

Мониторинг сформированности математических компетенций у студентов IT-специальностей

Тверской государственный университет
С.М. Дудаков, И.В. Захарова

В работе рассматривается метод формирования контрольно-измерительных материалов, основанный на дроблении «классических» математических разделов на более мелкие дисциплины. Излагаются возможности, которые он открывает при компетентностном подходе.

Ключевые слова: компетентностный подход, контрольно-измерительные материалы.
Key words: competency approach, testing and assessment materials.

Введение

Внедрение компетентностного подхода в образовательных стандартах порождает множество проблем у разработчиков образовательных программ. Одна из них заключается в необходимости построения карт компетенций и контрольно-измерительных материалов к ним, которые позволяли бы оценивать уровень сформированности компетенции на каждом этапе ее освоения. В данной работе мы показываем, как решение этой проблемы можно совместить с решениями других задач и трудностей, которые практически всегда встречаются при разработке образовательных программ.

Цикл математических дисциплин для студентов IT-специальностей

Подготовка грамотного высококвалифицированного специалиста для IT-отрасли немаловажна без освоения им достаточно весомого математического ядра этой профессии. К сожалению, в русском языке до сих пор нет единого устоявшегося названия для этой части математики. Английское Computer Sciences переводят по-разному. Иногда дословно – компьютерные науки, иногда – переосмысливая в соответствии с традициями: теоретическая информатика, фундаментальная информатика, математические основы информатики и т.д. Но, невзирая на разную в русских названиях, само содер-

жание этого математического ядра достаточно четко определено. В него входят различные разделы дискретной математики (теория графов, теория булевых функций, теория кодирования), теория формальных автоматов и языков, математическая логика, теория алгоритмов, некоторые разделы общей алгебры, а также другие дисциплины, которые, впрочем, уже могут в значительной степени варьироваться в зависимости от конкретной образовательной программы (см., например, [1, 2]). В качестве таких примеров можно отметить теорию вероятностей или методы вычислительной математики. Безусловно, в список изучаемых дисциплин входят и другие разделы математики, скажем, математический анализ, но его роль в данном случае является скорее вспомогательной, так как аналитические знания и методы широко используются при изучении других дисциплин и намного реже в последующей профессиональной деятельности.

Изучаемые дисциплины взаимосвязаны друг с другом. Связи эти бывают как однонаправленные, когда один из предметов должен изучаться после другого, так и двунаправленные. В последнем случае содержание двух предметов зависит друг от друга, что порождает проблемы при составлении учебных планов и программ. Типичный пример такой ситуации возникает при изучении математической

логики и теории алгоритмов. С одной стороны, базовые понятия этих дисциплин можно излагать независимо друг от друга, но при углубленном изучении их взаимопроникновение оказывается столь значительным, что обычно их объединяют в один предмет. Разумеется, такой подход не всегда применим, нельзя же, в конце концов, соединить десяток дисциплин в одну. Один выход из такого тупика заключается в параллельном по времени изучении предметов. Однако это требует слишком точной подгонки различных курсов друг под друга, что в жизни всегда встречает разного рода препятствия. Другой, более приемлемый вариант, предполагает разбиение дисциплины на несколько отдельных частей, которые изучаются в разное время. Сначала предмет излагается на простейшем, базовом уровне, который необходим для других дисциплин, а затем – он же, но в углубленной форме. Проблемой в этом случае является то, что студенты успевают «подзабыть» материал, который им давался на его повторение.

Еще одна проблема заключается в том, чтобы дать студентам мотивацию для изучения теоретических предметов. Не секрет, что многие из поступающих на первый курс, хотя и «по-быстрому» освоить основные профессиональные приемы, без изучения каких-либо фундаментальных основ. Это представляет большую проблему на младших курсах, особенно с учетом все более низкого уровня школьной подготовки абитуриентов и отсутствия грамотной профориентационной работы в школах. И тут возникает та же дилемма: с одной стороны, логично сначала рассказывать теоретические основы, а затем переходить к их практическому применению, с другой – у студентов, поступивших на IT-направления, первоначально весьма слабая мотивация к изучению таких предметов и, прямо скажем, не всегда достаточная школьная математическая подготовка. При решении этих проблем можно использовать те же

приемы: объединение нескольких предметов в один, параллельное изучение, либо неоднократное изучение одних и тех же тем, но с разным уровнем глубины.

