

## **ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНОГО ПЛАНА**

**А.В. Зыкина**

д.ф.-м.н., профессор, e-mail: avzykina@mail.ru

**В.В. Мунько**

ассистент, e-mail: vkreydunova@mail.ru

Омский государственный технический университет, Омск, Россия

**Аннотация.** В работе рассмотрены подходы к моделированию и оптимизации формирования учебного плана образовательной организации. Анализ существующих разработок показал, что при решении задачи формирования учебного плана часто используются эвристические алгоритмы, а модели, базирующиеся на теории графов и сетевого моделирования, можно применять лишь для решения отдельных компонентов задачи. В большинстве моделей учитывается лишь формализация связи дисциплин и компетенций, при этом отсутствует формализация связи дисциплин и преподавателей. Устранение указанных недостатков видится в использовании процедур оптимизации, разработанных на основе дескрипторных моделей, которые позволят при построении учебного плана оценить выбор и дисциплин, и преподавателей, которые максимально обеспечивают компетенции, заявленные в образовательных программах. Наряду с классическими параметрами для формирования учебного плана (объём учебных часов, набор дисциплин) в модели предлагается учитывать влияние компетентности преподавателей и возможность выбора набора дисциплин.

**Ключевые слова:** учебный план, дисциплина, компетенция, компетентность, преподаватель, оптимизация, дескрипторная модель.

### **Введение**

Модернизация образовательных стандартов обуславливает необходимость внесения соответствующих изменений в учебный процесс образовательной организации. Главной составляющей учебного процесса является учебный план. Процесс формирования учебного плана характеризуется значительным влиянием контингента работников вуза и, как следствие, является ключевой проблемой организации учебного процесса. Если формальные требования к учебному плану (например, количество зачётных единиц по каждому блоку учебного плана) выполнить относительно просто, то обеспечение соответствия требуемых в образовательных программах компетенций знаниям (умениям, владениям), заявленным в дисциплинах из учебного плана, требует значительных усилий. Для более глубокого анализа возможных изменений в организации учебного

процесса необходимо применение математического моделирования, что в свою очередь требует создания новых интеллектуальных систем.

Процесс формирования учебного плана образовательного направления вуза является трудоёмкой задачей. Для её решения в первую очередь требуется определить соответствие формальным требованиям образовательных стандартов и образовательных программ вуза. Для этого необходимо знать набор дисциплин, количество зачётных единиц на каждую дисциплину, распределение зачётных единиц по каждому виду учебной работы дисциплины, объём зачётных единиц на весь учебный план и по отдельным блокам. Также отдельной задачей является обеспечение правильной последовательности изучения дисциплин для распределения по семестрам. В целом составление учебного плана образовательного направления осуществляется при соблюдении многих требований, которые прописаны в нормативных документах. Большинство из них расплывчаты. Требования, с одной стороны, могут быть представлены в математической модели как ограничения, накладываемые на формирование учебного плана, с другой — как целевые функции, значение которых необходимо максимизировать или минимизировать.

Таким образом, при реализации учебного плана выделим следующие проблемы:

1. Учебный план сильно зависит от требований образовательных стандартов и нормативных документов вуза.
2. Нормативные документы для формирования учебного плана являются слабо формализованными данными.

## **1. Подходы к оптимизации процесса формирования учебного плана**

Применение математических методов для оптимизации процесса формирования учебного плана началось в начале 70-х годов в Научно-исследовательском институте проблем высшей школы, где особое внимание уделяли автоматизации планирования и организации учебного процесса. Исследования с применением математических методов базировались на методах теории графов и теории сетевого моделирования [1, 2]. Модели учебного плана представляли в виде взвешенного ориентированного графа.

Вершины графа — это дисциплины, дуги — связи между дисциплинами. Такое представление (см. рис. 1) учебного плана имеет ряд преимуществ:

1. Наглядное изображение связей между дисциплинами;
2. Быстрая корректировка учебного плана за счёт введения новых дисциплин.

