

Модели и автоматизированные технологии для разработки учебных планов

Цель исследования: на основе системного анализа процесса разработки учебных планов определить последовательность укрупненных этапов разработки плана, модели и информационные технологии для реализации этих этапов.

Методы: методы и модели теории систем и системного анализа, в том числе методики и автоматизированные диалоговые процедуры структуризации целей, модели и автоматизированные процедуры организации сложных экспертиз.

Результаты: на основе анализа существующих работ по моделированию учебных планов с использованием формализованных математических постановок задачи оптимизации распределения дисциплин по годам и семестрам с учетом соответствующих ограничений показано, что сложность и размерность таких задач требует разработки специальных программных продуктов; определение исходных данных и ограничений связаны с большими затратами времени, что не просто обеспечить в реальных условиях разработки планов, и при этом проверить объективность исходных данных и ограничений для таких моделей практически невозможно. Для обеспечения полноты анализа процесса разработки учебного плана предлагается использовать определение системы, основанное на системно-целевом подходе. На основе этого определения обоснована последовательность укрупненных этапов разработки учебного плана: 1) определение (уточнение) требований к содержанию обучения; 2) определение

множества дисциплин, включаемых в учебный план; 3) определение последовательности изучения дисциплин; 4) распределение дисциплин по семестрам. Разработаны модели и технологии реализации этапов разработки плана: 1) модели, базирующиеся на применении информационного подхода А.А. Денисова и модификации предложенной им оценки степени целесообразности, реализуемой в нашей задаче в форме оценки степени влияния дисциплин на реализацию компетенций, и 2) модели определения последовательности изучения дисциплин: а) взаимосвязи дисциплин методом симплицального комплекса, и б) модели, реализуемые средствами информационного поиска с использованием информационно-поискового языка с правилами типа «условного следования за...». Для реализации моделей разработаны автоматизированные диалоговые процедуры.

Модели экспериментально реализуются на примере разработки и корректировки рабочих учебных планов по направлениям подготовки бакалавров и магистров «Системный анализ и управление», «Информационные системы и технологии», «Прикладная информатика».

Ключевые слова: автоматизированная диалоговая процедура, дисциплина, информационные технологии, компетенция, методики структуризации целей, методы организации сложных экспертиз, модель, учебный план.

Violetta N. Volkova, Artem A. Efremov, Aleksandra V. Loginova,
Daria A. Kabinetskaja, Marina A. Tambaum

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great, St. Petersburg, Russia

Models and automation technologies for the curriculum development

The aim of the research was to determine the sequence of the curriculum development stages on the basis of the system analysis, as well as to create models and information technologies for the implementation of these stages.

The methods and the models of the systems' theory and the system analysis, including methods and automated procedures for structuring organizational aims, models and automated procedures for organizing complex expertise.

On the basis of the analysis of existing studies in the field of curriculum modeling, using formal mathematical language, including optimization models, that help to make distribution of disciplines by years and semesters in accordance with the relevant restrictions, it is shown, that the complexity and dimension of these tasks require the development of special software; the problem of defining the input data and restrictions requires a large time investment, that seems to be difficult to provide in real conditions of plans' developing, thus it is almost impossible to verify the objectivity of the input data and the restrictions in such models. For a complete analysis of the process of curriculum development it is proposed to use the system definition, based on the system-targeted approach. On the basis of this definition the reasonable sequence of the integrated stages for the development of the curriculum was justified: 1) definition (specification) of the requirements for the educational content;

2) determining the number of subjects, included in the curriculum; 3) definition of the sequence of the subjects; 4) distribution of subjects by semesters. The models and technologies for the implementation of these stages of curriculum development were given in the article: 1) models, based on the information approach of A. Denisov and the modified degree of compliance with objectives based on Denisov's evaluation index (in the article the idea of evaluating the degree of the impact of disciplines for realization of competences was used); 2) models to define the sequence of subjects from curriculum: a) the models, based on evaluating the relationship between the disciplines, using simplicial complex theory, b) the models, implemented by means of information search, using the information retrieval language with the grammar, containing the system of predicates. To implement the models, the automated dialogue procedures were developed.

Models have been tested during the process of the development and the adjustment of the working curriculum for bachelor's and master's degree programs in the fields «System Analysis and Management», «Information Systems and Technologies», «Applied Informatics».

Keywords: automated dialogue procedure, academic subject, information technologies, competence, methodologies of aims' structuring, methods of complex assessments' organization, model, curriculum.

Введение

Задача автоматизации моделирования учебных планов вузов была поставлена еще в 1970-е гг. [1–4 и др.]. Но, несмотря на длительную историю, эта задача в силу сложности остается трудно формализуемой и актуальной.

Первоначально задача решалась на основе сетевого моделирования. Варианты последовательности изучения дисциплин формировались разработчиками учебного плана, а автоматизировался анализ сетевых моделей. В настоящее время задача в такой постановке решается на практике средствами Excel. Причем в детализированном варианте, учитывающем разделение времени, отводимого на изучение дисциплины на лекции, лабораторные, практические занятия и самостоятельную работу студентов.

