», «Взаимодействие человека и машины» и «Теория информации»

³ В составе группы экспертов были пять докторов наук, профессоров и девять кандидатов наук, доцентов; все они имеют многолетний опыт подготовки ИТ-специалистов (в настоящее время в Пермском госуниверситете ведется подготовка по шести ИТ-направлениям и специальностям).

Таблица 3

Матрица экспертных оценок

Блок дисциплин	Код направления/специальности														Среднее				
	510200	511900	511200	511300	511800	552800	080700	351500	351400	030100	220100	220200	220400	071900		075200	075400	075500	075600
1	3	3	3	0	3	3	3	3	1,5	3	4	2	4	2	4	3	3	4	2,9
2	4	4	2,5	2,5	3	3	3	4	4	3	4	4	4	3	3	2	3	4	3,3
3	2	3	1	1	3	1,5	3	3	0	0	0,5	0,5	4	0	2	2	3	1	1,7
4	1,5	3	1	1	3	3,5	1,5	3,5	1	3	4	4	4	1,5	3,5	3,5	3	3,5	2,7
5	3	3	3	3	2	3	3	4	4	2	4	3	4	2	4	2	4	4	3,2
6	3	4	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	3,6
7	3	3	1	1	2	0	1	4	2	1	2	2	3	2	3	0	3	3	2,0
8	1	2	0	1	3	2	1	2	4	0	2	2	2	4	2	0	2	0	1,7
9	2	3	1	1	2	3	0	4	2	2	4	3	4	1	0	0	0	2	1,9
10	2	3	1	1	3	0	2	4	4	3	1	3	4	3	1	1	1	1	2,1
11	2	3	3	3	3	3	4	3	4	2	4	4	4	4	4	2	4	2	3,2
12	1	4	1	1	1	2	2	4	3	1	2	3	4	3	1	1	1	1	2,0
13	1	4	2	1	2	2	2	4	4	1	4	4	4	3	4	4	4	4	3,0
14	4	2	3	3	3	2	0	3	0	3	4	1	4	0	0	0	0	3	1,9
15	0	3	1	1	2	2	4	1	4	3	2	1	0	3	4	4	4	4	2,4
16	0	2	2	1	1	1	0	0	1	1	1	4	3	1	3	4	3	3	1,7
Среднее	2,03	3,06	1,72	1,47	2,50	2,19	2,09	3,16	2,66	2,00	2,91	2,78	3,50	2,16	2,66	2,03	2,63	2,72	

недостаточно, с точки зрения экспертов, отражены во всех анализируемых направлениях и специальностях.

Для разделения вышеприведенных 18 направлений и специальностей на группы, характеризующиеся относительной близостью содержания обучения, отраженного в ГОС, использовался метод кластерного анализа, который сводится к построению единой меры, охватывающей ряд признаков, и количественному решению вопроса о группировке объектов. Он позволяет провести объективную классификацию на основании представленных экспертных оценок. В качестве исходных данных использовалась полученная матрица экспертных оценок (см. табл. 3).

В работе применялась одна из самых популярных процедур кластерного анализа — *метод k -средних МакКина*. Он принадлежит к группе итерационных методов эталонного типа и не требует вычисления и хранения матрицы расстояний или сходств между объектами. Смысл процедуры состоит в последовательном уточнении на каждой следующей итерации эталонных точек, которые задаются как средние арифметические наблюдений, попавших в кластеры [1]. В существующих пакетах прикладных программ чаще всего в качестве начальных эталонных точек предлагают использовать первые m наблюдений, содержащихся в исходном файле, либо выбирают их таким образом, чтобы максимизировать начальные расстояния между кластерами. Слабым местом такой процедуры является то, что исследователь должен заранее задать искомое число конечных кластеров.