Поскольку сетевое планирование ориентировано на анализ только направленных нециклических графов, то позже при применении сетевых методов для

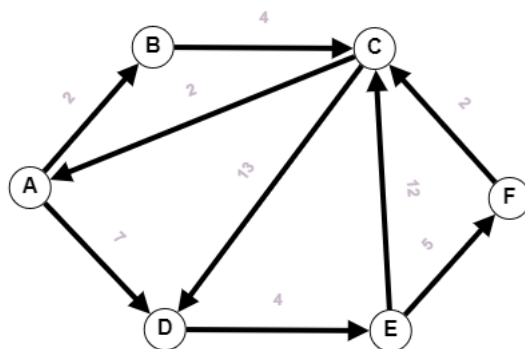


Рис. 1. Графовое представление связей между дисциплинами учебного плана

решения задачи формирования учебной программы был использован термин сетевое моделирование, исключающий условие однонаправленности графа. При реализации учебного плана в виде сетевого графика не всегда удаётся построить ориентированный граф со строгими ограничениями, поскольку учебный процесс представляет собой сложную систему, элементы которой отражают дисциплины, закреплённые за разными кафедрами и имеющие логические связи.

Так, в работе [3] рассмотрен один из возможных подходов к построению такой процедуры, основанный на оптимизации одного из критериев, заданных лицом, принимающим решение (ЛПР). Для решения задач многокритериальной оптимизации на графах применяют модифицированный метод пометок (МП). Модификация предлагается для случая, когда каждое ребро графа задано двумя величинами — временем и стоимостью (см. рис. 2).

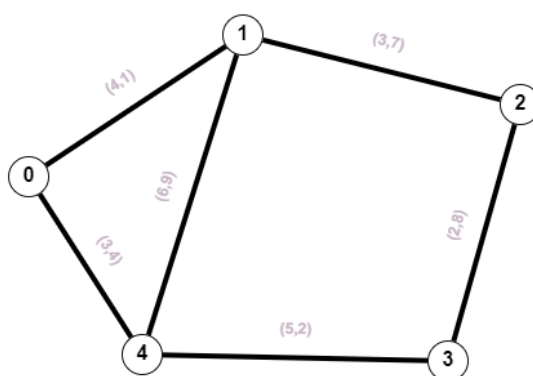


Рис. 2. Пример графа для модифицированного метода пометок

Построенные пути предъявляются ЛПР, которые анализируют их и уточняют свои требования до тех пор, пока не будет получен удовлетворяющий их путь. В отличие от классического алгоритма МП вершина графа может

получить не одну, а несколько пометок  $(T_1, C_1), \dots, (T_k, C_k)$ , где  $T_1 < \dots < T_k$  и  $C_1 > \dots > C_k$ . Кроме того, пометки могут не только добавляться, но и удаляться. Такая формализация возможна, если свести задачу формирования учебного плана к нескольким критериям эффективности.

Ещё одним недостатком сетевого моделирования являлась необходимость участия специалистов по теории сетевого моделирования при разработке сетевых учебных планов [4].

Наряду с применением сетевого моделирования и теории графов для моделирования и анализа учебных планов применяются классические методы оптимизации [5–12].

В работе [5] впервые в задаче формирования учебного плана использованы методы математического моделирования, где булевы переменные  $x_{it}$ ,  $i = 1, \dots, N$ ,  $t = 1, \dots, T$  вводятся по правилу:  $x_{it} = 1$ , если  $i$ -й раздел изучается в  $t$ -м семестре,  $x_{it} = 0$ , если  $i$ -й раздел не изучается в  $t$ -м семестре. При реализации такого учебного плана главным недостатком является отсутствие некоторых требований к составлению учебного плана, например, не учитываются ограничения по объёму зачётных единиц по блокам учебного плана.

В исследованиях [6, 7] для реализации учебного плана используется междисциплинарный подход, такая формализация основана на применении экспертных оценок. На основе экспертных оценок меняются объёмы курсов, корректируется содержание учебных дисциплин, определяется последовательность изучения курсов. Оптимальная последовательность изучения дисциплин рассчитывается с помощью одной из модификаций метода ветвей и границ. Распределение времени изучения дисциплин по семестрам и учебным неделям проводится итерационным методом последовательного конструирования.

