

РАЗНОЕ

ОПЫТ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ-ЭКОЛОГОВ В РАМКАХ КУРСА ЭКОИНФОРМАТИКИ

Т.Н. Ледащева¹, В.Е. Пинаев²

¹Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

²Московский государственный университет природообустройства
ул. Прянишникова, 19, Москва, Россия, 127555

Описан опыт развития системного мышления у студентов экологического факультета Российского университета дружбы народов. Эта методическая задача отчасти решается с помощью курса экоинформатики, базирующегося на методе когнитивного моделирования и анализа, разработанного группой ученых университета. Анализируется пример построенной студенческой модели и основные ошибки моделирования.

Ключевые слова: методика преподавания, математическое моделирование, системное мышление, системный подход, управление.

Экология в современном понимании претендует на роль науки, связывающей между собой все области знаний. Воздействие человека на природу, а природы и общества на человека включает социальные, экономические и другие составляющие. Поэтому к решению любых экологических задач необходим системный подход.

По этой причине мы считаем, что у студентов, обучающихся по специальности «Экология и природопользование», необходимо как можно раньше начать развивать системное мышление, способность рассматривать задачу с принципиально разных сторон, учитывать множество разнородных факторов. Иначе в будущей профессиональной деятельности они окажутся неспособны предлагать и принимать эффективные решения, ограничиваясь решениями эффективными только экологически или только экономически, что в современном обществе уже недопустимо. Решить эту методическую задачу отчасти позволяет курс когнитивного моделирования, предлагаемый под названием «Экоинформатика» студентам экологического факультета в 5-м семестре бакалавриата.

Этот учебный курс основан на методе моделирования и анализа состояния сложных систем, разработка которого была начата в последние годы прошлого столетия на экологическом факультете РУДН группой ученых под руководством проф. В.И. Горелова. Полученные к настоящему времени результаты применения

этого метода к моделированию и анализу состояния стран мира и тенденций их развития показывают его высокую эффективность, несмотря на его неполное теоретическое обоснование [1]. Эти результаты неоднократно служили темой докладов на научных конференциях, опубликованы в научных статьях и монографиях [1; 4; 6].

В качестве базового метода при исследовании комплексных задач предлагается использовать теорию ориентированных графов, которая позволяет связать во-едино количественные и качественные характеристики исследуемого объекта. Модели, построенные при помощи орграфов, позволяют прогнозировать реакцию системы на воздействие, выбирать наиболее эффективные решения по управлению системой, определять объективную значимость тех или иных факторов для оптимального развития системы, диагностировать предкризисное и кризисное состояние системы и предлагать соответствующее управление.

Взяв из системного анализа понятия собственно систем, их свойств, признаков, характеристик и сопоставив их со свойствами различных графов, мы получили следующие правила моделирования системы в виде знакового орграфа [3; 5; 7]:

- вершины орграфа представляют собой факторы (подсистемы), выделенные исследователем в данной системе, и охватывающих все аспекты ее функционирования в рамках поставленной задачи;

- каждой вершине сопоставляется числовая характеристика (индикатор), значение которой может быть измерено тем или иным способом (указываются единицы измерения);

- дуги орграфа представляют прямые связи между факторами;

- орграф сильно связан, т.е. каждая вершина влияет на все остальные, прямо или косвенно (через другие вершины);

- каждой дуге приписан знак: «+», если увеличение значения начальной вершины влечет увеличение значения конечной вершины; «-», если увеличение значения начальной вершины влечет уменьшение значения конечной вершины.

Таким образом, получается так называемая вербальная модель системы (точнее, ее графическое представление). Переход к модели, позволяющей рассчитывать реакцию системы на воздействие, делать выводы по оптимальному управлению системой и т.п., происходит при переходе от знаковых к взвешенным орграфам. При этом каждой дуге сопоставляется уже вес связи, численно характеризующий взаимное влияние факторов. Добавляется еще одно условие адекватности модели — устойчивость орграфа.

На практике чаще всего расчет весов связей производится статистическим методом, хотя возможно применение экспертных методов их оценки; при построении студентами учебных моделей мы применяем преимущественно экспертный метод. Веса связей считаются постоянными на текущий период. По окончании текущего прогнозного периода веса связей, а иногда и сами связи, могут меняться, т.е. мягкая модель должна строиться заново. К построенному взвешенному орграфу применяется правило импульсного процесса развития орграфа, позволяющее определять реакцию орграфа на однократное возмущение каждой из вершин. По полученным реакциям при помощи метода парных сравнений с весами [2] вычисляются так называемые системные веса факторов, характеризующие степень

влияния каждого фактора на всю систему в целом. Набор системных весов представляет собой систему приоритетов развития системы на текущий период, указывает на возможный кризис системы, позволяет определить оптимальные пути развития системы. Скорость сходимости импульсного процесса также позволяет диагностировать стабильное или кризисное состояние системы.

