

Анализ корреляции дисциплин учебного плана

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Юргинский технологический институт

А.А. Мицель

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Юргинский технологический институт

Н.В. Черняева

Изучены методологические основы исследования зависимостей между дисциплинами специальности в учебном плане высшего учебного заведения. Предложена собственная модель анализа взаимосвязей дисциплин специальности на основе коэффициентов ранговой корреляции Спирмана для эффективного построения учебного плана, использующая в качестве входной информации оценки студентов.

Ключевые слова: учебный план, дисциплина, корреляция, модель, анализ, пререквизиты, кореквизиты.

Key words: curriculum, discipline, correlation, model, analysis, prerequisites, corequisites.



А.А. Мицель



Н.В. Черняева

Введение

Одной из основных задач автоматизации управления ВУЗом является задача формирования учебного плана, предоставляющая исходные данные для работы деканатов.

В процессе внедрения в систему образования новых федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) при формировании учебных планов и рабочих программ необходимо учитывать связи между изучаемыми дисциплинами. Отражаются эти связи с помощью таких понятий как «пререквизиты» и «постреквизиты».

Пререквизиты – дисциплины, обязательные для освоения до изучения данной дисциплины.

Постреквизиты (кореквизиты) – дисциплины, обязательные для освоения после изучения данной дисциплины.

В большинстве случаев пререквизиты и постреквизиты дисциплины указываются в учебном плане на усмотрение преподавателя без вычисления каких-ли-

бо взаимосвязей между ними. Следовательно, учебный план может не в полной мере отражать взаимозависимости между дисциплинами, что приведет к противоречивым оценкам, а в дальнейшем – к претензиям со стороны аудиторов системы менеджмента качества образования.

1. Подходы к решению задачи построения учебного плана специальности с учетом логической увязки дисциплин

Рассмотрим некоторые подходы к решению проблемы построения эффективного учебного плана в высших учебных заведениях с учетом логической увязки дисциплин.

Задачу оптимизации учебного плана можно сформулировать следующим образом: необходимо отобрать в учебный план наиболее важный для профессиональной деятельности материал и расположить его по семестрам оптимальным образом.

Необходимо отметить, что учебные планы могут быть формализованы в виде ориентированных графов, таблиц или иметь матричное представление, что и

обуславливает множество методов их построения [1, с. 16-28].

В работах [2, с. 90-97; 3, с. 111-116; 4, с. 134-143; 5, 179-185] предлагается алгоритм формирования рабочей программы дисциплины с учетом взаимовлияния изучаемых дисциплин и формируемых компетенций. При формировании учебных планов учитывается значимость дисциплины и квалификация преподавателя, а так же порядок изучения дисциплин. Зависимость между дисциплинами в данной модели устанавливается пользователем, т.е. проблема адекватности таких связей остается открытой.

В математической модели, предложенной авторами статьи [6, с. 66-71], используется автоматизация формирования учебного плана с применением семантической сети для упорядочивания последовательности изучения дисциплин. В этом случае зависимость дисциплин отражают связи-ассоциации, что позволяет исключить возможность наличия нереализованных зависимостей в учебном плане.

Автор исследования [7, 35-38], посвященного проблемам подготовки материалов при формировании учебно-методических комплексов предлагает решать проблему соблюдения баланса между объемом изложения материала и объемом часов, отведенных на изучение дисциплины в учебном плане, определив приоритет изучения каждой дисциплины и отбирая темы по убыванию приоритета. Приоритет определяется присваиванием дисциплине, а так же отдельным ее темам и заданиям определенного веса (значимости). Веса определяются экспертным путем на основе оценки знаний и навыков студентов (входного контроля).

Авторами статьи [8, с. 136-143] предложена модель принятия решений в задаче синтеза учебного плана. Учитывается взаимосвязь дисциплин учебного плана, поскольку определенные порции знаний базируются на ранее изученном материале [9, с. 14-17]. Тесноту связи между дисциплинами в данной модели

оценили методом экспертных оценок на основе бинарных отношений декартова произведения. Коэффициент важности модуля для профессиональной подготовки определяется способом экспертного ранжирования по методу иерархии Саати (МАИ) [10, с. 80-83]. Коэффициент значимости объекта для изучения других дисциплин находится с помощью метода определения важности (веса) опорной (базовой) дисциплины при изучении других дисциплин. При этом учитывается вклад дисциплины не только в изучение ее зависимых дисциплин, но и в изучаемые позже по логике связей дисциплины. Для определения важности дисциплины составлена матрица связности размерности $D \times D$, каждый элемент которой равен коэффициенту тесноты связи между дисциплинами i и j . Необходимые для расчетов коэффициенты устанавливаются экспертами в зависимости от того, чему придается большая важность – логичности и степени усвоения материала или суммарной обобщенной важности содержания обучения для профессиональной подготовки.