Исследование [8] учитывает формирование оптимизационных моделей сложных объектов в рамках поисковой среды оптимизации. Предлагается подход, позволяющий повысить эффективность функционирования сложных объектов на основе применения процедур параметрической, структурной и структурно-параметрической оптимизации в комплексе с компьютерным моделированием. Исходя из особенностей решаемых задач, предлагается сведение к следующим моделям:

1. Однокритериальная оптимизационная модель;
2. Многокритериальная оптимизационная модель без ограничений;
3. Оптимизационная модель, учитывающая дискретные и альтернативные переменные;
4. Однокритериальная оптимизационная модель без учёта ограничений, включающая только переменные дискретного типа.

В работах [9, 10] в оптимизационных моделях используется модульный подход при формировании учебного плана. Образовательные стандарты и основанные на них программы обучения предусматривают постановку конкретных

компетенций, причём компетенции не должны носить общий характер, а должны быть сформулированы чётко и иметь практико-ориентированную направленность. Такая постановка вопроса требует объединения ряда дисциплин в определённые группы (модули).

В исследовании [11] содержательная составляющая учебного плана представлена в виде множества дисциплин  $D$ , которые делятся на модули  $Mod = [a_{ij}]$ ,  $i = 1, \dots, m(j)$ ,  $j = 1, \dots, N$ , где  $[a_{ij}]$ , —  $i$ -й модуль  $j$ -й дисциплины,  $N$  — количество дисциплин,  $m(j)$  — количество модулей в  $j$ -й дисциплине. Для последовательности изучения дисциплин применяется модуль-потомок, который должен изучаться по времени после изучения всех модулей-предков. Для решения задачи оптимизации используются методы динамического программирования. Однако на практике полученные решения являлись недопустимыми.

Формализация учебного плана в [12] включает распределение учебных модулей по времени изучения (учитывается ограничение по общему времени на изучение каждой дисциплины), выборку наиболее значимых модулей для формирования компетенций обучающегося, наполнение каждого модуля содержательной составляющей (темы аудиторных занятий). После формализации всех дисциплин для определённого образовательного направления обучения формируется общая база знаний, включающая все дисциплины учебного плана. Дисциплина представлена в виде набора атрибутов и сущностей. В дальнейшем база обновляется и дополняется учебными дисциплинами в виде набора характеризующих их атрибутов и сущностей. Такое представление дисциплин формирует возможность оценки (в том числе количественной) взаимосвязей между всеми дисциплинами учебного плана.

В работах [13–15] отмечается, что учебный план должен быть направлен на результаты обучения, которые представлены в виде компетенций. Компетентностная модель обучающегося определяется за счёт формирования связей между компетенциями и дисциплинами. Акцентируется внимание на необходимости иерархически определять компетенции, при этом учитывая формальные требования образовательных стандартов.

В работе [16] определены основные задачи, реализуемые чаще всего в информационных системах управления учебным процессом: зачисление, перевод и отчисление студентов, контроль академической успеваемости студентов, формирование учебных планов, распределение учебной нагрузки между факультетами, кафедрами и преподавателями, формирование штатного расписания, составление и корректировка расписаний занятий и экзаменов. Акцентируется внимание на сложности автоматизации формирования учебного плана из-за необходимости разрабатывать учебный план фактически для каждого студента за счёт наличия различных специализаций и дисциплин по выбору. Решение этой проблемы видится в многоуровневой структуре учебного плана, когда на верхнем уровне располагается базовая часть и заглушки вариативных частей, а сами вариативные элементы учебного плана должны располагаться на более низких уровнях.

Для решения проблемы оптимизации учебного плана в работе [17] применяется имитационное динамическое моделирование, которое включает графиче-

ское представление задачи и формализацию обработки аналитических соотношений, получаемых на основе имитационной динамической модели. При этом формирование имитационных динамических моделей является трудоёмким процессом.

В работах [13, 18, 19] для автоматизированного формирования учебного плана применены эвристические методы. В работе [13] представлена дисциплинарно-генетическая модель. Структура учебного плана задаётся матрицей распределения аудиторных занятий по семестрам:

$$T_u = [T_1^d, T_m^d] = \begin{vmatrix} t_{11}^d & t_{21}^d & t_{m1}^d \\ t_{12}^d & t_{22}^d & t_{m2}^d \\ t_{1n}^d & t_{2n}^d & t_{mn}^d \end{vmatrix},$$

где  $t_{ij}^d$  — число часов в неделю, отведённых на аудиторные занятия в  $j$ -м семестре для каждой  $i$ -й дисциплины,  $T_i^d$  — вектор распределения недельной нагрузки по всем семестрам для дисциплины  $d$ .