Эти принципы могут быть использованы для моделирования процессов любого уровня — от семьи до региона.

Курс экоиформатики ориентирован скорее на формирование практических навыков моделирования, системного мышления, поэтому теоретическая часть курса содержит лишь минимум необходимых сведений из системного анализа, теории графов и статистического анализа. Студентам предлагается построить модель какой-либо социо-эколого-экономической системы, оценить веса связей, рассчитать системные веса факторов (все вычисления при этом производятся при помощи таблиц Excel) и сделать вывод о состоянии системы и оптимальных путях управления ею. При этом широко применяются открытые экспертные обсуждения моделей (в качестве экспертов выступают как преподаватели, так и сами студенты). Кроме обсуждений на практических занятиях, нами опробовано проведение экспертных обсуждений в виде интернет-форумов. Этот способ обладает несомненными достоинствами за счет отсутствия жесткого ограничения во времени по обдумыванию замечаний и вопросов со стороны эксперта и ответов со стороны докладчика. Поскольку комментарии из форума не удаляются, при доработке моделей студенты всегда могут вернуться к высказанным замечаниям и предложениям, не опасаясь что-либо забыть. Однако полностью переход на интернет-обсуждение не рекомендуется, поскольку это не позволяет стимулировать к участию в обсуждениях всех студентов группы.

В качестве примера рассмотрим следующий знаковый оргграф, построенный первоначально одним из студентов в качестве модели спортивно-оздоровительного комплекса и разберем на этом примере некоторые часто встречающиеся при моделировании ошибки (рис.).

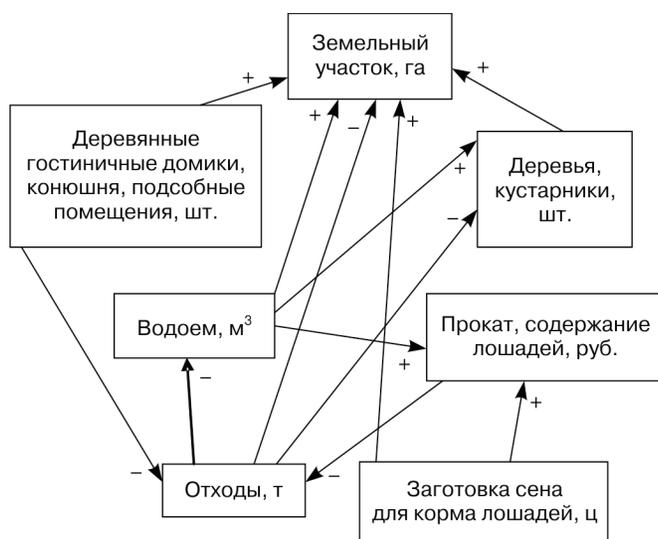


Рис. Пример знакового оргграфа

1. В первую очередь бросается в глаза отсутствие сильной связности орграфа, а именно: нет исходящих дуг у вершины «земельный участок» и входящих дуг у вершин «деревянные домики и т.п.» и «заготовка сена». Попробуем разобраться в возможных причинах подобной ситуации.

Если это не является следствием недостаточной проработки вопроса о связях, а вершина действительно ни на что не влияет, значит, это не фактор системы, а некоторая вторичная характеристика (и ее из модели следует убрать).

Если же на вершину не влияет ни одна другая вершина, это может произойти по одной из двух причин:

— возможно, не все необходимые для моделирования системы факторы перечислены. Так, часто забывают ввести в модель экономические факторы (например, «бюджет»), тогда как именно они являются основой функционирования социо-эколого-экономических систем. Это, кстати, и произошло в данном случае (откуда возьмутся лошади, домики и т.п., если на предприятии нет денег?);

— возможно, это не фактор системы, а часть внешней среды. Так, часто в моделях появляются вершины «географическое положение», «климат» и т.п. которые, конечно, влияют на систему, но мы изнутри системы не можем на них повлиять, и воспринимаем как данность. В подобном случае вершину из модели следует убрать.

