

И. Б. Герасимова, Л. Р. Уразбахтина

## КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ И СТУДЕНТА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТРИАД

В статье предлагаются когнитивные модели, предназначенные для качественного анализа процесса обучения на основе построения по определенным принципам количественных моделей, которые отражают в той или иной степени закономерности процесса. *Когнитивная модель; система; триада; процесс обучения; преподаватель; обучаемый; передача знания*

Для достижения высокого качества подготовки специалистов требуется глубокое изучение и совершенствование не только всех этапов процесса обучения, но и методик преподавания, а также знание психологии как обучающего, так и обучаемого. Неполное изучение этих процессов как в целом, так и отдельных их частей связано прежде всего с тем, что эти процессы относятся к классу слабоструктурированных систем.

Анализ же на основе когнитивных моделей показал высокую эффективность исследований именно сложных слабоструктурированных систем, объектов, ситуаций [1, 2]. В дальнейшем на основе когнитивных моделей делается попытка раскрытия механизма передачи знаний преподавателем и усвоение их студентом. В основу исследований положены когнитивные модели, построенные на основе триад [3]. При этом когнитивные модели, построенные на обработке как качественных, так и нечетких, субъективно оцененных данных, по существу, представляют собой знания эксперта или группы экспертов о процессах, описывающих проблемную область. Предлагаемые когнитивные модели предназначены для качественного анализа процессов передачи и усвоения знаний на основе построения по определенным принципам количественных моделей, которые отражают в той или иной степени закономерности процесса обучения.

### 1. КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧИ ЗНАНИЙ В ВИДЕ СИСТЕМНОЙ ТРИАДЫ

В качестве когнитивной модели передачи знаний рассмотрим следующую триаду: «Передаваемые знания в форме лекций  $X_1$  – Передаваемые знания в форме практических и лабораторных работ  $X_3$  – Суммарные переданные зна-

ния  $X_2$ » (рис. 1), которая параметризуется и конкретизируется в числовой форме на основе экспертных оценок.

Концепт «Передаваемые знания  $X_1$ » – это тот объем знаний, передача которого спланирована, законспектирована и представлена в форме, удобной для усвоения. Здесь под знанием понимается, прежде всего, ее информационная сторона, при этом количество (100 %) передаваемых знаний оценивается величиной, равной 1. Предполагается, что передаваемая информация отражает качественную и семантическую (содержательную) сторону знаний. Это допущение во многом зависит от профессионального уровня преподавателя.

Концепт «Другие формы передачи знаний  $X_3$ » может быть представлен в виде методики чтения лекций, методики изложения учебного материала (в учебниках, учебных пособиях, электронных конспектах лекций, видеофильмах, демонстрационных слайдах), методик проведения практических занятий и лабораторных работ, а также в виде способов и форм передачи знаний, полученных вербальным путем от своих коллег или из других источников, например, научных статей.

Концепт «Суммарные переданные знания  $X_2$ » – это конкретный объем знаний, представленный в числовой форме (в %, в долях), и который направлен на конкретного слушателя для усвоения полученных им знаний.

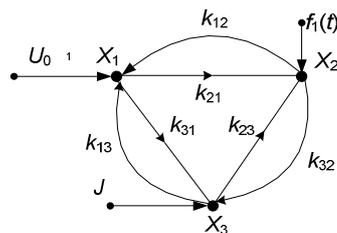


Рис. 1. Когнитивная модель оперативной передачи знаний преподавателем

Дадим следующую трактовку параметрам  $k_{ij}$ :

$k_{21}$  – коэффициент, характеризующий объем передачи знаний в устной форме;

$k_{12}$  – коэффициент, характеризующий уровень самоанализа и самоконтроля преподавателя за правильностью и полнотой передаваемой мысли, за четкостью и логичностью речи;

$k_{31}$  – коэффициент, характеризующий объем передачи знаний в виде методик (в том числе инновационных) проведения лабораторных и практических занятий;