В работах [11, с. 1013-1020, 12, с. 203-215] авторы сравнивают различные алгоритмы формирования учебного плана: KBS, LS-Plan и IWT на примере системы дистанционного обучения. В этих системах одним из основных методов адаптации является последовательность учебных программ (учебный план). Под учебным планом подразумевается помощь студенту найти оптимальный путь «через учебный материал» [13, с. 1-7]. Учебный план здесь представлен в виде алгоритма или графа. В результате установлено, что LS-Plan имеет самую длинную дистанцию образовательной траектории и наибольшее число ошибок, а алгоритм IWT формирует самую короткую траекторию. Изучение корреляции дисциплин учебного плана в данном исследовании не проводилось.

Взаимосвязь модулей учебного плана рассмотрена авторами работы [14, с. 28-34]. Здесь основной информационной единицей обучающей системы принима-

ется кадр, который имеет объем экрана. В статье описаны основные возможности различной компоновки дисциплин по кадрам. Для увязки материала по различным кадрам необходимо введение информационной связи между ними. Смысловое содержание кадра не поддается точной математической формализации, однако с каждым кадром можно связать его описание, который выделяет основные понятия и связи между кадрами в рамках всей дисциплины. Описание кадра имеет логическое представление, но такой подход позволяет сохранять общий порядок лишь на выделенном подмножестве кадров.

На основании анализа существующих подходов к решению задачи построения учебного плана специальности с учетом логической увязки дисциплин можно сделать вывод, что корреляция между дисциплинами в учебном плане при составлении пререквизитов и постреквизитов задается в основном экспертным путем, то есть на усмотрение преподавателя данной дисциплины. В большинстве моделей автоматизации процесса построения учебного плана специальности отсутствуют модули анализа взаимозависимости дисциплин. Поэтому нами было принято решение о разработке собственной модели анализа корреляции дисциплин учебного плана на основе коэффициентов ранговой корреляции Спирмана.

2. Анализ корреляции дисциплин учебного плана на основе коэффициентов ранговой корреляции Спирмана

В качестве входных данных для анализа взаимосвязи дисциплин учебного плана выступают результаты итоговой аттестации студентов (оценки, выраженные в баллах). При этом стоит учитывать, что традиционная оценка, выставляемая в экзаменационную ведомость, в каждом конкретном вузе определяется по собственной шкале.

Так как оценки студентов (признаки) подчиняются отличным от нормального законам распределения, а именно явля-

ются многовершинным распределением, то будем рассчитывать непараметрические коэффициенты корреляции. Для этого значения признаков (в нашем случае это баллы студентов по итоговому контролю освоения дисциплины) следует упорядочить или проранжировать по степени убывания или возрастания признака.

Для оценки тесноты связи между различными дисциплинами специальности используем коэффициент ранговой корреляции Спирмана [15, с. 626-628]. Вычисляется он следующим образом:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)},$$

где d_i^2 – квадрат разности рангов; n – число наблюдений (число пар рангов).

Коэффициент Спирмана принимает значения от -1 до 1.

Значимость коэффициента проверяется на основе t -критерия Стьюдента по формуле. При проверке этой гипотезы вычисляется t -статистика:

$$t_{pac} = \sqrt{\frac{\rho^2(n-2)}{1-\rho^2}}.$$

Расчетное значение сравнивается с табличным значением $t_q(n-2)$. Если расчетное значение больше табличного, это свидетельствует о значимости коэффициента корреляции, а, следовательно, и о статистической существенности зависимости между выборочными данными. Задача может быть решена с помощью любого математического пакета (например, Mathcad).

3. Результаты исследования

Исследование корреляции выполнено на основе данных об успеваемости студентов ЮТИ НИ ТПУ. В образовательном отделе получена выборка итоговых оценок по всем дисциплинам учебного плана студентов последних трех лет (2013, 2014 и 2015) по специальности «Прикладная информатика», форма обучения – бакалавриат.

Структура основной образователь-

ной программы разработана на кафедре Информационных систем ЮТИ НИ ТПУ. В ней определены пререквизиты для каждой изучаемой дисциплины.

На основании предложенной модели получена корреляционная матрица междисциплинарной связи дисциплин размерностью $N \times N$, где N – число дисциплин, изучаемых на протяжении всего периода обучения. В нашем случае для бакалавров $N = 55$. Коэффициенты корреляции, для которых t -статистика меньше чем $t_q(28) = 2,05$, можно считать равными нулю, то есть корреляция незначима.