В работе [18] при поиске наилучшего учебного расписания в качестве критерия эффективности занятий выбирают интересы учебных групп  $g$  и преподавателей  $p$ . Для оценки достоинств и недостатков составленного расписания вводится система штрафов, например, за «окно» в расписании начисляют штраф в 10 баллов. Изменяя количество и значения критериев оптимизации, получают расписание, удовлетворяющее тем или иным параметрам.

Для оптимизации построения учебных планов в работе [19] предлагается описание дисциплин и взаимосвязей между ними в виде множества дисциплин  $D = (D_1, D_2, \dots, D_m)$ , каждый элемент множества  $D$  содержит подмножества компетенций  $D_j = (K_1, K_2, \dots, K_n), j = 1, \dots, m$ , где  $K_i = (T_i, P_i, C_i)$  — компетенция  $i, i = 1, \dots, n$ ,  $T_i$  — множество элементов знаний,  $P_i$  — множество умений,  $C_i$  — множество навыков,  $D_j = (OutD_j, InpD_j)$  — дисциплина, где  $OutD_j = (TO_j, PO_j)$  — теоретические и практические элементы знаний и умений,  $InpD_j = (TI_j, PI_j)$  — теоретические и практические элементы навыков.

Главный недостаток эвристических методов в том, что решение не гарантирует нахождение оптимального решения. Кроме того, проблемой является определение множества допустимых учебных планов, так как найти даже один допустимый учебный план при выполнении всех ограничений является трудоёмкой задачей.

Сложность формализации составления учебного плана заключается в неполноте и неточности исходных данных, расплывчатости ограничений и целей, учитывающих изменения внешних и внутренних условий лица, принимающего решения, при этом дополнительными проблемами являются требования логической последовательности изучения дисциплин. Так, в работе [20] отмечается, что составление учебного плана чаще всего основывается на эвристических алгоритмах.

В работе [21] решение задачи формирования учебного плана осуществляется путём декомпозиции задачи на подзадачи и формирования иерархической структуры информационно несложных и информационно сложных задач приня-

тия решений. Однако этот подход сильно зависит от изменений внешней среды и субъективных предпочтений ЛПР.

Работы зарубежных исследователей [22–29] сводятся к моделям интеграции компетенций в учебные планы. Система образования ведущих университетов европейского образовательного пространства основывается на стандартах ESG (стандарты и рекомендации для гарантии качества высшего образования), и жёстких ограничений для формирования учебного плана в европейском высшем образовании нет [30]. Вместо этого существует длинный перечень предметов (модулей), часть из которых являются обязательными, а остальные студент может выбрать индивидуально. Одной из основных задач европейских университетов является содействие в самореализации, раскрытии и развитии личного потенциала, создании и усвоении собственной свободы и ответственности за жизненный выбор.

## 2. Концепция формирования учебного плана

Анализ российских образовательных стандартов нового поколения 3++ [31] показал, что учебные планы, несмотря на их вариативность, сводятся к следующим составляющим:

### 1. Блок 1. Дисциплины

#### (а) Базовая часть

- i. Обязательные дисциплины (гуманитарные дисциплины и дисциплины профиля).
- ii. Фундаментальные дисциплины профиля, формируемые образовательной организацией (руководителем образовательной программы).

#### (b) Вариативная часть

- i. Фундаментальные дисциплины профиля, формируемые образовательной организацией (руководителем образовательной программы).
- ii. Дисциплины профиля.

### 2. Блок 2. Практика

#### (а) Базовая часть (обязательная практика).

#### (b) Вариативная часть (дополнительные практики и спецпрактики).

### 3. Блок 3. Государственная итоговая аттестация.

### 4. Блок 4. Факультативы.

Главной составляющей учебного плана и организационной единицей является дисциплина. Напрямую нельзя определить, какие компетенции приобретаются в результате изучения конкретной дисциплины, поэтому предлагается

следующий принцип формирования учебного плана с учётом требований образовательного стандарта: дисциплины учебного плана напрямую связаны только с дескрипторами (знаниями, умениями, навыками) которые, в свою очередь, связаны с компетенциями. Для этого вводится формализованное представление [32] компетенции через кортеж, элементами которого являются множество дескрипторов и множество терминов. Тогда каждая сущность учебного плана может быть представлена в пространстве дескрипторов  $V = \langle S^V, D^V, T^V \rangle$ , где  $V$  — это обозначение выбранной сущности,  $S^V$  — формулировка выбранной сущности на естественном языке,  $D^V$  — множество дескрипторов («знать», «уметь», ...),  $T^V$  — множество терминов.

