

Кропачева Наталия Юрьевна

кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры общей математики и информатики
Санкт-Петербургского государственного
университета
dom-hors@mail.ru

Прозоровская Светлана Дмитриевна

доцент, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры прикладной математики
и эконометрики
Санкт-Петербургского государственного
университета сервиса и экономики
dom-hors@mail.ru

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ КАК СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация:

Данная статья посвящена рассмотрению вопросов структуризации процесса обучения. Процесс обучения рассматривается как сложная система. Рассматривается метод формализации состояний системы. Процесс перехода из одного состояния в другое изображается в виде графа, при этом достигается возможность графически увидеть структуру системы, проанализировать ее и в результате определить оптимальные логические связи между ее элементами.

Ключевые слова:

высшее профессиональное образование, процесс обучения, сложная система, состояния системы, формализация, графы.

Kropacheva Natalia Yuryevna

PhD (Phys.-Math.),
Assistant Professor of the General Mathematics
and Computer Science Department,
Saint-Petersburg State University
dom-hors@mail.ru

Prozorovskaya Svetlana Dmitrievna

PhD in Education Science,
Assistant Professor of the Applied Mathematics
and Econometrics Department,
Saint-Petersburg State University
dom-hors@mail.ru

ANALYSIS OF EDUCATION AS A COMPLEX SYSTEM

Summary:

The article deals with structuring of education. The educational process is regarded as a complex system. The authors consider a method of formalization of the system states. Process of transition from one state into the other is represented in the form of a graph, upon that giving an opportunity to see a system structure in a diagram form, to analyze it, and, as a result, to determine optimal logic relations between its elements.

Keywords:

higher professional education, educational process, complex system, system states, formalization, graphs.

В последнее время большое внимание как при теоретическом, так и при практическом исследовании уделяется вопросам изучения функционирования сложных систем, которые характеризуются большим числом элементов и богатством внутренних связей. Как известно, обучение представляет собой процесс взаимосвязанной деятельности «преподавателей» (преподавание) и обучающихся (учение) в педагогической системе. Системообразующим понятием педагогической системы является множество взаимосвязанных элементов: цель обучения, деятельность преподавателя и обучающихся и конечный результат. Переменные элементы включают в себя учебную информацию, средства и формы взаимодействия педагога и обучающихся, материальные средства обучения.

При анализе эффективности работы этой системы необходимо уметь грамотно выделять подсистемы и базовые элементы. Уровень детализации зависит от цели, которая является основой исследования.

Процесс постройки иерархического разбиения исследуемой системы не может быть формализован и «золотая середина» числа уровней иерархий полностью определяется опытом, интуицией и способностью неформального мышления исследователей. Проиллюстрируем это на примере.

Пусть необходимо построить модель процесса обучения молодежи. В этом случае в качестве элементарных систем можно взять школу, высшее или среднее учебные заведения. Если такого же типа задача будет решаться, например, только для Университета, то в качестве элементарных систем здесь удобно выбирать факультеты, далее – учебные группы. Этот выбор зависит от того, какие цели преследует исследователь при построении модели обучения. Определяя эффективность работы Университета по подготовке специалистов, рассматриваем в качестве элементарных систем группы, обучающиеся по интересующей специальности.

Свойства всей сложной системы зависят не только от свойств составляющих, но и от взаимодействия последних между собой (две системы, состоящие из одинаковых элементов, но с различной структурой взаимодействия, считаются различными).

Характеристики состояния описывают наиболее важные факторы, определяющие процесс. В последнее время большое внимание как при теоретическом, так и при практическом исследованиях уделяется вопросам изучения функционирования сложных систем, которые характеризуются большим числом элементов и богатством внутренних связей. Как известно, обучение представляет собой процесс взаимосвязанной деятельности «преподавателей» (преподавание) и обучающихся (учение) в педагогической системе. Системообразующим понятием педагогической системы является множество взаимосвязанных элементов: цель обучения, деятельность преподавателя и обучающихся и конечный результат. Переменные элементы включают в себя учебную информацию, средства и формы взаимодействия педагога и обучающихся, материальные средства обучения.

При анализе эффективности работы этой системы необходимо уметь грамотно выделять подсистемы и базовые элементы. Система представляет:

- 1) совокупность элементов (счетное множество),
- 2) качества системы в целом, присущие только ей и не присущие никакому ее элементу,
- 3) элементы системы, характеризующиеся состояниями, совокупность которых образует состояние системы в целом (характеристики состояния описывают наиболее существенные факторы, характеризующие процесс),
- 4) с течением времени каждый элемент может переходить из одного состояния в другое, тем самым процесс функционирования системы в целом моделируется изменением состояний ее элементов.