Мы ни в коем случае не претендуем на то, что рассматриваемые здесь состав и последовательность изучаемых дисциплин являются идеальными. Но в силу исторических причин авторами предполагается последовательность и взаимосвязь предметов, изображенная на рис. 1 (см. также [1]). В данном случае предметы «Дискретная математика» и «Теоретические основы информатики» являются вводными курсами, которые знакомят студентов с основами тех дисциплин, которые в дальнейшем углубленно изучаются на старших курсах, и дают минимум знаний, который используется в дальнейшем.

Возможности формирования фонда оценочных средств

Рассмотренный способ изучения материала приводит к тому, что контрольно-измерительные материалы (КИМ) в известной степени повторяются для различных предметов. Разумеется, полного совпадения не происходит из-за разного уровня заданий, но в целом понятия часто дублируются. Одной из причин повторений является необходимость восстановления в памяти студентов материал, который изучался ранее, о чем было сказано выше.

Вместе с тем это же открывает возможности решения одной важной задачи, возникающей при компетентностном подходе (см. [3]). Как известно, при разработке образовательной программы в соответствии с компетентностной моделью необходимо создание карт компетенций, в которых должны быть отражены составляющие каждой компетенции и этапы ее освоения. При этом КИМ должны проверять степень сформированности компетенции на каждом этапе. При рассмотренном способе изучения материала задания по одним и тем же разделам идут в порядке возрастания сложности от одних предметов к другим, появляется

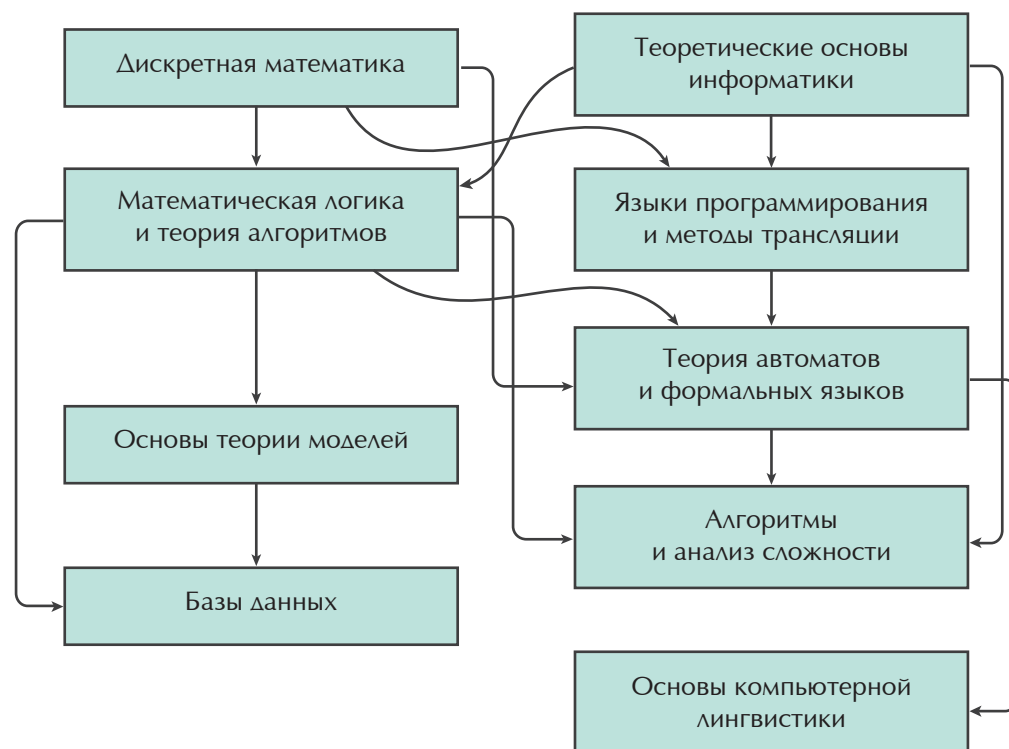


С.М. Дудаков



И.В. Захарова

Рис. 1. Граф зависимостей базовых дисциплин информатики



возможность легко построить график освоения студентами компетенции или некоторой ее части.