Исходя из анализа общей матрицы коэффициентов корреляции, можно сделать следующие выводы:

а) Большинство дисциплин первого семестра (Информатика и программирование, История, Математика, Экономическая теория, Иностранный язык, Дискретная математика, Теоретические основы создания информационного общества, Физика) имеют тесную корреляцию. Это можно объяснить тем, что все они требуют базовых знаний школьной программы, при эффективном усвоении школьных предметов наблюдается хорошая успеваемость в течение первого семестра обучения.

б) Дисциплины последнего 8-го семестра (Графические средства в информационных системах, Инженерно-производственная подготовка, Управление информационными системами, Научно-исследовательская работа, Информационные системы в бухгалтерском учете и аудите) так же имеют тесную связь. Связано это с тем, что все они направлены на успешную сдачу государственного экзамена по направлению специальности, а так же большинство из них подразумевают применение полученных теоретических знаний на производстве, то есть задействуются практические умения студентов и их творческий потенциал.

в) Пререквизиты, заявленные в учебном плане, на практике не всегда пока-

зывают корреляционную связь с дисциплиной, для которой они назначены. Основанием этому служит, как уже сказано ранее, то, что пре- и кореквизиты назначаются преподавателями на свое усмотрение, не проводится исследований их взаимозависимостей.

г) Большинство дисциплин имеют значимую корреляцию с иностранным языком, что можно объяснить особенностями специальности. Большинство языков программирования написано на английском языке, следовательно, если студент владеет им на должном уровне, то и осваивает навыки программирования он гораздо легче.

Сравнение данных, полученных в результате анализа по некоторым дисциплинам представлено в табл. 1.

Таким образом, можно сделать вывод, что назначение пререквизитов дисциплинам в рабочих программах на усмотрение преподавателя или методом экспертных оценок не соответствует либо не в полной мере отражает реальную корреляцию дисциплин на основе успеваемости студентов.

4. Перспективы исследования и области применения

Полученные результаты анализа корреляции дисциплин учебного плана на основе коэффициентов ранговой корреляции Спирмана можно рекомендовать при составлении базового учебного плана для всей группы, ориентированного на эффективное усвоение дисциплин, и при построении индивидуальных учебных планов с учетом интересов и возможностей студента.

Исследование корреляции дисциплин учебного плана может быть полезно не только при составлении базовых учебных планов, но и при построении индивидуальной траектории обучения студента.

В объектно-ориентированной модели формирования индивидуальных учебных планов, представленной авторами С.Ю. Петровой, А.А. Гудзовским и А.В. Кузьминым [16, с. 39-50], предполагает-

Таблица 1. Результаты анализа тесноты связи дисциплин

Наименование дисциплины	Пререквизиты по рабочей программе	Пререквизиты, выявленные в результате анализа
Б3. Профессиональный цикл (102 кредитов ECTS)		
Вычислительные системы, сети и телекоммуникации	Информатика и программирование. Дискретная математика	<i>Информатика и программирование</i> <i>Дискретная математика.</i> Математика. Иностранный язык. Физика. Учебная практика. Численные методы. Теория вероятностей и математическая статистика. Базы данных. Менеджмент. Теория алгоритмов. Теория систем и системный анализ. Философия.
Информационные системы и технологии	Теоретические основы создания информационного общества. Информатика и программирование. Базы данных	<i>Теоретические основы создания информационного общества.</i> Иностранный язык. Дискретная математика. Учебная практика. Теория вероятностей и математическая статистика. Менеджмент. Теория систем и системный анализ. Философия

ся реализация вспомогательной системы, предлагающей предпочтительные варианты формирования образовательной траектории на основе успеваемости студента. Среди предметов по выбору, рекомендуется предлагать к изучению студенту те, которые зависят от предметов, по которым у студента наилучшие оценки. Множество предметов по выбору для базисного плана формируется на основе Образовательного стандарта либо вручную, либо частично автоматически путем подбора из всех доступных предметов тех, которые имеют связь со специальностью студента. В данной модели алгоритм подбора взаимосвязанных дисциплин отсутствует, так же как и математическая модель анализа тесноты связи между дисциплинами учебного плана.

Ранее нами была разработана динамическая модель управления индивиду-

альной траекторией обучения студента [17, с. 77-81, 18, с. 245-257]. С помощью коэффициентов тесноты междисциплинарной связи (дисциплин пререквизитов и дисциплин-корреквизитов) определяется порядок изучения дисциплин, который задается индивидуальным учебным планом. Используя полученные результаты по корреляции дисциплин учебного плана на основе коэффициентов ранговой корреляции Спирмана, можно реализовать одно из ограничений, связанное с порядком изучения дисциплин в каждом семестре и в течение всего периода обучения.