Предлагались формализованные математические постановки задачи оптимизации распределения дисциплин по годам и семестрам с учетом соответствующих ограничений: вида дисциплин (общеобразовательные, профилирующие), числа недель в семестре, часов в неделю, связности дисциплин, разделения продолжающихся дисциплин на модули и т.п. [2, 5]. Этот подход продолжает развиваться [6, 7 и др.].

Сложность и размерность таких задач требует разработки специальных программных продуктов, основанных на идее динамического программирования. Постановка задачи, определение исходных данных и ограничений связана с большими затратами времени, что непросто реализовать в реальных условиях разработки планов. Кроме того, исходные данные и ограничения для таких моделей задаются экспертами-преподавателями, и проверить их объективность не представляется возможным.

В данной работе проводится системный анализ процесса формирования учебного плана, предлагается последовательность укрупненных этапов разработки плана, модели и автоматизированные диалоговые процедуры для реализации этих этапов, что обеспечит повторяемость процесса моделирования с корректировкой исходных данных и результатов лицами, принимающими решение по формированию учебного плана в интерактивном режиме.

Для обеспечения полноты анализа процесса разработки учебного плана предлагается использовать определение системы [8]:

$$S_{def} \in \langle Z, SF, TECH, COND, N \rangle, \quad (1)$$

где Z – цели (требования к содержанию обучения, компетенции K_i);

SF – содержание обучения и формы его реализации;

$TECH$ – технологии реализации обучения, включая методы met , средства, алгоритмы и т.д., в том числе технологии разработки учебного плана, т.е. модели и автоматизированные процедуры для поддержки принятия решения по его формированию;

$COND$ – условия, учитывающие внешние и внутренние факторы, влияющие на образовательную деятельность, $COND = \{\varphi_{ex}, \varphi_{in}\}$;

N – лица, обеспечивающие процесс обучения и разработку учебных планов.

В соответствии с этим определением процесс разработки (корректировки) учебного плана можно разделить на ряд этапов, приведенных на рисунке.

Для выполнения этих этапов могут применяться различные модели [9]. Предлагаемые авторами модели и технологии их реализации кратко характеризуются в следующих разделах.

Определение (уточнение) требований к содержанию обучения (компетенции)

Требования к содержанию обучения определяются в форма компетенций

$$K = \{k_1, k_2, \dots, k_i, \dots, k_n\}, i = \overline{1, \dots, n}$$

где k – компетенция; n – количество исходных рассматриваемых требований (компетенций);

Требования, предъявляемые к бакалавру, можно разделить на основе трех основных областей:

- Требования ФГОС $K_{\text{ФГОС}}$;

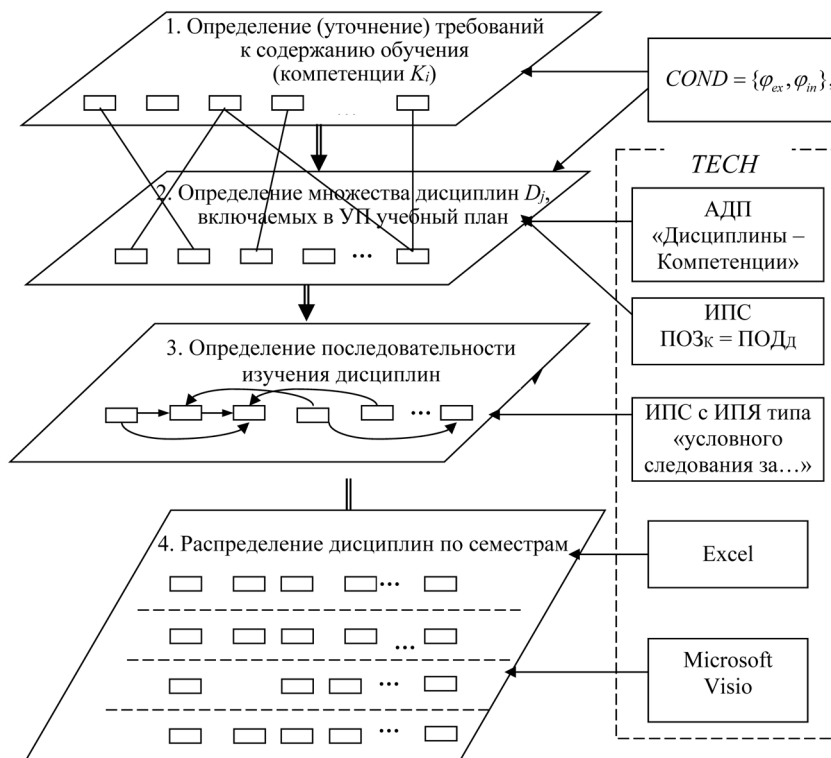


Рис. Этапы разработки учебного плана и информационные технологии для их реализации

- Профессиональные требования $K_{\text{проф}}$;
- Требования к должности $K_{\text{долж}}$.