Взаимосвязь дисциплин и компетенций задаётся параметром  $k_{ij} \in [0, 1]$ , который называется коэффициентом закрытия  $i$ -й компетенции  $j$ -й дисциплиной. После этого для каждой компетенции формируется множество дисциплин, каждая из которых обеспечивает закрытие  $i$ -й компетенции не менее, чем на заданную величину  $\alpha$ , а затем строится многокритериальная задача оптимизации, решением которой являются набор дисциплин, максимально обеспечивающих компетенции.

Взаимосвязь дисциплин и преподавателей задаётся параметром  $h_{pj}^s \in [0, 1]$ , который называется коэффициентом профильности  $p$ -го преподавателя по  $s$ -му виду учебной работы  $j$ -й дисциплины. Если  $h_{pj}^1 = 1$ , то  $p$ -й преподаватель является ведущим по  $j$ -й дисциплине. Этот коэффициент зависит от образовательных дипломов преподавателя, курсов повышения квалификации, публикаций, личного рейтинга и т. д. После этого для каждой дисциплины формируется множество преподавателей, профильность которых по  $s$ -му виду учебной работы  $j$ -й дисциплины не меньше заданной величины  $\beta$ , а затем строится многокритериальная задача оптимизации, решением которой является список преподавателей для дисциплины.

### 3. Выводы

Моделирование процесса формирования программы обучения и его отражения в учебном плане — одна из ключевых и наиболее сложных проблем управления в вузах. При решении задачи формирования учебного плана часто используются эвристические алгоритмы, а алгоритмы теории графов и сетевого моделирования можно применять лишь для решений отдельных компонентов задачи. Кроме того, анализ существующих разработок показал, что исследования сводятся лишь к формализации связи дисциплин и компетенций, при этом отсутствует связь дисциплин и преподавателей. Решение указанных проблем видится в использовании процедур оптимизации, разработанных на основе дескрипторных моделей, которые позволят при построении учебного плана оценить выбор и дисциплин, и преподавателей, которые максимально обеспечивают компетенции, заявленные в образовательных программах.

Такие решения позволяют повысить качество подготовки выпускников и их конкурентоспособность на рынке труда. Встроенные рекомендательные системы помогут учащимся формировать в рамках основных образовательных



программ свои индивидуальные образовательные траектории, чтобы получать актуальные на рынке труда специализации с учётом индивидуальных особенностей учащихся.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин А.В. Вопросы оптимального составления учебных планов и программ: диссерт. канд. техн. наук. М. : Высшая школа, 1969. 179 с.
2. Черкасов Б.П. Совершенствование учебных планов и программ на базе сетевого планирования. М. : Высшая школа, 1975. 78 с.
3. Белова А.М., Заславский А.М. Модификация метода пометок для задач многокритериальной оптимизации на графах // Экономика и математические методы. 2020. Т. 56, № 1. С. 95–99.
4. Истомин А.Л., Засухина О.А. Методы, модели и алгоритмы автоматизированного составления учебного плана образовательной программы в вузе // Информатизация образования и науки. 2011. № 3. С. 67–82.
5. Сетевые методы планирования и организация учебного процесса / А.А. Овчинников [и др.]. М. : Высшая школа, 1972, 156 с.
6. Моргунов И.Б., Роменец В.А. Методика научно-обоснованного составления учебного плана. Обзорная информация. М.: НИИВШ, 1976.
7. Роменец В.А. Междисциплинарный подход к разработке учебных планов и программ в Московском институте стали и сплавов / В.А. Роменец [и др.] // Высшее образование в Европе. 1985. Вып 4. С. 61–66.
8. Тишуков Б.Н. Многометодный подход к управлению сложными объектами на основе комплексирования процедур численной оптимизации методами компьютерного моделирования / Б.Н. Тишуков [и др.] // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2020. Т. 16, № 1. С. 33–38.
9. Дудук А. А. Модульный подход при разработке учебного плана / А.А. Дудук [и др.] // Материалы X Международной научно-методической конференции «Перспективы развития высшей школы». 2019. С. 139–140.
10. Применение ЭЦВМ для автоматизации составления учебных планов и расписаний / Анисимов Б.В. [и др.]. М.: Высшая школа. 1972, С. 121–142.
11. Демаков В.И. Математическое моделирование процесса формирования учебных планов для высших учебных заведений: диссерт. канд. техн. наук. Иркутск. 2006. 127 с.
12. Истомин А.Л., Засухина О.А. Постановка и методы решения задачи оптимизации учебного плана в вузе // Системы управления и информационные технологии. 2008. Вып. 33. С. 346–350.
13. Вишталь А.Г. Субоптимизация учебных планов образовательных программ на основе современных методов обработки информации: автореф. дис. канд. техн. наук. Ростов н/Д, 2007. 15 с.
14. Фионова Л.Р. Разработка компонентов информационной системы для управления учебным процессом на основе компетентностного подхода // Информатизация образования и науки. 2011. Вып. 4. С. 14–28.
15. Харитонов И.М. Алгоритм формирования учебного плана с применением методики формализованного представления учебной дисциплины (на примере дисциплины