Заключение

На основании анализа существующих подходов к решению задачи построения учебного плана изучены методологические основы исследования тесноты связи между дисциплинами специальности.

Предложена собственная модель ана-

лиза взаимосвязей дисциплин отдельно взятой специальности на основе коэффициентов ранговой корреляции Спирмана для эффективного построения учебного плана специальности, использующая в качестве входной информации итоговые оценки студентов прошлых лет.

Задача может быть решена с помощью любого математического пакета (например, Mathcad). Предложенная модель протестирована на основе данных об успеваемости студентов

ЮТИ НИ ТПУ.

Данный метод расчета коэффициентов тесноты междисциплинарной связи (дисциплин пререквизитов и дисциплин-корреквизитов) будет реализован в ранее разработанной нами динамической модели управления индивидуальной траекторией обучения студента. Так же он может быть применен при построении эффективного учебного плана, не только индивидуального, но и базового для всей группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Формализованное описание учебного плана / В.Ю. Строганов, О.Б. Рогова, Л.В. Иванова, Г.Г. Ягудаев // В мире науч. открытий. – 2011. – № 9. – С. 16–28.
2. Космачёва, И.М. Автоматизированная система формирования рабочих программ учебных дисциплин / И.М. Космачёва, И.Ю. Квятковская, И.В. Сибикина // Вестн. АГТУ. Сер.: Упр., вычисл. техника и информатика. – 2016. – № 1. – С. 90–97.
3. Kvyatkovskaya, I.Y. Procedure of the system characteristics competence graph model calculation [Electronic resource] / I.Y. Kvyatkovskaya, I.V. Sibikina, G.V. Berezhnov // World Appl. Sci. J.). – 2013. – Vol. 24. – P. 111–116. – URL: [http://www.idosi.org/wasj/wasj\(ITMIES\)13/19.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj(ITMIES)13/19.pdf), free. – Tit. from the screen (usage date: 07.04.2015).
4. Sibikina, I. The calculation procedure of competence completeness [Electronic resource] / I. Sibikina, I. Kosmacheva, I. Kvyatkovskaya, Y. Lezhnina // Knowledge-Based Software Engineering. – N.Y.: Springer, 2014. – Vol. 466: JCKBSE 2014: Proc. 11th Joint Conf., Sept. 17–20, 2014, Volgograd, Russia. – P. 134–143. – (Communications in Computer and Information Science). doi: http://doi.org/10.1007/978-3-319-11854-3_13.
5. Сибикина, И.В. Оценка уровня сформированности компетенции студента вуза на примере графовой модели / И.В. Сибикина, И.М. Космачева, И.Ю. Квятковская // Вестн. Саратов. гос. техн. ун-та. – 2014. – Т. 2, № 1. – С. 179–185.
6. Керносов, М.А. Гибкая множественная модель учебного плана в подсистеме планирования и контроля учебного процесса ИАС ВУЗа / М.А. Керносов, А.В. Михнова, Д.А. Имшенецкий // Радиоэлектроника, информатика, упр. – 2013. – № 1. – С. 66–71.
7. Мастяев, Ф.А. Автоматизация формирования учебных программ и контроля их исполнения в системе высшего профессионального образования // Прикл. информатика. – 2006. – № 6. – С. 35–38.

Инновационность будущих инженеров: ценностно-мотивационные характеристики

Российский университет дружбы народов
О.Б. Михайлова

В статье представлены результаты исследования особенностей ценностно-мотивационной структуры у студентов инженерного факультета с разным уровнем выраженности инновационности. Полученные данные позволяют внедрять новые практические технологии работы с будущими инженерами для развития ценностно-мотивационной активности и инновационности.

Ключевые слова: инновационный потенциал, инновационность, ценностно-мотивационная структура, инженерное образование.

Key words: innovativeness, innovative potential, value-motivational structure, engineering education.

Стремительные изменения происходящие в общественном сознании под влиянием социально-политических и социально-экономических деформаций представляют для современной психологической науки проблемное поле для теоретических и практических исследований. Общество – это совокупность личностей его составляющих и если мы хотим построить прогрессивную цивилизацию, то начинать надо с воспитания и образования личности.