$k_{13}$  – коэффициент, характеризующий уровень контроля и умения преподавателя передавать знания в форме методик;

$k_{23}$  – коэффициент, характеризующий объем передачи знаний в процессе выполнения лабораторных работ или практических занятий;

$k_{32}$  – коэффициент, характеризующий уровень самоконтроля и умения преподавателя проводить лабораторные работы и практические занятия по стандартной или инновационной методике;

$U_0$  – объем передаваемой информации (знаний), равный  $U_0 = 1$ ;

$f_1(t)$  – внешние помехи, действующие отрицательно на процесс передачи знаний и изменяющиеся в пределах  $0,1-0,2$ , что соответствует слабому и среднему воздействию на систему. При этом физическая природа этих воздействий может носить различный характер: личный, социальный, физиологический, коллективный, психофизический, внешний и т. д.;

$J$  – внешние инвестиции в учебный процесс, например, в виде нового учебного оборудования и принятые при моделировании изменяющимися от 0 до 1.

Общий коэффициент передачи знаний равен:

$$K = \frac{X_2}{U} = \mu \frac{k_{21} + k_{31}k_{23}}{1 - (k_{12}k_{21} + k_{13}k_{31} + k_{23}k_{32}) + (k_{12}k_{31}k_{23} + k_{21}k_{32}k_{13})}, \quad (1)$$

где  $\mu$  – информативность и полнота передаваемых знаний (проверяется экспертно или экспериментально) ( $\mu = 0,9-1,1$ ), определяется способностью преподавателя.

При этом предполагается, что если пара коэффициентов (например,  $k_{12}k_{21}$ ) имеет знак «+», то в системе возникает положительная (стимулирующая) обратная связь и в знаменателе вы-

ражения (1) они стоят со знаком «-», уменьшая запасы статической устойчивости системы.

Если один из коэффициентов в паре имеет знак «-», а другой «+», то в системе возникает отрицательная (тормозящая, стабилизирующая) обратная связь, увеличивающая запасы статической устойчивости. При этом в знаменателе выражения (1) эта пара коэффициентов должна иметь знак «+». А тройка положительных коэффициентов:  $k_{12}k_{23}k_{31}$  и  $k_{21}k_{13}k_{32}$  образует в системе отрицательную обратную связь.

Отметим, что инвестиции  $J$  должны приводить к повышению общего коэффициента передачи знаний. Самостоятельная активная работа преподавателя, глубокое осознание своей интеллектуальной деятельности должны в общем случае привести к повышению коэффициентов передачи знаний в целом, так как при этом начинают проявляться знания, полученные в процессе научных исследований и превосходящие объем знаний учебной рабочей программы, что говорит о том, что коэффициент  $\mu > 1$ . Отметим, что наличие внешних помех  $f_1(t)$  ведет к уменьшению объема передаваемых знаний  $U_0$ .

Данная когнитивная модель представлена на рис. 1. Целью системного анализа данной модели является раскрытие механизма передачи знаний и познание влияния отдельных факторов на эффективность передачи знаний преподавателем, работающим в автономном режиме без обратной связи с аудиторией слушателей.

При формировании числовых значений коэффициентов когнитивной модели (рис. 1) была учтена старая общепринятая структура читаемой дисциплины, которая выражается в том, что 60–70 % ( $k_{21} = 0,7$ ) знаний передаются в форме чтения лекций, 10–15 % ( $k_{31} = 0,1$ ) знаний передаются в форме практических занятий, а 20–25 % ( $k_{32} = 0,2$ ) знаний передаются в форме лабораторных работ. Следует отметить, что в новых учебных программах больше внимания уделяется передаче знаний через практические и самостоятельные занятия.

Кроме того, учитывалось, что работа по самоконтролю своих действий требует от преподавателя определенных усилий. По оценкам экспертов-психологов при чтении лекции на процесс самоконтроля требуется 15–30 % от общих усилий ( $k_{12} = 0,2$ ). Самоконтроль при проведении практических занятий (решение задач) и лабораторных работ, особенно по инновационным методикам и технологиям, требует большего внимания и психологического напряжения ( $k_{13} = k_{32} = 0,3$ ).