- «Моделирование систем») // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2011. № 2. С. 178–185.
16. Зуенко А.А. Фридман О.В. Формирование учебных планов вузов как задача удовлетворения ограничений // Труды Кольского научного центра РАН. 2016. С.80–92.
  17. Федотов А.В. Моделирование и управление вузом. Л. : Ленингр. ун-т. 1985, 120 с.
  18. Яндыбаева Н.В. Генетический алгоритм в задаче оптимизации учебного расписания вуза // Современные наукоемкие технологии. 2009. Вып. 11. С. 97–98.
  19. Курилова О.Л. Применение генетического алгоритма для оптимизации учебного плана // Информационные технологии и образование. 2013. Вып. 3. С. 84–92.
  20. Курченкова Т.В., Лавлинская О.Ю. Модели принятия решений в задаче синтеза учебного плана // Вестник Воронежского института МВД России. 2009. Вып. 1. С. 76–85.
  21. Найханова Д.В., Дамбаева С.В. Методы и алгоритмы принятия решений в управлении учебным процессом в условиях неопределенности. Улан-Удэ: ВСГТУ, 2004. 164 с.
  22. Carvajal-Ortiz L. [et. al.]. Models, methods and software prototype to support the design, evaluation, and analysis in the curriculum management of competency-based for higher education // XLV Latin American Computing Conference (CLEI). 2019.
  23. Snchez F. [et. al.]. Developing professional skills at tertiary level: A model to integrate competencies across the curriculum // IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings. 2014.
  24. Banerjee R. [et. al.]. Curriculum Integration of engineering with business to enhance engineer's management competency — A multidisciplinary to interdisciplinary approach // Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET). 2020.
  25. Romero L. [et. al.]. An Ontology for Describing Competency-Based Curriculum at Engineering Careers // 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). 2019.
  26. Impagliazzo J. [et. al.]. Incorporating CC2020 and SWECOM Competencies into Software Engineering Curricula: A Tutorial // IEEE 32nd Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET). 2020.
  27. Curbano R.J.P. [et. al.]. Competency-based Assessment of Industrial Engineering Graduates: Basis for Enhancing Industry Driven Curriculum // IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). 2018.
  28. Johnson B., Ulseth R. Development of professional competency through professional identity formation in a PBL curriculum // IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). 2016.
  29. Harmse A., Wadee A. Competency Frameworks as Activators for curriculum development in ICT courses: A comparative study // International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD). 2020.
  30. Европейские стандарты и рекомендации для гарантии качества высшего образования. URL: <https://rusregister.ru/standards/esg-enqa/> (дата обращения: 27.10.2021).
  31. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего обра-

зования. URL: <http://fgosvo.ru/> (дата обращения: 27.10.2021).

32. Канева О.Н. [и др.]. Разработка алгоритма нахождения семантической близости между компетенциями // Информационный бюллетень Омского научно-образовательного центра ОмГТУ и ИМ СО РАН в области математики и информатики. 2017. Т. 1, № 1. С. 155–157.