Рассмотрим несколько примеров использования такого подхода. Одной из компетенций, которой должен обладать выпускник бакалавриата по направлению 02.03.02 является такая: ПК-2, способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий. Как видно из формулировки компетенция эта весьма емкая и для ее развития необходимо изучение большого количества различного материала. Контроль развития отдельных составляющих этой компетенции, связанных с математическим аппаратом информатики, на разных этапах освоения мы и проиллюстрируем.

Раздел, связанный с формальными грамматиками и автоматами, возникает на приведенной схеме как минимум пять раз:

- изучение базовых понятий в курсе «Дискретная математика»;
- изучение приложения грамматик и автоматов для целей описания языков программирования и трансляции в курсе «Языки программирования и методы трансляции»;
- углубленный курс по изучению данной темы – «Теория автоматов и формальных языков»;
- приложения формальных автоматов для различных задач обработки текста в курсе «Алгоритмы и анализ сложности»;
- применение не контекстно-свободных грамматик для автоматического анализа языков в курсе «Основы компьютерной лингвистики».

В данном примере курсы, дающие теоретические знания и показывающие возможности практического применения формальных автоматов и грамматик, чередуются.

Используя КИМ по этой тематике, можно проследить уровень развития компетенции в части формальных языков:

1. Начальный уровень, «Дискретная математика» – простейшие задачи на построение конечных автоматов, регулярных выражений и простейшие свойства регулярных языков:

- Построить конечный автомат, распознающий указанный язык.
- Построить регулярное выражение, описывающее указанный язык.
- Доказать, что указанный язык не является регулярным.

2. Промежуточный уровень, «Языки программирования и методы трансляции» – задачи на построение лексического и синтаксического анализатора для языка, простейшие свойства контекстно-свободных грамматик и автоматов с магазинной памятью:

- Построить грамматику для заданного языка программирования.
- Построить лексический анализатор языка.
- По грамматике построить синтаксический анализатор языка.

3. Промежуточный уровень, «Теория формальных автоматов и языков» – задачи на применение более узкоспециализированных представлений языков и более глубокие их свойства:

- Для заданной грамматики построить эквивалентную в сильной нормальной форме Грейбах.
- Доказать, что заданный язык не является контекстно-свободным.

4. Заключительный уровень, «Алгоритмы и анализ сложности» – задачи на применение автоматов для разработки эффективных алгоритмов обработки текста:

- Построить автомат из алгоритма Мориса-Пратта для поиска указанной подстроки.

- Реализовать алгоритм моделирования двустороннего автомата с магазинной памятью за линейное время.

5. Заключительный уровень, «Основы компьютерной лингвистики» – задачи на использование более сложных, чем контекстно-свободные виды грамматик:

- Построить категориальную грамматику зависимостей для заданного языка.
- Построить несокращающую грамматику для заданного языка.

Рассмотрим другой пример, связанный с формальной моделью алгоритма и вычисления. Он также появляется многократно в процессе обучения:

- В курсе «Теоретические основы информатики» – как простейшие модели реальных языков программирования (структурных, функциональных и т.д.) и их эквивалентность, здесь же дается эмпирическое представление о вычислительной сложности задач.

- В курсе «Дискретная математика» – еще более простые модели рассматриваются на примере машин Тьюринга. Демонстрируются возможности, открывающиеся благодаря предельному упрощению модели, например, существование неразрешимых проблем.

- В курсе «Математическая логика и теория алгоритмов» дается уже широкий обзор математических моделей алгоритмов, их свойств, изучаются основы теории рекурсивных и рекурсивно-перечислимых множеств, классов сложности.

- В курсе «Алгоритмы и анализ сложности» используются разные модели вычислений для построения эффективных алгоритмов, а ранее изученные классы сложности используются для анализа тех или иных задач.

В соответствии с этой последовательностью можно проследить развитие компетенции ПК-2 в части разрешимости и сложности разрешения проблем:

1. Начальный уровень, «Теоретические основы информатики» – задачи на запись алгоритмов на разных языках и преобразование алгоритмов, записанных на разных языках, друг в друга:

- Построить структурную программу для решения указанной задачи.
- Преобразовать структурную программу в функциональную.