Таким образом:

$$K = \{K_{\text{ГОСТ}}, K_{\text{проф}}, K_{\text{долж}}\}$$

Можно также уточнить требования на основе методик структуризации целей и функций деятельности, на реализацию которой ориентирован учебный план, [9], и применения автоматизированных диалоговых процедур [10, 11].

Определение множества дисциплин, включаемых в учебный план на основе анализа соответствия дисциплин требованиям (компетенциям)

Совокупностью структур STR , реализующих требования, являются учебные дисциплины, необходимые для изучения.

$$D = \{D_{\text{баз}}, D_{\text{вар}}, D_{\text{доп}}\},$$

где $D_{\text{баз}}$ – базовая часть, $D_{\text{вар}}$ – вариативная часть, $D_{\text{доп}}$ – дополнительные дисциплины (практики и НИР).

Базовая часть включает в себя общеобразовательный модуль, фундаментальный модуль, модуль изучения иностранного языка, модуль УГСН, а также блок системного анализа и управления.

Вариативная часть включает в себя обязательные дисциплины (дисциплины математического блока, дисциплины информационного блока и проектный блок) и дисциплины по выбору (элективные курсы по физической культуре, общеобразовательный модуль, фундаментальный модуль, модуль изучения иностранного языка, модуль УГСН).

В свою очередь, каждая из рассматриваемых частей содержит определенное количество модулей:

$$D_{\text{баз}} = \{D_{\text{мод1}}, \dots, D_{\text{мод}i}, \dots, D_{\text{мод}F}\}, i = \overline{1, F}.$$

$$D_{\text{вар}} = \{D_{\text{мод1}}, \dots, D_{\text{мод}j}, \dots, D_{\text{мод}L}\}, i = \overline{1, L}.$$

$$D_{\text{доп}} = \{D_{\text{мод1}}, \dots, D_{\text{мод}k}, \dots, D_{\text{мод}K}\}, i = \overline{1, K}.$$

Каждый из рассматриваемых модулей содержит определенное количество дисциплин. Например, блок системного анализа и управления (САиУ) из базовой части можно записать следующим образом:

$$D_{\text{САиУ}} = \{D_{\text{САиУ1}}, \dots, D_{\text{САиУ}p}, \dots, D_{\text{САиУ}P}\}, p = \overline{1, P},$$

где P – количество дисциплин в блоке САиУ.

Аналогичным образом можно записать формализовано каждый модуль дисциплин.

Задача анализа соответствия дисциплин определить на этой основе требования, недостаточно обеспеченные дисциплинами, разрабатывать рекомендации по введению новых дисциплин, повышающих полноту обеспечения требований; выявить дисциплины, в меньшей мере соответствующие требованиям по областям и видам профессиональной деятельности, и в результате

обосновать состав дисциплин, в наибольшей мере соответствующий требованиям (компетенциям).

Задачу обоснования состава дисциплин, включаемых в учебный план, можно разбить на подзадачи.

1. Определить множество предлагаемых преподавателями и определяемых идеологом концепции учебного плана на основе сопоставления их с требованиями.

Эту задачу можно решить:

а) на основе применения автоматизированной диалоговой процедуры, основанной на получении размещений с повторениями из списков компетенций и дисциплин;

б) на основе разработки информационно-поисковой системы, в которой поисковые образы запросов формируются из ключевых слов компетенций, а поисковые образы документов из ключевых слов, выбранных из названий и содержания дисциплин.

2. Поставить оптимизационную задачу выбора наиболее значимых дисциплин.

При постановке задачи предлагается:

для получения более дифференцированных оценок дисциплин применить информационные оценки степени влияния компонентов нижележащих уровней на вышестоящие, предложенные А.А. Денисовым [10, 12].

$$H_i = -q_i \log(1 - p'_i), \quad (2)$$

где p'_i – степень влияния на достижение требований, $0,7 \leq p'_i \leq 0,99$;

q_i – вероятность реализации того, что рассматриваемую дисциплину можно обеспечить силами преподавателей кафедры;

учесть ограничения, которые определяются компонентами определения (1) – $TECH, COND, N$.

Тогда формализованную постановку задачи можно представить следующим образом:

$$\sum_i H_i x_i \rightarrow \max | \varphi_{C_\Sigma}, \varphi_{C_d}, \varphi_{Teac}, \varphi_{Ink}.$$

В качестве ограничений φ_j следует учитывать:

а) совокупность технологий, реализующих систему:

$$TECH = \{meth, means, alg, \dots\},$$

где $meth$ – методы, $means$ – средства и alg – алгоритмы, реализующие технологии передачи и усвоения знаний.

б) факторы (ограничения), влияющие на создание и функционирование системы:

$$COND = \{\varphi_{ex}, \varphi_{in}\},$$

где φ_{ex} – внешние, φ_{in} – внутренние.