## APPROACHES TO MODELING OF THE CURRICULUM DEVELOPMENT PROCESS

**A.V. Zykina**

Dr.Sc. (Phys.-Math.), Professor, e-mail: avzykina@mail.ru

**V.V. Munko**

assistant, e-mail: vkreydunova@mail.ru

Omsk State Technical University, Omsk, Russia

**Abstract.** The paper considers approaches to modeling and optimization of educational institution's curriculum development. The analysis of existing research has shown that in solving the problem of curriculum development heuristic algorithms are often used. Models based on graph theory and network simulation can be used only to solve individual segments of the problem. Most models include only formalization of the connection between disciplines and competencies, without formalization of the connection between disciplines and teachers. However, to eliminate these disadvantages, one can use optimization procedures developed from descriptor models. These procedures will enable us to evaluate the choice of disciplines and teachers that guarantee the competencies stated in the educational programs. Along with classical parameters for curriculum development ( number of academic hours, set of disciplines), the model should consider the impact of teachers' expertise and the possibility of selecting a set of disciplines.

**Keywords:** curriculum, discipline, competence, expertise, teacher, optimization, descriptor modele.

## REFERENCES

1. Nikitin A.V. Voprosy optimal'nogo sostavleniya uchebnykh planov i programm: dissert. kand. tekhn. nauk. Moscow, Vysshaya shkola, 1969, 179 p. (in Russian)
2. Cherkasov B.P. Sovershenstvovanie uchebnykh planov i programm na baze setevogo planirovaniya. Moscow, Vysshaya shkola, 1975, 78 p. (in Russian)
3. Belova A.M. and Zaslavkii A.M. Modifikatsiya metoda pometok dlya zadach mnogokriterial'noi optimizatsii na grafakh. *Ekonomika i matematicheskie metody*, 2020, vol. 56, no. 1, pp. 95–99. (in Russian)
4. Istomin A.L. and Zasukhina O.A. Metody, modeli i algoritmy avtomatizirovannogo sostavleniya uchebnogo plana obrazovatel'noi programmy v vuze. *Informatizatsiya obrazovaniya i nauki*, 2011, no. 3, pp. 67–82. (in Russian)
5. Ovchinnikov A.A. [i dr.] Setevye metody planirovaniya i organizatsiya uchebnogo protsesssa. Moscow, Vysshaya shkola, 1972, 156 p. (in Russian)