Для иллюстрации расчета числа состояний рассмотрим следующий пример. Пусть требуется разработать стратегию обучения студентов на спецкурсах в зависимости от побудительных к изучению мотивов. Пусть в каждый момент времени студент изучает какой-то курс по специальности, то есть состояние студента в данном исследовании зависит от времени. В качестве объекта исследования выбирается студенческая учебная группа, состоящая из m человек. Будем считать, что побудительными мотивами являются

- 1) изучаю, потому что необходимо,
- 2) изучаю, потому что интересно,
- 3) изучаю, потому что нахожусь вместе с друзьями.

На самом деле побудительных мотивов может быть столько, сколько человек в группе, а может даже еще больше, но для описания состояний и подсчета их числа ограничимся только этими тремя мотивами. Элементами системы считаем студентов рассматриваемой группы. В каждый момент времени t (что соответствует изучению какого-то определенного спецкурса) состояние i -го элемента принимает одно из трех значений (в зависимости от спецкурса). Тогда студент, опрашиваемый i -м, имеет следующее множество состояний:

$$S_i(t) = \langle \text{"необходимо"}, \text{"интересно"}, \text{"с друзьями"} \rangle$$

В этом случае общее число возможных состояний системы, равное числу значений, которые может принимать характеристика состояния $\omega(t)$, равно $k_\omega = 3^m$.

Так как $k_\omega = 3^m$ может быть в зависимости от m очень большим числом, то состояние системы можно описывать не вектором

$$\omega(t) = \langle s_1(t), s_2(t), \dots, s_m(t) \rangle \in \prod_{i=1, \dots, m} S_i = S,$$

а вектором

$$M(t) = \langle m_{\text{необ.}}(t), m_{\text{инт.}}(t), m_{\text{др.}}(t) \rangle,$$

где $m_{\text{необ.}}(t)$, $m_{\text{инт.}}(t)$, $m_{\text{др.}}(t)$ – число студентов, находящихся в состояниях «необходимо», «интересно», «с друзьями» соответственно, причем

$$m_{\text{необ.}}(t) + m_{\text{инт.}}(t) + m_{\text{др.}}(t) = m \quad \text{и} \quad 0 \leq m_{\text{необ.}}(t), m_{\text{инт.}}(t), m_{\text{др.}}(t) \leq m$$

Отсюда следует, что в этом случае количество значений, которое может принимать характеристика $M(t)$, то есть число состояний, равно C_{m+3-1}^m , а это при достаточно больших m значительно меньше, чем k_ω .

В рассмотренном примере для всех элементов множество возможных состояний одно и то же

$$S_i(t) = S_j(t) \quad \text{для всех } i, j \in 1 : m.$$

Таким образом, характеристики состояний системы, а в свою очередь характеристики состояний элементов – это множества, элементы которых зависят от вложенного в них смысла. В качестве характеристики состояния $m_i(t)$ могут быть, в зависимости от конкретного исследования, выбраны различные величины. Например, это может быть $P_{m_i}(t)$ – вероятность того, что в данный момент времени t ровно m_i элементов находятся в состоянии S_i , или математическое ожидание $\overline{m_i(t)}$ числа элементов, находящихся в состоянии S_i в момент времени t , или дисперсия $D_{m_i}(t)$, и т.п. Давая различные интерпретации характеристикам состояний, можно получать соответствующие целям исследования модели.

Процесс функционирования системы, то есть процесс перехода элементов из одного состояния в другое можно изобразить в виде графа. Вершинам графа сопоставлены состояния элементов, обозначенные соответствующими характеристиками x_i , а дуга (i, j) , направленная от вершины x_i к вершине x_j , характеризует интенсивность λ_{ij} перехода элементов из состояния s_i в состояние s_j (эта дуга в графе существует только тогда, когда существует возможность перехода из состояния s_i в состояние s_j (рисунок 1.)). Физический смысл интенсивности λ_{ij} зависит от конкретного содержания характеристик состояния $m_i(t)$ и времени, за которое рассматривается переход.

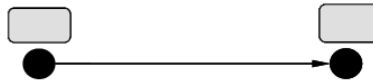


Рисунок 1 – Граф перехода элементов

Таким образом, при описании модели функционирования системы приходим к графу $G(V,E)$:

- 1) V – множество вершин графа (элементы – характеристики вершин графа);
- 2) E – множество дуг, которое соответствует множеству событий (каждое событие характеризует переход из одного состояния в другое);
- 3) каждый маршрут на графе от начального состояния до конечного состояния – одна из возможных реализаций функционирования системы (начальное и конечное состояния выбираются исходя из целей исследования).