Внешние ограничения φ_{ex} :

1. Очевидные ограничения, влияющие на существование системы – суммарное количество часов, отведенное непосредственно на модуль. Оно складывается из суммарного количества часов, отводимых на каждую дисциплину модуля в течение семестра. Запишем это следующим образом:

$$C_\Sigma = \sum_i C_{di}, i = \overline{1, s},$$

где C_{di} – количество часов, отводимых на определенную дисциплину модуля,

i – номер дисциплины модуля,

s – количество дисциплин в модуле,
 C_{Σ} – суммарное количество часов, отведенных на модуль направления.

2. В зависимости от учебного плана, дисциплины распределяются по семестрам. Соответственно, возникает еще и ограничение на количество часов, отведенных на определенную дисциплину в семестре. Запишем это следующим образом:

$$C_d = C_{dp},$$

где C_{dp} – количество часов, отведенных на дисциплину в соответствии с учебным планом.

При этом количество часов, отведенных на дисциплину, должно быть кратно 18, так как дисциплина должна читаться не менее одного раза в две недели.

$$C_{di} \vdots 18,$$

где \vdots – математический символ кратности.

Внутренние ограничения φ_{in} .

1. Наличие преподавателей, которые обладают возможностью преподавать определенную дисциплину. Обозначим данное ограничение как φ_{leac} .

2. Необходимость равномерной загрузки всех преподавателей кафедры, обозначим как φ_{ur} .

Таким образом, внешние ограничения:

$$\varphi_{ex} = \{\varphi_{C_{\Sigma}}, \varphi_{C_d}\}$$

где $\varphi_{C_{\Sigma}}$ – ограничение на суммарное количество часов, отведенных на модуль направления,

φ_{C_d} – ограничение на количество часов, отведенных на дисциплину в течение семестра.

Такую общую постановку задачи трудно реализовать с учетом всех ограничений, в числе которых есть не только формализуемые ограничения, но и ограничения, которые нельзя формализовать.

Поэтому можно ставить задачи, постепенно учитывающие ограничения.

Например, можно поставить задачу следующим образом.

$\{K_j\}_{j=1}^M = K_{\Phi Г О С} \cap K_{П С} \cap K_{р а б}$ – множество требований, полученных как пересечение требований работодателя, государственного и профессионального стандартов;

$$\left. \begin{aligned} \{D_i\}_{i=1}^N &= \{D_1 \dots D_N\} \\ \{n_i\}_{i=1}^N &= \{n_1 \dots n_N\} \in \mathbb{N} \end{aligned} \right| D_i \rightarrow n_i - \text{каждой дисциплине}$$

взаимно однозначно поставлен в соответствии порядковый номер из множества натуральных чисел;

$\exists \{(D_i, n_i)\}_{i=1}^N$ – множество пар «дисциплина – порядковый номер»;

$(k_i, D_i)_{i=1}^N \rightarrow p_i, q_i$ – каждой паре «требование – дисциплина» соответствуют оценки;

$$\left. \begin{aligned} \{D_i\}_{i=1}^N &= \{D_1 \dots D_N\} \\ \{T_i\}_{i=1}^N &= \{T_1 \dots T_N\} \end{aligned} \right| D_i \rightarrow T_i - \text{каждой дисциплине}$$

взаимно однозначно поставлен в соответствии объем дисциплины в часах.

Временные ограничения, связанные с учебным семестром: $\sum_{i=1}^N T_i \leq T_{\max}$;

Необходимо найти множество пар «дисциплина – порядковый номер»:

$$\{(D_i, n_i)\}_{i=1}^N = \arg \max (H_{\Sigma}) \left| \begin{aligned} H_{\Sigma} &= \sum_{i=1}^N H_i \rightarrow \{p_i\}_{i=1}^N, \{q_i\}_{i=1}^N, \\ H_i &= -q_i \log(1 - p_i) \end{aligned} \right.$$

Такая постановка задачи позволяет найти множество пар «дисциплина – порядковый номер», удовлетворяющих ограничению объема часов в семестре с оценками степени их влияния на реализацию требований.

Затем можно провести оценку пар с использованием (2).

Результат может быть представлен лицу, принимающему решение по формированию учебного плана, и это поможет ему частично сократить время на его формирование.

3. Определение последовательности изучения дисциплин

3.1. Постановка задачи. Этот этап можно представить, как задачу разработки направленного графа, т.е. графа, в котором нет обратных связей между вершинами, образующих циклы.

Модели можно представить в графической форме и в виде теоретико-множественных отображений.

Например:

$$\begin{aligned} D &= \{D_1, D_2, \dots, D_i, \dots, D_n\}, \\ U &= \{U_{1,2}, U_{2,3}, \dots, U_{i,j}, \dots\}, \end{aligned}$$

где

D – множество вершин D_i ;

U – множество ориентированных дуг (связей между вершинами);

$U_{i,j} = (D_i, D_j)$ – ориентированная дуга, характеризующая направление передачи сведений из вершины D_i в вершину D_j .

Тогда граф можно обозначить символом $G(D, U)$.