Одним из главных факторов развития и благополучия современного общества являются инновации. На поддержку инноваций в обществе и в отдельных организациях выделяются финансовые и технические ресурсы, так как инновации – важное условие жизнеспособности, активности и конкурентоспособности практически каждой компании. Инновации обеспечивают интенсивное развитие, как экономики, так и общества в целом, они дают возможность более эффективно решать встающие перед государством задачи. Однако, при анализе проблем, связанных с поддержанием инноваций, как правило, рассматриваются на экономические и организационные аспекты, тогда как психологические основы становления и развития инноваци-

онного потенциала личности исследования недостаточно.

Проблема исследования особенностей проявления инновационности в современном обществе продиктована необходимостью разработки новых форм управления развитием личности. В поисках границ между личной успешностью, эффективностью и результативностью новые поколения могут использовать свою активность как во благо, так и во вред себе и обществу. Перспективность психологических направлений исследования инновационности связаны не только с выявлением особенностей данного качества в деятельности, но и с внедрением эффективных социально-психологических и психолого-педагогических технологий управления личностными характеристиками для развития созидательности общества.

На основании анализа и обобщения многочисленных теоретическо-эмпирических исследований, посвященных анализу потенциала личности, личностному потенциалу профессионального развития и психолого-акмеологическому потенциалу профессиональной деятельности, можно предположить, что инновационный потенциал личности – это интегральная совокупность видов

8. Лавлинская, О.Ю. Модели принятия решений в задаче синтеза учебного плана / О. Ю. Лавлинская, Т.В. Курченкова // Вестн. Воронеж. ин-та МВД России. – 2009. – № 1. – С. 136–143.
9. Лавлинская, О. Ю. Структурно-параметрическая модель учебного плана вуза // Моделирование систем и информ. технологии : межвуз. сб. науч. тр. – Воронеж: Науч. кн., 2005. – Вып. 2. – С. 14–17.
10. Лавлинская, О.Ю. Ранжирование учебных дисциплин с использованием экспертных оценок // Там же. – Воронеж: Науч. кн., 2006. – Вып. 3, ч. 2. – С. 80–83.
11. Comparing curriculum sequencing algorithms for intelligent adaptive (e)-learning [Electronic resource] / C. Limongelli, F. Sciarrone, M. Temperini, G. Vaste // Interactive Computer-aided Learning – ICL2010 : Proc. Int. conf., Sept. 15–17, 2010, Hasselt, Belgium. – Kassel: Kassel univ. press, 2010. – 8 p. [P. 1013 – 1020]. – URL: <http://www.icl-conference.org/dl/proceedings/2010/contributions/Contribution319.pdf>, free. – Tit. from the screen (usage date: 08.04.2016).
12. Adaptive learning with the LS-plan system: a field evaluation [Electronic resource] / C. Limongelli, F. Sciarrone, M. Temperini, and G. Vaste // IEEE Trans. Learn. Technol. – 2009. – Vol. 2, Iss. 3. – P. 203–215. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/TLT.2009.25>.
13. Brusilovsky, P. Adaptive hypermedia: From intelligent tutoring systems to web-based education (invited talk) // Lecture Notes in Computer Sci. – London: Springer Verl., 2000. – Vol. 1839: Intelligent Tutoring Systems (ITS 2000): Proc. 5th Int. conf., June 19–23, 2000, Montréal, Canada. – P. 1–7.
14. Строганов, Д.В. Взаимосвязь модулей учебного плана / Д.В. Строганов, К.А. Барин, О.Б. Рогова // В мире науч. открытий. – 2011. – № 9. – С. 28–34.
15. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика / А.И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2012. – 813 с.
16. Петрова, С.Ю. Объектно-ориентированная модель формирования индивидуальных учебных планов / С.Ю. Петрова, А.А. Гудзовский, А.В. Кузьмин // Вестн. НГУ. Сер.: Педагогика. – 2009. – Т. 10, вып. 2. – С. 39–50.
17. Мишель, А.А. Динамическая модель управления индивидуальной траекторией обучения студентов / А.А. Мишель, Н.В. Черняева // Вестн. ВГУИТ. – 2015. – № 2. – С. 77–81.
18. Mitsel, A.A. Models, methods and algorithms for control over learning individual trajectory [Electronic resource] / A.A. Mitsel, N.V. Cherniaeva // Handbook of Research on Estimation and Control Techniques in E-Learning Systems. – Hershey, PA: GI Global, 2015. – Chap. 17. – P. 245–257. – URL: <https://www.safaribooksonline.com/library/view/handbook-of-research/9781466694897/978-1-4666-9489-7.ch017.xhtml>, from Safari Tech Books Online. – Tit. from the screen (usage date: 08.04.2016).



О.Б. Михайлова