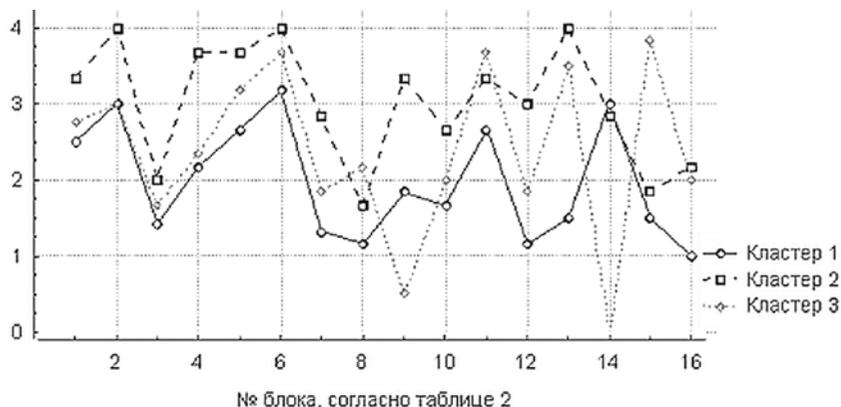
Чтобы оценить количество однородных групп (кластеров) специальностей, был использован подход, предложенный Н. Н. Апраушевой [2]. Он основан на поиске статистически значимых локальных минимумов и максимумов вариационного ряда, составленного из значений некоторой выбранной меры расстояния между классифицируемыми объектами. Использование данного подхода позволило сделать вывод о том, что в структуре исследуемого множества действительно наблюдаются неоднородности, а также дало возможность оценить сверху количество однородных групп. Расчеты показали, что может быть выделено не более трех таких групп среди 18 специальностей, что согласуется с условным делением ИТ-специальностей на три типа [3].

Результат классификации специальностей, по которым осуществляется подготовка в области информационных технологий, на основании экспертных оценок по 16 содержательным блокам представлен на рис. 1.

В результате классификации сформировались группы, подтверждающие наличие трех базовых видов подготовки ИТ-специалистов: математики-программисты (кластер № 1), инженеры-программисты (кластер № 2) и системные администраторы (кластер № 3). Средние ранги по блокам 3, 6, 8, 11 визуально малоразличимы; это в очередной раз свидетельствует о том, что,

3. Кластерный анализ ИТ-специальностей

Рис. 1. **График значений средних рангов по каждому кластеру на основании экспертных оценок по 16 блокам**



согласно мнению экспертов, данные блоки либо одинаково хорошо представлены в ГОС (блоки 6, 11), либо одинаково плохо (блоки 3, 8).

Поскольку такие признаки, характеризующие анализируемые объекты, почти не влияют на классификацию, была проведена вторичная группировка на основе оценок по оставшимся 12 блокам. Результаты, полученные в этом случае с помощью метода *k*-средних, отражены в табл. 4.

Таблица 4 **Распределение специальностей по кластерам**

Кластеры	Кол-во участников кластера	Номера специальностей, вошедших в кластер (согласно табл. 1)
Кластер 1	6	1, 3, 4, 5, 6, 10
Кластер 2	5	2, 8, 11, 12, 13
Кластер 3	7	7, 9, 14, 15, 16, 17, 18

Из проведенного анализа следует, что наряду с традиционными направлениями подготовки разработчиков ПО (кластеры 1–2) за последние 10–15 лет в российском ВПО сформировались направления подготовки системных администраторов, к которым относятся весь блок специальностей компьютерной и информационной безопасности (специальности 15–18 в табл. 1), а также «Бизнес-информатика», «Прикладная информатика (по областям)», «Информационные системы и технологии».

Специалисты, подготовка которых ведется в рамках этой группы ИТ-специальностей, ориентированы в первую очередь на эксплуатацию, а не на разработку современных программных систем, что согласуется с мировыми тенденциями на рынке труда ИТ-специалистов.

Структура содержания профессиональной подготовки ИТ-специалистов анализировалась на основе совокупности ГОС. В качестве основного элемента указанной структуры рассматривалась дидактическая единица — «элемент содержания учебного материала, изложенного в виде утвержденной в установленном порядке программы обучения в рамках определенной профессиональной дисциплины или общеобразовательного предмета»⁴. Набор дидактических единиц формировался на основе ГОС (перечень изучаемых тем, требований к знаниям и умениям), а также рекомендуемых соответствующими учебно-методическими объединениями вузов примерных программ изучения дисциплин и структурирован по тематическим разделам. В тех случаях, когда в названных документах детализация содержания обучения недостаточна, для уточнения формулировки дидактических единиц применялся экспертный подход (профессиональный опыт авторов и их коллег по университету).