2. Начальный уровень, «Дискретная математика» – задачи на преобразования алгоритмов, простейшие задачи на неразрешимость:

- Показать, что в любой машине Тьюринга можно исключить команды, оставляющие головку неподвижной.
- Доказать, что проблема достижимости состояния для машин Тьюринга неразрешима.

3. Промежуточный уровень, «Математическая логика и теория алгоритмов» – задачи на различные представления алгоритмов и преобразования их друг в друга, на неразрешимость, на сложность вычислений:

- Построить заданную частично рекурсивную функцию.
- Построить счетчиковую машину, вычисляющую заданную функцию.
- Доказать, что заданное множество m -полно.
- Построить клеточный автомат, распознающий заданный язык, за линейное от длины входа время.

4. Заключительный уровень, «Алгоритмы и анализ сложности» – задачи на определения вычислительной сложности различных проблем:

- Доказать NP-полноту заданной задачи.

Последний пример, который мы рассмотрим, – это знания, связанные с логическими языками. Они тоже появляются неоднократно:

- В курсе «Дискретная математика» происходит первоначальное знакомство с языками логики высказываний и предикатов на уровне семантики.
- В курсе «Математическая логика и теория алгоритмов» изучаются

более сложные варианты языков, формальные исчисления для логических выводов, взаимосвязь логики и вычислимости.

- В курсе «Основы теории моделей» изучаются еще более сложные концепции, связывающие синтаксис и семантику логических языков.
- В курсе «Базы данных» иллюстрируется применение теории логических языков для анализа запросов.

По аналогии можно видеть этапы развития компетенции ПК-2 в области логических языков:

1. Начальный уровень, «Дискретная математика» – задачи на представление знаний на логических языках, простейшие преобразования:

- Записать формулу логики предикатов, описывающую заданное свойство элементов предметной области.
- Для заданной формулы логики высказываний построить таблицу истинности, конъюнктивную и дизъюнктивную нормальные формы, многочлен Жегалкина.

2. Промежуточный уровень, «Математическая логика и теория алгоритмов» – задачи на логический вывод и построение моделей:

- Вывести в исчислении высказываний заданную секвенцию.
- Вывести в арифметике Пеано закон дистрибутивности.
- Обогащать алгебраическую систему так, чтобы выполнялась заданная формула.

3. Заключительный уровень, «Основы теории моделей» – задачи на связь синтаксических и семантических свойств:

- Доказать, что заданное свойство элементов предметной области не описывается универсальными формулами.
- Найти все 1-типы в заданной системе.

4. Заключительный уровень, «Базы данных» – задачи на построение запросов средствами реляционной алгебры и невыразимость:

- Записать в реляционной алгебре с использованием оператора фиксированной точки запрос, возвращающий все элементы с заданным свойством.
- Доказать, что без использования оператора фиксированной точки в реляционной алгебре заданное свойство описать невозможно.

Заключение

Мы рассмотрели возможности, которые открываются при разбиении крупных изучаемых разделов на более мелкие части с разнесением их изучения по времени. Такой подход позволяет отчасти решить как классические проблемы разработчиков образовательных программ, так и те, которые дополнительно появляются с введением компетентностной модели подготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захарова, И.В. О разработке примерного учебного плана по УГНС «Компьютерные и информационные науки» в соответствии с профессиональными стандартами / И.В. Захарова, С.М. Дудаков, А.В. Язенин // Вестник Тверского государственного университета. Сер.: Педагогика и психология. – 2016. – № 2. – С. 84–100.
2. Захарова, И.В. О разработке магистерской программы по УГНС «Компьютерные и информационные науки» в соответствии с профессиональными стандартами / И.В. Захарова, С.М. Дудаков, А.В. Язенин // Там же. – № 3. – С. 114–126.
3. Захарова, И.В. О методических аспектах разработки примерных образовательных программ высшего образования / И.В. Захарова, С.М. Дудаков, А.В. Язенин, И.С. Солдатенко // Образовательные технологии и общество. – 2015. – Т. 18, № 3. – С. 330–354.