На сетевые модели накладывались еще более жесткие требования: кроме требования направленности, в графе должен был быть только один *источник* (вершина, не имеющая входящих дуг) и один *сток* (вершина, не имеющая исходящих дуг). Накладывались также требования отсутствия *тупиков* (промежуточных ответвляющихся вершин, не имеющая исходящих дуг).

Таким образом, сетевой график учебного плана представляет собой графическое изображение работ (учебных операций), логически соединенных между собой.

Для формирования и анализа такого графа могут применяться различные модели: анализ связности дисциплин методом симплициального комплекса, базирующийся на идеях Дж. Касти [13], разработка языка моделирования с грамматикой типа «условного следования за» [14] и др.

3.2. Исследование взаимосвязи дисциплин методом симплициального комплекса.

Рассматриваемый подход к анализу связности в системах методом симплициального комплекса базируется на идеях работы Дж. Касты [15].

Для того, чтобы изучить связность структуры, необходимо рассмотреть понятие комплекса. Симплициальный комплекс – это естественное математическое обобщение понятия планарного графа, отражающего многомерную природу бинарного отношения. Поскольку симплициальный комплекс, по существу, не что иное, как семейство симплексов, соединенных посредством общих граней, то естественной характеристикой связности могла бы служить размерность грани, общей двум симплексам. Однако, нас интересует комплекс в целом, поэтому более целесообразно использовать понятие цепь связи, отражающее тот факт, что два симплекса могут не иметь общей грани, но могут быть связаны при помощи последовательности промежуточных симплексов. С учетом соображения размерности понятие q -связности может быть сформулировано следующим образом.

Даны два симплекса σ_i и σ_j комплекса W соединены цепью q -связи, если существует последовательность симплексов $\{\sigma_{ai}\}_{i=1}^n$ в W , такая, что σ_{a1} – грань σ_i , σ_{an} – грань σ_j , σ_{ai} и σ_{ai+1} обладают общей гранью размерности β для $i = 1, 2, \dots, n-1$, $q = \min\{i, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n, j\}$.

Нижний индекс симплекса соответствует его геометрической размерности, например $\dim \sigma_s = s$.

Таким образом, задача изучения глобальной структуры связности комплекса W сводится к рассмотрению классов q -эквивалентности. Для каждого значения размерности $q = 0, 1, \dots, \dim W$ можно определить число различных классов эквивалентности Q_q . Эту операцию называют q -анализом комплекса W , а вектор $Q = (Q_{\dim K}, \dots, Q_0)$ – первым структурным вектором комплекса.

Несмотря на то что q -анализ оказывается довольно эффективным при изучении глобальной связности структуры, тем не менее он не дает необходимой информации о том, как каждый отдельный симплекс входит в весь комплекс. Поскольку, индивидуальные свойства симплексов могут оказаться весьма существенными в рассматриваемой проблеме, важно уметь определять степень интегрированности каждого отдельного симплекса в структуре всего комплекса. С этой целью введем понятие *эксцентриситет*.

Эксцентриситет симплекса σ задается следующей формулой:

$$\text{ecc}(\sigma) = (q' - q'') / (q'' + 1), \quad (3)$$

где q' – размерность симплекса σ ,

q'' – наибольшее значение q , при котором σ становится связанным с каким-либо другим симплексом из W .

Недостатки метода симплициального комплекса состоит в том, что данный метод позволяет оценивать взаимосвязи учебных дисциплин и определять степень интегрированности отдельной дисциплины в учебный

план, но не выявляет циклы, возникающие в процессе обучения, и дублирования понятий.

3.3. Разработка модели упорядочения дисциплин на основе информационно-поисковой системы

Для того, чтобы определить предварительную последовательность изучения дисциплин в учебном плане, можно разработать информационно-поисковую систему. Для этого необходимо разработать информационно-поисковый язык, используя идеи, предложенные в [14].

Запишем термины и грамматические правила языка моделирования в форме теоретико-множественных представлений.

Примем следующие обозначения:

$D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, \dots, D_n$ – рассматриваемые дисциплины, изучаемые в вузе и обеспечивающие необходимые знания магистров.

T_1 – множество понятий ранее встречавшихся при изучении других дисциплин магистром, $t_{1j} \in \{T_1\}$;

T_2 – множество понятий, нововведенных при изучении магистром данной дисциплины, $t_{2j} \in \{T_2\}$;

Представим язык моделирования в бэкусовской нормальной форме.