## Пример 1

С учетом вышесказанного, по экспертным оценкам были взяты следующие числовые значения коэффициентов передачи знаний:  $k_{21} = 0,7$ ,  $k_{31} = 0,1$ ,  $k_{23} = 0,2$ ,  $k_{12} = 0,2$ ,  $k_{13} = 0,3$ ,  $k_{32} = 0,3$ , при которых общий коэффициент передачи знаний преподавателем равен 1,024 при  $\mu = 1$ . Здесь высокий результат достигается за счет высокого уровня преподавания, владения учебным материалом и методикой преподавания.

## Ситуация 1

Если преподаватель невнимателен, т. е. у него отсутствует самоконтроль на лекциях,  $k_{12} = 0$ , то конечный результат падает,  $X_2 = 0,85$ . Если преподаватель плохо владеет учебным материалом,  $k_{12} = -0,2$  (отрицательная обратная связь), то результат падает еще больше,  $X_2 = 0,73$ .

## Ситуация 2

Преподаватель не написал методику по практическим занятиям:  $k_{13} = 0$ , результат упал до  $X_2 = 0,91$ . Преподаватель методически слабо ведет практические занятия, не знает материала:  $k_{13} = -0,2$ , результат еще хуже:  $X_2 = 0,81$ .

## Ситуация 3

Преподаватель не контролирует проведение лабораторных работ:  $k_{32} = 0$ , результат упал до  $X_2 = 0,87$ . Преподаватель плохо ведет лабораторные занятия, так как не имеет опыта:  $k_{32} = -0,3$ , результат еще хуже:  $X_2 = 0,76$ .

## Ситуация 4

Крайний случай, когда все коэффициенты самоконтроля отрицательные,  $X_2 = 0,62$ . Результат крайне низок.

При внесении инвестиций  $J = 1$  в ситуацию, когда все коэффициенты самоконтроля отрицательные (слабое преподавание), результат:  $X_2 = 0,61$ , т. е. инвестиции пользу не приносят, так как преподаватели не владеют инновационными технологиями и оборудованием.

При внесении инвестиций  $J = 1$  в ситуацию, когда все коэффициенты самоконтроля положительные, то результат:  $X_2 = 1,61$ , т. е. инвестиции эффективны, если их вкладывать в качественный процесс преподавания.

## Ситуация 5

При появлении помех для преподавателя  $f(t) = -0,1$  результаты уменьшаются:  $X_2 = 0,89$ , т. е. эффективность передачи знаний упала на 12 %.

При появлении помех для преподавателя  $f(t) = -0,2$  эффективность передачи им знаний падает на 25 % ( $X_2 = 0,75$ ).

Таким образом, на основе рассмотренной когнитивной модели в форме триады проведен качественный анализ процесса передачи знаний преподавателем и выяснены основные причины, влияющие как на повышение, так и на понижение качества преподавания.

## 2. КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОМ

Далее рассмотрим системный анализ процесса усвоения знаний студентом на основе когнитивной модели в форме триады: «Переданные знания преподавателем  $X_2$  – Мотивация к усвоению знаний  $X_5$  – Усвоенные знания студентом  $X_4$ », которая отражает процесс восприятия знаний обучаемым (рис. 2). При этом преподаватель и студент находятся в одностороннем отношении, т. е. оперативная обратная связь от студента к преподавателю отсутствует.

Данная триада также параметризуется и конкретизируется:

- Концепт  $X_5$  – мотивация, которая поддерживает процесс усвоения знаний;
- Концепт  $X_4$  – усвоенные знания студентом, которые отражают конечный результат передачи знаний.