На первом уровне построенной структуры (рис. 2) расположены выделенные ранее 16 блоков учебных дисциплин (содержательных линий). На втором уровне структуры — разделение по трем кластерам ИТ-специальностей, описанных в предыдущем разделе настоящей статьи. Таким образом, общее количество ветвей дидактической структуры равно 48.

Объем журнальной статьи не позволяет привести весь спектр дидактических единиц и их распределение по кластерам. Пример такого распределения по блоку дисциплин № 5 «Операционные системы» представлен в табл. 5. Здесь знаком «+» помечены те дидактические единицы, которые представлены в ГОС по ИТ-специальностям, вошедшим в соответствующий кластер.

4. Дидактическая структура содержания профессиональной подготовки ИТ-специалистов

Рис. 2 Структурирование содержания профессиональной подготовки ИТ-специалистов



⁴ Федеральный центр образовательного законодательства (<http://www.lexed.ru>)

На базе распределений дидактических единиц по кластерам выполнен статистический анализ, пример которого для блока 5 приведен в табл. 6. В строках таблицы представлены наименования разделов первого уровня из содержательной структуры подготовки для этого блока. В столбцах под заголовками «Кластер 1», «Кластер 2», «Кластер 3» выставлены меры полноты (в процентах) отражения содержания каждого раздела для соответствующего кластера. В нижней строке таблицы представлены средние значения меры полноты содержания для данного кластера специально-стей по данному блоку дисциплин.

Таблица 5

**Дидактические единицы содержания обучения
по блоку дисциплин «Операционные системы»**

Блок 5. «Операционные системы» — «Операционные системы», «Системы реального времени»		Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
1. Обзор операционных систем (ОС)				
	Назначение и история развития ОС		+	
	Функции операционных систем: ОС как виртуальная машина, ОС как система управления ресурсами	+	+	+
	Задачи разработки ОС (эффективность, робастность, гибкость, переносимость, безопасность, совместимость)		+	
	Требования к ОС для поддержки безопасности, сетевой обработки, мультимедиа, оконных интерфейсов	+	+	
	Обзор современных операционных систем (Microsoft Windows, *NIX-подобные системы, специализированные ОС)		+	+
2. Принципы создания ОС				
	Архитектура ОС (монолитная реализация, поуровневая декомпозиция, модульный подход, микроядерная ОС)		+	
	Процессы и потоки: представление процессов и потоков на уровне ОС	+		
	Состояния процессов и потоков. Планирование процессов и потоков			+
	Синхронизация и коммуникация процессов и потоков			+
	Проблема тупика			+
	Управление оперативной памятью в ОС		+	
	Управление внешними устройствами: использование прерываний и системы драйверов устройств		+	
	Управление хранением данных: организация файловых систем, методы повышения производительности файловых систем		+	

Блок 5. «Операционные системы» — «Операционные системы», «Системы реального времени»		Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
3. Параллелизм				
	Состояния и диаграммы состояния		+	
	Структуры ОС (списки готовности, блоки управления процессами)		+	
	Диспетчирование и переключение между контекстами		+	
	Роль прерываний		+	
	Параллельное исполнение	+	+	
	Проблема взаимного исключения и ее решения	+	+	
	Взаимная блокировка (дедлоки), причины возникновения и условия, методы предотвращения		+	
	Основные модели и механизмы (семафоры, мониторы, переменные условий, рандеву)	+	+	
	Задача взаимодействия поставщика — потребителя и синхронизация процессов		+	
	Мультипроцессирование (циклический опрос (spinlocks), повторная входимость)		+	
4. Планирование и диспетчеризация				
	Статическое и динамическое планирование	+	+	
	Планировщики и методы планирования		+	
	Процессы и нити		+	
	Тупики, режим реального времени	+	+	
5. Управление памятью				
	Обзор видов физической памяти и аппаратных средств управления памятью	+	+	
	Перекрытие памяти, подкачка, фрагментация и загрузка разделами		+	
	Страничная и сегментная организация памяти	+	+	
	Методы размещения и замещения блоков памяти (страниц/сегментов)		+	
	Рабочее множество		+	
	«Пробуксовка памяти» (thrashing)		+	
	Кэширование (caching)		+	

В табл. 7 объединены интегральные результаты статистической обработки, для каждого блока дисциплин помещены данные из строк со средними значениями. Эта таблица отражает полностью представления 16 блоков дисциплин в дидактической структуре содержания обучения для трех кластеров ИТ-специальностей ВПО.