$\langle \text{Тезаурус} \rangle ::= \langle \text{основные символы} \rangle | \langle \text{синтаксические единицы} \rangle$

$\langle \text{основные символы} \rangle ::= \langle \text{буквы} \rangle | \langle \text{цифры} \rangle | \langle \text{специальные знаки} \rangle$

$\langle \text{синтаксические единицы} \rangle ::= \langle \text{термы} \rangle | \langle \text{элементарные цепочки} \rangle | \langle \text{усложненные цепочки} \rangle$

$\langle \text{термы} \rangle ::= \langle t_{2j} \rangle | \langle t_{1j} \rangle = \langle \text{идентификатор терма} \rangle | \langle \text{слово} \rangle | \langle \text{словосочетание} \rangle$

$\langle \text{идентификатор терма} \rangle ::= \langle \text{буква} \rangle | \langle \text{буква} \rangle \langle \text{буква} \rangle | \langle \text{буква} \rangle \langle \text{буква} \rangle \langle \text{буква} \rangle | \langle \text{буква} \rangle \langle \text{буква} \rangle \langle \text{буква} \rangle \langle \text{буква} \rangle | \langle \text{специальный знак} \rangle \langle \text{цифра} \rangle = \langle \text{seq_2} \rangle | \langle \text{seq_4} \rangle | \dots$

$\langle \text{элементарные цепочки} \rangle ::= \langle D_j t_{2j} D_j t_{1j} \rangle$

$\langle \text{усложненные цепочки} \rangle ::= \langle D_j t_{2j} D_j t_{1j} \rangle \langle D_j t_{2j} D_j t_{1j} \rangle | \langle D_j t_{2j} D_j t_{1j} \rangle \langle D_j t_{2j} D_j t_{1j} \rangle | \langle D_j t_{2j} D_j t_{1j} \rangle \langle D_j t_{2j} D_j t_{1j} \rangle | \langle D_j t_{2j} D_j t_{1j} \rangle \langle D_j t_{2j} D_j t_{1j} \rangle$

$\langle \text{Грамматика} \rangle ::= \langle G_1 \rangle | \langle G_2 \rangle$

$\langle G_1 \rangle ::= \langle \text{правило формирования элементарных цепочек} \rangle$

$\langle G_1 \rangle ::= |F \langle t_{2j} \rangle = \langle t_{1j} \rangle = \rangle \langle D_j t_{2j} \rangle - \rangle \langle D_j t_{1j} \rangle$

$\langle G_2 \rangle ::= \langle \text{правило формирования элементарных цепочек типа «условного следования за»} \rangle$

$\langle G_2 \rangle ::= |F \langle t_{2j} \rangle = \langle t_{1j} \rangle = \rangle \langle D_j t_{2j} D_j t_{1j} \rangle - \rangle \langle D_j t_{2j} D_j t_{1j} \rangle$

В результате с помощью языка моделирования разрабатывается многоуровневая модель.

1. Определение исходных данных.

В качестве исходных данных модели используются основные дисциплины, включенные в учебный план. Данные дисциплины обеспечивают необходимыми знаниями и умениями магистров. В нашем случае это множество из дисциплин $\{D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, \dots, D_n\}$. При разработке программы название дисциплины обозначается буквой N .

2. Определение элементов T_1, T_2 исходного множества

$$\{D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, \dots, D_n\}.$$

где T_1 – понятия из изучаемой дисциплины магистром, которые встречались ранее при изучении других предметов;

T2 – понятия, нововведенные при изучении данной дисциплины. Определение и индексирование понятий проводится либо анализом существующих учебных программ, либо преподавателями, ведущими свои дисциплины.

3. Формирование из элементов подмножеств новых множеств, состоящих из «пар», «четверок», «п-ок» элементов исходных подмножеств. Объединение в элементарные цепочки производится согласно правилу грамматики <G1>, в усложненные цепочки согласно правилу грамматики <G2>. Результаты можно представить полным графом связей между дисциплинами.

4. Построение графа взаимосвязи дисциплин и формирование матрицы циклов. Веса получаются путем подсчета количества связей между дисциплинами. Формирование матрицы циклов. Матрица предоставляется ЛПР для принятия решения

5. Формирование матрицы дублирования тем дисциплин. На этом этапе преподаватели, ведущие рассматриваемые дисциплины магистерской программы {D1, D2, D3, D4, D5, D6, ..., Dn}, могут оговорить между собой дублирование тем, содержание, количество часов, отводимые на тему.

Принятие решений о последовательности усвоения и об устранении дублирования. Сопоставление этих списков позволяет определить последовательность изучения дисциплин. При этом могут возникнуть циклы обратной связи. Выявление циклов в таком ненаправленном графе осуществляется путем отбора циклов в диалоговом режиме.

4. Распределение дисциплин по семестрам

Этот этап наиболее сложно автоматизировать. Существуют форматы, реализованные средствами Excel.

Удобное для анализа представление распределение дисциплин учебного плана по семестрам обеспечивает программный продукт Microsoft Visio, представляющий собой векторный графический редактор, предназначенный для рисования блок-схем и диаграмм. В составе профессиональной версии редактора есть

библиотеки шаблонов для создания диаграмм на языке UML 2.4 и по модели BPMN 2.0. Microsoft Visio входит в число компонент Microsoft Office.

Заключение

Проведенный анализ процесса формирования учебного плана показывает, что крайне сложно реализовать единую формальную модель, позволяющую автоматизировать процесс формирования плана. Существует ряд факторов и ограничений, которые практически невозможно формализовать без утраты смысла.