Параметры  $\alpha_{ij}$  имеют следующую трактовку:

$\alpha_{42}$  – физическое и интеллектуальное восприятие студентом передаваемых знаний, их осознание;

$\alpha_{24}$  – уровень самоконтроля за восприятием знаний, уровень концентрации внимания;

$\alpha_{52}$  – понимание и усвоение знаний в форме методик проведения практических и лабораторных занятий;

$\alpha_{25}$  – уровень самоконтроля за освоением методик;

$\alpha_{45}$  – умение использовать методики для получения знаний во время практических и лабораторных занятий;

$\alpha_{54}$  – уровень самоконтроля за объемом и качеством получаемых знаний во время практических и лабораторных занятий;

$U_M$  – внешняя поддержка мотивации;

$f_2(t)$  – возможные помехи для восприятия знаний.

Общий коэффициент усвоения знаний:

$$K_{\text{зн}} = \frac{X_4}{X_2} = \lambda \frac{\alpha_{42} + \alpha_{52} \alpha_{45}}{1 - (\alpha_{24} \alpha_{42} + \alpha_{25} \alpha_{32} + \alpha_{43} \alpha_{34}) + (\alpha_{24} \alpha_{52} \alpha_{45} + \alpha_{23} \alpha_{42} \alpha_{54})}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент усвоения знаний, определяемый творческими способностями студента.

При высокой самоорганизации студента, постоянном пополнении знаний из книг, бесед с преподавателями, друзьями, специалистами коэффициент усвоения может быть значительно повышен, т. е.  $\lambda > 1$ .

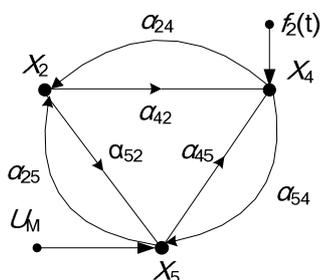


Рис. 2. Когнитивная модель оперативного восприятия знаний студентом

При построении числовой модели восприятия знаний студентом предполагалось, что усилия обучаемого, затрачиваемые на усвоение знаний и на самоконтроль, пропорциональны объему передаваемых знаний, а потому значения коэффициентов когнитивной модели преподавателя (рис. 1) и студента (рис. 2) симметричны друг относительно друга при различной их смысловой (семантической) нагрузке, т. е.  $a_{ij} = k_{ij}$  и  $a_{ji} = k_{ji}$ . Целью данной модели является раскрытие механизма передачи знаний и познание влияния отдельных факторов на эффективность усвоения знаний. Когнитивная модель этой схемы представлена на рис. 2.

Пример 2.

Учитывая вышесказанное, по результатам экспертных оценок возьмем следующие числовые значения коэффициентов передачи знаний:  $a_{42} = 0,7$ ,  $a_{52} = 0,1$ ,  $a_{54} = 0,2$ ,  $a_{24} = 0,2$ ,  $a_{25} = 0,3$ ,  $a_{54} = 0,3$ , получаем  $X_2 = 1,024$  значение  $X_4 = 1,049$ , т. е. при высокой организации процесса получения знаний, высокой мотивации, студент достигает максимального результата в усвоении знаний.

Ситуация 1

Студент невнимателен на лекциях:  $a_{24} = 0$ , то результат усвоения знаний падает:  $X_4 = 0,87$ . Студент плохо слушает лекцию, отвлекается, не понимает:  $a_{24} = -0,2$  (отрицательная обратная связь), то результат падает еще больше:  $X_4 = 0,74$ .

Ситуация 2

Преподаватель хорошо ведет занятия:  $X_2 = 1,024$ , у студента все коэффициенты самоконтроля отрицательные, т. е. он невнимателен на

занятиях и не подготовлен к ним, тогда результат усвоения знаний низкий:  $X_4 = 0,87$ .

Ситуация 3

Преподаватель плохо ведет занятия, невнимателен:  $X_2 = 0,62$ , у студента все коэффициенты самоконтроля отрицательные, то здесь результат получается самым низким:  $X_4 = 0,38$ .