Таблица 6 **Полнота отражения содержания тематических разделов блока дисциплин «Операционные системы» для разных кластеров специальностей**

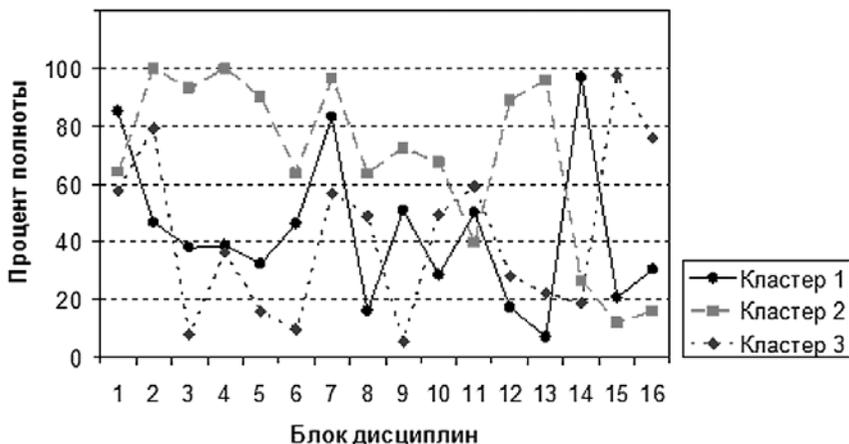
№	Наименование раздела	Кластер 1 (%)	Кластер 2 (%)	Кластер 3 (%)
1	Обзор операционных систем	40	100	40
2	Принципы создания операционных систем	12	50	37
3	Параллелизм	30	100	0
4	Планирование и диспетчеризация	50	100	0
5	Управление памятью	28	100	0
	Средние значения	32	90	15

Таблица 7 **Полнота отражения содержания 16 блоков дисциплин для трех кластеров ИТ-специальностей**

№	Блок	Кластер 1 (%)	Кластер 2 (%)	Кластер 3 (%)
1	Дискретные структуры	85	64	58
2	Основы программирования	47	100	79
3	Алгоритмы и теория сложности	38	93	8
4	Архитектура и организация ЭВМ	39	100	36
5	Операционные системы	32	90	15
6	Распределенные вычисления	46	63	9
7	Языки программирования	83	96	57
8	Взаимодействие человека и машины	16	63	49
9	Графика и визуализация	51	72	5
10	Интеллектуальные системы	28	68	49
11	Управление информацией. Базы данных и информационные системы	50	40	59
12	Социальные и профессиональные вопросы программирования	17	89	28
13	Программная инженерия	7	96	22
14	Методы вычислений	97	26	18
15	Компьютерная безопасность	20	12	98
16	Теория информации	30	16	76

Полученные данные для облегчения их сопоставления представлены в виде графиков на общей координатной плоскости (рис. 3).

Рис. 3 **Сопоставление результатов статистического анализа содержания обучения по трем кластерам**



Итоги статистической обработки, естественно, совпадают с результатами кластерного анализа, представленными во втором разделе настоящей статьи.

По данным статистического анализа можно сделать выводы:

- кластер 1 объединяет дисциплины, которые позволяют получить более фундаментальную математическую подготовку, т. е. подготовить, условно говоря, математика-программиста;
- кластер 2 — это дисциплины, которые дают более развернутую техническую подготовку, т. е. необходимые инженеру-программисту;
- дисциплины кластера 3 в значительной степени ориентированы на подготовку специалистов по эксплуатации информационных систем.