Сложность и размерность формализованных постановок задачи требует разработки специальных программных продуктов, определение исходных данных и ограничений связана с большими затратами времени, что непросто реализовать в реальных условиях разработки учебных планов, исходные данные и ограничения для таких моделей задаются экспертами-преподавателями, и их объективность проверить невозможно

Поэтому предложено разделить процесс формирования плана на ряд этапов, разработать модели и автоматизированные диалоговые процедуры для соответствующих этапов, что обеспечивает повторяемость процесса моделирования с корректировкой исходных данных и результатов лицами, принимающими решение по формированию учебного плана, в интерактивном режиме.

Планируется создать единую информационную систему поддержки принятия решений по формированию учебного плана, предусматривающую выбор методов и средств автоматизации моделирования с учетом конкретных ситуаций формирования (корректировки) учебного плана.

Идеи предлагаемого подхода и принципов разработки моделей и автоматизированных диалоговых процедур частично экспериментально реализованы на примерах разработки и корректировки рабочих учебных планов различных специальностей: по направлениям подготовки бакалавров и магистров «Прикладная информатика [15, 16], «Системный анализ и управление» и «Информационные системы и технологии» [17, 18].

Литература

1. Анисимов Б.В., Савельев А.Я., Карпов В.И. Разработка машинных алгоритмов составления учебного плана // Программированное обучение и методы автоматизации учебного процесса: сб. М.: МВТУ им. Баумана, 1968. С. 15–21.
2. Карпов В.И. Составление учебных планов вузов с помощью ЭЦВМ // Применение ЭВМ для автоматизации обучения и управления учебными заведениями. – Киев.: Институт кибернетики Академии наук УССР, 1972. 12 с.
3. Черкасов Б.П. Совершенствование учебных планов и программ на базе сетевого планирования: учебно-методическое пособие. М.: Высшая школа, 1975. 78 с.
4. Федотов А.В. Моделирование в управлении вузом, Л.: ЛГУ, 1985. 107 с.

References

1. Anisimov B.V., Savel'ev A.Ya., Karpov V.I. Razrabotka mashinnykh algoritmov sostavleniya uchebnogo plana // Programmirovannoe obuchenie i metody avtomatizatsii uchebnogo protsessa: sb. M.: MVTU im. Bauman, 1968. Pp. 15-21. (in Russ.)
2. Karpov V.I. Sostavlenie uchebnykh planov vuzov s pomoshch'yu ETsVM // Primenenie EVM dlya avtomatizatsii obucheniya i upravleniya uchebnymi zavedeniyami. – Kiev.: Institut kibernetiki Akademii nauk USSR, 1972. P. 12. (in Russ.)
3. Cherkasov B.P. Sovershenstvovanie uchebnykh planov i programm na baze setevogo planirovaniya: uchebno-metodicheskoe posobie. M.: Vysshaya shkola, 1975. P. 78. (in Russ.)
4. Fedotov A.V. Modelirovanie v upravlenii vuzom, L.: LGU, 1985. 107 s.