6. Morgunov I.B. and Romenets V.A. Metodika nauchno-obosnovannogo sostavleniya uchebnogo plana. Obzornaya informatsiya. Moscow, NIIVSh, 1976. (in Russian)
7. Romenets V.A. [i dr.] Mezhdistsiplinarnyi podkhod k razrabotke uchebnykh planov i programm v Moskovskom institute stali i splavov. Vyshee obrazovanie v Evrope, 1985, vol. 4, pp. 61–66. (in Russian)
8. Tishukov B.N. [i dr.] Mnogometodnyi podkhod k upravleniyu slozhnymi ob"ektami na osnove kompleksirovaniya protsedur chislennoi optimizatsii metodami komp'yuternogo modelirovaniya. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2020, vol. 16, no. 1, pp. 33–38. (in Russian)
9. Duduk A.A. [i dr.] Modul'nyi podkhod pri razrabotke uchebnogo plana. Materialy Kh Mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii "Perspektivy razvitiya vysshei shkoly", 2019, pp. 139–140. (in Russian)
10. Anisimov B.V. [i dr.] Primenenie ETsVM dlya avtomatizatsii sostavleniya uchebnykh planov i raspisaniy. Moscow, Vysshaya shkola, 1972, pp. 121–142. (in Russian)
11. Demakov V.I. Matematicheskoe modelirovanie protsessa formirovaniya uchebnykh planov dlya vysshikh uchebnykh zavedeniy: disert. kand. tekhn. nauk. Irkutsk, 2006, 127 p. (in Russian)
12. Istomin A.L. and Zasukhina O.A. Postanovka i metody resheniya zadachi optimizatsii uchebnogo plana v vuze. Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii, 2008, vol. 33, pp. 346–350. (in Russian)
13. Vishtal' A.G. Suboptimizatsiya uchebnykh planov obrazovatel'nykh programm na osnove sovremennykh metodov obrabotki informatsii: avtopef. dis. kand. tekhn. nauk. Rostov n/D, 2007, 15 p. (in Russian)
14. Fionova L.R. Razrabotka komponentov informatsionnoi sistemy dlya upravleniya uchebnym protsessom na osnove kompetentnostnogo podkhoda. Informatizatsiya obrazovaniya i nauki, 2011, vol. 4, pp. 14–28. (in Russian)
15. Kharitonov I.M. Algoritm formirovaniya uchebnogo plana s primeneniem metodiki formalizovannogo predstavleniya uchebnoi distsipliny (na primere distsipliny "Modelirovanie sistem"). Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika, 2011, no. 2, pp. 178–185. (in Russian)
16. Zuenko A.A. and Fridman O.V. Formirovanie uchebnykh planov vuzov kak zadacha udovletvoreniya ogranicheniy, Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. 2016. pp. 80–92. (in Russian)
17. Fedotov A.V. Modelirovanie i upravlenie vuzom. Leningrad, Leningr. un-t, 1985, 120 p. (in Russian)
18. Yandybaeva N.V. Geneticheskii algoritm v zadache optimizatsii uchebnogo raspisaniya vuza. Sovremennye naukoemkie tekhnologii, 2009, vol. 11, pp. 97–98. (in Russian)
19. Kurilova O.L. Primenenie geneticheskogo algoritma dlya optimizatsii uchebnogo plana. Informatsionnye tekhnologii i obrazovanie, 2013, vol. 3, pp. 84–92. (in Russian)
20. Kurchenkova T.V. and Lavlinskaya O.Yu. Modeli prinyatiya resheniy v zadache sinteza uchebnogo plana. Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii, 2009, vol. 1, pp. 76–85. (in Russian)
21. Naikhanova D.V. and Dambaeva S.V. Metody i algoritmy prinyatiya resheniy v upravlenii uchebnym protsessom v usloviyakh neopredelennosti. Ulan-Ude, VSGTU, 2004, 164 p. (in Russian)
22. Carvajal-Ortiz L. [et. al.]. Models, methods and software prototype to support the

- design, evaluation, and analysis in the curriculum management of competency-based for higher education. XLV Latin American Computing Conference (CLEI), 2019.
23. Snchez F. [et. al.]. Developing professional skills at tertiary level: A model to integrate competencies across the curriculum. IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings, 2014.
  24. Banerjee R. [et. al.]. Curriculum Integration of engineering with business to enhance engineer's management competency — A multidisciplinary to interdisciplinary approach. Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET). 2020.
  25. Romero L. [et. al.]. An Ontology for Describing Competency-Based Curriculum at Engineering Careers. 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2019.
  26. Impagliazzo J. [et. al.]. Incorporating CC2020 and SWECOM Competencies into Software Engineering Curricula: A Tutorial. IEEE 32nd Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET), 2020.
  27. Curbano R.J.P. [et. al.]. Competency-based Assessment of Industrial Engineering Graduates: Basis for Enhancing Industry Driven Curriculum. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). 2018.
  28. Johnson B. and Ulseth R. Development of professional competency through professional identity formation in a PBL curriculum. IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2016.
  29. Harmse A. and Wadee A. Competency Frameworks as Activators for curriculum development in ICT courses: A comparative study. International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD), 2020.
  30. Evropeiskie standarty i rekomendatsii dlya garantii kachestva vysshego obrazovaniya. URL: <https://rusregister.ru/standards/esg-enqa/> (27.10.2021). (in Russian)
  31. Portal Federal'nykh gosudarstvennykh obrazovatel'nykh standartov vysshego obrazovaniya. URL: <http://fgosvo.ru/> (27.10.2021). (in Russian)
  32. Kaneva O.N. [i dr.]. Razrabotka algoritma nakhozheniya semanticheskoi blizosti mezhdru kompetentsiyami. Informatsionnyi byulleten' Omskogo nauchno-obrazovatel'nogo tsentra OmGTU i IM SO RAN v oblasti matematiki i informatiki, 2017, vol. 1, no. 1, pp. 155–157. (in Russian)

*Дата поступления в редакцию: 30.11.2021*