Проведенный анализ направлений подготовки ИТ-специалистов позволяет сделать вывод, что в современной российской системе ВПО объективно сложились три «супернаправления», которые условно названы «математики-программисты», «инженеры-программисты» и «системные администраторы». В пределах каждого из них подготовка на уровне бакалавриата может быть унифицирована в гораздо большей мере, чем это имеет место в настоящее время, в период завершения действия ГОС второго поколения.

Оценивая содержание подготовки ИТ-специалистов в связи с готовящимся переходом на двухуровневую систему «бакалавр — магистр», приходится заключить, что количество направлений

5. Перспективы оптимизации направлений подготовки ИТ-специалистов

подготовки ИТ-бакалавров является избыточным, а основные образовательные программы бакалавриата неоправданно специализированными. Это утверждение базируется как на проведенном анализе, так и на зарубежном опыте. Такая ранняя специализация противоречит практике работы университетов США, откуда в основном позаимствована система «бакалавр — магистр» в ее современном виде, и лишает систему одного из ее главных потенциальных достоинств — академической гибкости, возможности для студентов самоопределяться в реальной профессии, имея о ней большее представление, чем в момент поступления в вуз.

Полученные в результате проведенного исследования данные можно использовать:

- для проектирования наборов учебных модулей, пригодных для построения разноуровневых курсов, входящих в состав подготовки ИТ-специалистов⁵;
- для разработки моделей и технологий изложения материала, входящего в специальную подготовку ИТ-специалистов, включая обеспечение самостоятельной работы студентов и коллективных форм учебной работы;
- для анализа существующих учебных пособий для ИТ-специалистов (учебников, электронных ресурсов и пр.), для планирования их разработки.

Такая методика выстраивания образовательной деятельности может стать основой для реализации компетентного подхода к подготовке специалистов в области информатики и информационных технологий.

Следует отметить, что анализ, исходящий из *существующих* направлений подготовки ИТ-специалистов, не предполагает, естественно, выявления необходимости создания принципиально новых специальностей; такая необходимость может возникнуть по мере развития информационных технологий. Однако большая часть предложений, высказываемых в этом отношении (например, «менеджер информационных технологий»), лежит, по нашей классификации, не в сфере подготовки ИТ-специалистов, а в смежных предметных областях.

Литература

1. Айвазян С. А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности // С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. М.: Финансы и статистика, 1989.
2. Апрашова Н. Н. Новый подход к обнаружению кластеров. М.: Вычислительный центр РАН, 1993.
3. Ивановский С. А., Лисс А. Р., Романцев В. В., Экало А. В. Профессиональная подготовка программистов в рамках специальностей и направлений государственных образовательных стандартов. URL: <http://www.it-education.ru/2004/reports/romantsev.htm>

⁵ Эту работу авторы намерены завершить в 2010 г.

4. Квалификационные требования (профессиональный стандарт) в области информационных технологий. URL: http://www.minsvyaz.ru/industry/39/3236_vprint.shtml
5. Профессиональные стандарты в области информационных технологий. М.: АП КИТ, 2008. URL: <http://www.apkit.ru/default.asp?artID=5573>
6. Сухомлин В. Построение открытой национальной системы ИТ-образования // Открытые системы. 2004. № 8. URL: <http://www.osp.ru/os/2004/08/070.htm>
7. Сухомлин В. Принципы построения системы ИТ-образования // Открытые системы. 2005. № 9. С. 34–38.
8. Computing Curricula 2001: Computer Science. «Рекомендации по преподаванию информатики 2001». URL: <http://www.computer.org/education/cc2001>.
9. Computing Curricula 2005. The Overview Report. URL: http://www.acm.org/education/curric_vols/CC2005-March06Final.pdf
10. Computing Curricula 2008. The Overview Report. URL: http://www.computer.org/portal/cms_docs_ieeeecs/ieeeecs/education/cc2001/IT_draft_curriculum.pdf
11. Great Expectations of ICT: How higher education institutions are measuring up. Research Study Conducted for the Joint Information Systems Committee (JISC). Report June 2008. URL: <http://www.jisc.ac.uk/news/stories/2008/06>