5. Карпов В.И., Лабутина Н.В., Мышенков К.С. Информационно-технологический подход к формализации предметной области // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана Сер. Приборостроение, 2009, № 3(76). С. 68–75.
6. Широкова С.В., Логинова А.В. Информационная инфраструктура вуза и формирование структуры образовательной программы на основе компетентностного подхода. С. 443–450.
7. Квалификационные характеристики, государственные образовательные стандарты и компетентностные модели высшего профессионального образования / В.Н. Козлов [и др.]. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2007.
8. Волкова В.Н. Развитие определения системы // Матер. Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении»: сб. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2001. С. 12–14.
9. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / Под ред. В.Н. Волковой и В.Н., Козлова. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. 592 с.
10. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата. Практикум / Под ред. В.Н. Волковой. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 295 с.
11. Автоматизированные диалоговые процедуры анализа целей и функций систем управления / А.А. Ванышкина и [др.]. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2010. – 72 с.
12. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: учебник. – СПб.: 3-е изд. Изд-во Политехнического университета, 2008. 304 с.
13. Касты Дж. Большие системы: связность, сложность и катастрофы. – М.: Мир, 1982. 216 с.
14. Волкова В.Н. Постепенная формализация моделей принятия решений. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2006. 120 с.
15. Орлова О.Н. Разработка моделей и автоматизированных процедур для исследования взаимосвязи дисциплин в учебном плане // Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 2002, № 4. С. 93–102.
16. Орлова О.Н. Методика анализа взаимодействия между дисциплинами в учебном плане // В сб.: Матер. Межвуз. научн. конф. XXIX недели науки СПб ГТУ (факультет экономики и менеджмента, междунар. Высшая школа управления). – СПб.: СПбГТУ, 2001. – С. 77–78.
17. Соколова М.С. Разработка и исследование моделей формирования учебных планов для подготовки специалистов по маркетингу изделий сложной техники и оборудования // в сб. докл. Международной научно-практической конф. «Системный анализ в проектировании и направлении». – СПб.: Изд-во «Нестор», 1999. – С. 205–206.
18. Ефремов А.А., Кабинетская Д.А., Тамбаум М.А. Системный анализ разработки рабочих учебных планов для подготовки бакалавров // Системный анализ в проектировании и управлении: Сб. научных трудов XVIII Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 2. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 462–473.
5. Karpov V.I., Labutina N.V., Myshenkov K.S. Informatsionno-tekhnologicheskiy podkhod k formalizatsii predmetnoy oblasti // Vestnik MG TU im. N. E. Bauman Ser. Priborostroenie, 2009, № 3(76). Pp. 68–75. (in Russ.)
6. Shirokova S.V., Loginova A.V. Informatsionnaya infrastruktura vuza i formirovaniye struktury obrazovatel'noy programmy na osnove kompetentnostnogo podkhoda. Pp. 443–450. (in Russ.)
7. Kvalifikatsionnye kharakteristiki, gosudarstvennye obrazovatel'nye standarty i kompetentnostnye modeli vysshego professional'no obrazovaniya. / V.N. Kozlov [i dr.]. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta. 2007. (in Russ.)
8. Volkova V.N. Razvitie opredeleniya sistemy // Mater. Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii»: sb. – SPb.: Izd-vo SPbGPU, 2001. Pp. 12–14. (in Russ.)
9. Modelirovaniye sistem i protsessov: uchebnik dlya akademicheskogo bakalavriata / Pod red. V. N. Volkovoy i V. N., Kozlova. – M.: Izd-vo Yurayt, 2014. P. 592. (in Russ.)
10. Modelirovaniye sistem i protsessov: uchebnik dlya akademicheskogo bakalavriata. Praktikum / Pod red V.N. Volkovoy. – M.: Izd-vo Yurayt, 2014. – P. 295. (in Russ.)
11. Avtomatizirovannyye dialogovyye protsedury analiza tseley i funktsiy sistem upravleniya / A.A. Vanyushkina i [dr.]. – SPb.: Izd-vo Politekhnicheskogo universiteta, 2010. – P. 72. (in Russ.)
12. Denisov A.A. Sovremennyye problemy sistemnogo analiza: uchebnik. SPb.: 3-e izd. Izd-vo Politekhnicheskogo universiteta, 2008. P. 304. (in Russ.)
13. Kasti Dzh. Bol'shie sistemy: svyaznost', slozhnost' i katastrofy. M.: Mir, 1982. P. 216. (in Russ.)
14. Volkova V. N. Postepennaya formalizatsiya modeley prinyatiya resheniy. – SPb.: Izd-vo Politekhnicheskogo universiteta, 2006. P. 120. (in Russ.)
15. Orlova O.N. Razrabotkamodeleyiavtomatizirovannykh protsedur dlya issledovaniya vzaimosvyazi distsiplin v uchebnom plane // Nauchno-tekhicheskie vedomosti SPbGTU. – 2002, № 4: Pp. 93–102. (in Russ.)
16. Orlova O.N. Metodika analiza vzaimodeystviya mezhdudistsciplinami v uchebnom plane // V sb.: Mater. Mezhvuz. nauchn. konf. XXIX nedeli nauki SPb GTU (fakul'tet ekonomiki i menedzhmenta, mezhdunar. Vysshaya shkola upravleniya). – SPb.: SPbGTU, 2001. – Pp. 77–78. (in Russ.)
17. Sokolova M. S. Razrabotka i issledovanie modeley formirovaniya uchebnykh planov dlya podgotovki spetsialistov po marketingu izdeliy slozhnoy tekhniki i oborudovaniya // V sb.zis. dokl. Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf. «Sistemnyy analiz v proektirovanii i tspravlenii. – SPb.: Izd-vo «Nestor», 1999. – Pp. 205–206. (in Russ.)
18. Efremov A.A., Kabinetskaya D.A., Tambaum M.A. Sistemnyy analiz razrabotki rabochikh uchebnykh planov dlya podgotovki bakalavrov // Sistemnyy analiz v proektirovanii i upravlenii: Sb. nauchnykh trudov XVIII Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. Part. 2. – SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2016: Pp. 462–473. (in Russ.)

Сведения об авторах

Виолетта Николаевна Волкова,
доктор экономических наук, профессор
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия
Эл. почта: violetta_volkova@list.ru

Ефремов Артем Александрович,
кандидат физико-математических наук, доцент
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Логинова Александра Викторовна,
кандидат экономических наук, доцент
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Кабинетская Дарья Андреевна,
студентка
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Тамбаум Марина Андреевна,
студентка
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Information about the authors

Violetta N. Volkova,
Doctorate of Economic Sciences, Professor
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great,
St. Petersburg, Russia
E-mail: violetta_volkova@list.ru

Artem A. Efremov,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great,
St. Petersburg, Russia

Aleksandra V. Loginova,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great,
St. Petersburg, Russia

Daria A. Kabinetskaja,
Student
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great,
St. Petersburg, Russia

Marina A. Tambaum,
Student
St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great,
St. Petersburg, Russia