Пример. Пусть имеется m порций учебной информации. Нас интересует оптимальная стратегия обучения, то есть выработка рекомендаций по организации последовательности поступления порций информации, которая даст наибольший эффект обучения. Изобразим при помощи графа структуру учебной информации. Вершинам сопоставим учебные элементы, а ребрам – связи между этими элементами, которые являются существенными с точки зрения преподавателя. Но так как каждый преподаватель при изложении учебного материала по своему структурирует учебную информацию, а кроме того, в различные периоды времени или с разными группами студентов опять же меняет структуру изложения, то один и тот же учебный материал может структурироваться по-разному. А это означает, что граф, соответствующей данной учебной информации может принимать различные формы.

Изобразим в виде графа три подсистемы (структуры) подачи учебной информации, а именно:

- индуктивный метод, который означает переход от знаний меньшей общности (X_i) к знаниям большей общности (Z), изложение ведется от частного к общему, от элементов к целому (рисунок 2);

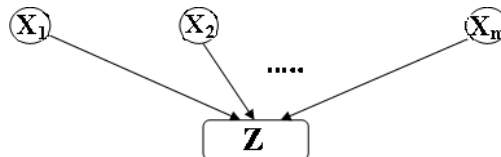


Рисунок 2 – Индуктивный метод

- дедуктивный метод – это переход от изучения более общих положений и теорий (Z) к частным знаниям (X_i) (применяется, как правило, в теоретических науках, базирующихся на математических методах) (рисунок 3);

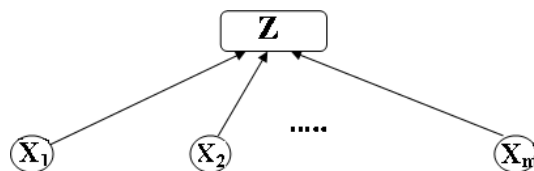


Рисунок 3 – Дедуктивный метод

– линейная структура, которая представляет собой взаимно-однозначное отображение элементов знания одинаковой общности, каждый предыдущий учебный элемент связан только с одним последующим (рисунок 4).



Рисунок 4 – Линейная структура

Индуктивные и дедуктивные методы обучения раскрывают логику организации и осуществления учебно-познавательной деятельности.

Граф учебного материала показывает число изучаемых учебных элементов и связи между ними, что важно для анализа оптимальности организации учебного процесса, исходя из поставленных целей.

Изображение графа является достаточно компактным и информативным способом представления структуры системы и значительно облегчает ее анализ, позволяет «показать» состав и подчиненность функциональных элементов системы, направленных на достижение поставленной цели.

Перечислим ряд типичных задач, решаемых теорией графов:

- 1) формализация и построение общей структурной модели объекта на разных уровнях его сложности,
- 2) анализ полученной модели, выделение в ней структурных единиц (подсистем),
- 3) изучение уровней структуры иерархических систем – количество уровней, количество межуровневых и внутриуровневых связей,
- 4) анализ эффективности функционирования данной системы, поиск оптимальной структуры, определение ее устойчивости.

Описанные выше приемы позволяют использовать элементы теории графов для одновременного решения нескольких важных задач образования.

Следует обратить особое внимание на задачи, стоящие перед педагогами, в связи с переходом на новый технологический уровень высшего образования, который ориентирован на компетенции. Компетенция включает совокупность взаимосвязанных качеств личности (знаний, умений, навыков, способов деятельности), задаваемых по отношению к определенному кругу предметов и процессов и необходимых для качественной продуктивной деятельности по отношению к ним [1]. Чтобы оценить проявление компетентности выпускников учебных заведений, которая является характеристикой качества образования, необходимо структурировать ее, выделяя признаки проявления в конкретных областях профессиональной деятельности. Исходя из анализа оценки, может потребоваться внесение изменений в учебные планы на каких-то этапах. Привлечение при анализе образовательного процесса работодателей, позволит лучше увидеть, насколько компетентность выпускников образовательных учреждений соответствует их требованиям. А графовая структура системы образовательного процесса как раз и дает тот язык общения, который позволяет видеть «слабые» узлы в образовательном процессе.

В педагогике с помощью графов можно оценивать полноту и логичность учебного курса, изучать межпредметные связи, анализировать содержание учебных единиц, оптимизировать структуру изложения учебного материала, оптимизировать, исходя из цели курса, процесс обучения и так далее.

Ссылки:

1. Проекты Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования. URL: <http://mon.gov.ru/pro/fgos/vpo/> (дата обращения: 02.12.2012).

References (transliterated):

1. Proekty Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta vysshego professional'nogo obrazovaniya. URL: <http://mon.gov.ru/pro/fgos/vpo/> (date of access: 02.12.2012).