2. При более подробном рассмотрении дуг орграфа выявляются следующие несоответствия:

— у вершины «земельный участок» много входящих дуг. Однако, учитывая придаваемый этой вершине исследователем смысл (площадь участка в га), ни один из перечисленных факторов не может на нее влиять. Возможно, такая ситуация возникла из-за нечетко понимаемого смысла вершины и на самом деле она должна характеризовать качество участка (например, оценка его рыночной стоимости);

— похожая ситуация с вершиной «водоем», понимаемой как объем в м³. В такой интерпретации это скорее фактор внешней среды, данность, на которую мы повлиять не можем. Однако, поскольку автор считает, что на эту вершину влияет фактор «отходы» (со знаком «←»), можно предположить, что опять произошла подмена смысла и имеется в виду не объем водоема, а качество воды, которое можно измерить, например, в загрязненности (мг/м³);

— в орграфе дугам «прокат лошадей» — «отходы» и «деревянные домики...» — «отходы» присвоен знак «←». Видимо, автор имел в виду, что чем больше отходов, тем хуже, т.е. эти связи носят отрицательный характер. Но такой эмоциональный подход противоречит принципам моделирования: так, чем больше лошадей, тем больше отходов, значит, следует поставить знак «+».

Анализируя в целом студенческие проекты по когнитивному моделированию, надо отметить, что на начальном этапе многие студенты:

— пытаются оперировать не фактическими соотношениями факторов, а собственным эмоциональным отношением «хорошо» — «плохо»;

— не могут четко выделить моделируемую систему из окружающей среды, оперируя, например, такими понятиями, как «географическое положение», которое, хотя и оказывает влияние на моделируемую систему, но является не ее частью, а элементом внешней среды;

— забывают об экономических факторах как средстве управления системой, учитывая только факторы экологические;

— напротив, даже экологические и социальные факторы пытаются свести только к экономике, учитывая, например, не фактическое загрязнение окружающей среды, а средства, выделяемые на ее очистку.

В процессе дальнейшего открытого обсуждения моделей эти недостатки в основном устраняются, причем если первые из предлагаемых моделей требуют в основном внимания и комментариев преподавателя, то в обсуждении следующих моделей инициатива все больше переходит к экспертам-студентам, что особенно заметно при проведении обсуждений на интернет-форуме. Оценка весов связей системы и расчет системных весов факторов представляют собой чисто техническую задачу, с которой студенты в основном справляются. Наиболее проблемным остается последний этап — формирование предложений по оптимальному управлению моделируемой системой, но это связано уже скорее с недостатком практических знаний по путям и способам управления конкретными предприятиями. Так что мы считаем, что в целом свою задачу по формированию навыков системного мышления предлагаемый курс выполняет.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Горелов В.И. Управление развитием регионов. — М.: Экон-Информ, 2007.
- [2] Горелов В.И., Ледянцева Т.Н. Ранжирование альтернативных вариантов развития системы и построение функции полезности в многофакторном анализе // Вестник РУДН. — 2003. — № 9. — С. 20—26.
- [3] Горелов В.И., Ледянцева Т.Н. Принципы построения когнитивной модели социально-экономической системы // Системный анализ. Изд-во ИСИ РАН. — М., 2006. — № 5. — С. 18—37.
- [4] Горелов В.И., Ледянцева Т.Н., Пинаев В.Е. Решение задач устойчивого развития с помощью когнитивного моделирования. Экономическая эффективность природоохранной деятельности: теория и практика. Материалы X Международной конференции Российского общества экологической экономики. — М.: Экономика, 2009.
- [5] Евстегнеев Д.В., Ледянцева Т.Н. Использование когнитивных моделей при построении комплексной оценки состояния территории // Исследовано в России. — 2003. — 134/030811. — С. 1576—1584. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/134.pdf>
- [6] Ледянцева Т.Н., Пинаев В.Е. Оценка эколога-экономической эффективности проектов по разработке углеводородного сырья. Управление развитием крупно-масштабных систем MILSD'2010: Материалы IV международной конференции. Т. I.
- [7] Ледянцева Т.Н. Исследование когнитивных систем. Конспект лекций по эоинформатике. — М.: Оргсервис-2000, 2007.

EXPERIENCE OF STUDENTS SYSTEM MENTALITY DEVELOPMENT IN COURSE OF COGNITIVE MODELING

T. N. Ledascheva¹, V.E. Pinaev²

¹Ecological faculty

Peoples' Friendship University of Russia

Podol'skoye shosse, 8/5, Moscow, Russia, 133093

Московский государственный университет природообустройства

Pranichnikov str., 19, Moscow, Russia, 127555

The article is dedicated to development of system mentality among students at the base of Ecological faculty of Peoples Friendship University of Russia. This methodological task is partly solved in course of Ecoinformatics, based on the methodology of cognitive modeling and analysis, developed by the group of scientists from the University. The article contains initial student's model and typical modeling mistakes which are clarified.

Key words: teaching methodology, mathematical modeling, system mentality, system approach, management.