Ситуация 4

Преподаватель плохо ведет занятия, его результат:  $X_2 = 0,62$ , у студента все коэффициенты самоконтроля положительные, а получаемый результат:  $X_4 = 0,63$ . Отсюда следует, что хороший студент никогда не сможет на занятиях получить знания, которые больше знаний слабого преподавателя. Эти значения равны значениям, когда преподаватель хорошо ведет занятия у слабого студента, т. е. эти ситуации равны.

Ситуация 5

Если для студента возникают помехи во время занятий, т. е.  $f(t) = -0,2$ , а преподаватель хорошо ведет занятия:  $X_2 = 1,24$ , тогда результат получается средний:  $X_4 = 0,77$ . Для компенсации этих помех нужна мотивация:  $M = 0,46$ , например, в форме дополнительных или самостоятельных занятий, тогда результат усвоения знаний повысится до  $X_4 = 1,04$ .

Если преподаватель плохо ведет занятия, а у хорошего студента есть мотивация к самостоятельному дополнительному обучению, то результат:  $X_4 = 1,21$ , т. е. мотивация помогает хорошему студенту в восполнении знаний.

Таким образом, на основе системного анализа когнитивной модели усвоения знаний студентом выявлены основные причины, влияющие как на повышение, так и на понижение объема усвоенных знаний.

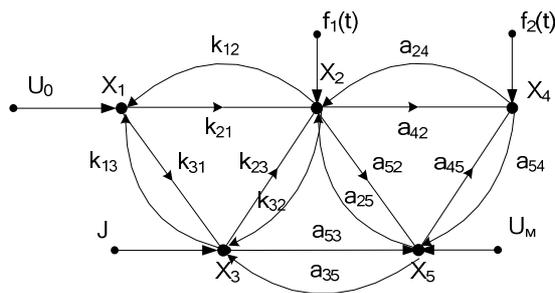
### 3. КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ И СТУДЕНТА В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕДАЧИ ЗНАНИЙ

Далее рассмотрим соединение этих двух триад (рис. 3). Как показало моделирование, при высоком уровне преподавания и высокой мотивации студента, обучаемый успевает усвоить от 90 % до 100 % знаний.

Пример 3

Особенностью данной обобщенной когнитивной модели является то, что индивидуальные занятия ведутся в тесном диалоге преподавателя со студентом, например, на семинарах. В результате когнитивной модели образуются дополнительные замкнутые контуры, которые либо усиливают, либо уменьшают эффект как пе-

редачи, так и восприятий знаний. По экспертным оценкам возьмем следующие значения коэффициентов:  $k_{21} = 0,7$ ,  $k_{31} = 0,1$ ,  $k_{23} = 0,2$ ,  $k_{12} = 0,2$ ,  $k_{13} = 0,3$ ,  $k_{32} = 0,3$ ,  $a_{42} = 0,7$ ,  $a_{52} = 0,1$ ,  $a_{54} = 0,2$ ,  $a_{24} = 0,2$ ,  $a_{25} = 0,3$ ,  $a_{54} = 0,3$ ,  $a_{53} = a_{35} = 0$ . В этой ситуации  $X_2 = 1,024$  увеличится до  $X_2 = 1,571$ , а значение  $X_4 = 1,049$  повысится до  $X_4 = 1,203$ . При правильной организации индивидуального взаимодействия преподавателя и студента эффект передачи и приема знаний увеличивается.



**Рис. 3.** Когнитивная модель процесса обучения с обменом знаний между преподавателем и студентом в диалоговом режиме

#### Ситуация 1

Студент невнимателен на занятиях:  $a_{24} = 0$ , то значение  $X_2 = 1,024$  увеличится лишь до  $X_2 = 1,186$ , а значение  $X_4 = 0,87$  – до  $X_4 = 0,906$ . Здесь и далее повышению результативности помогает взаимный контроль преподавателя и студента. Результат усвоения знаний падает, если студент плохо слушает лекцию  $a_{24} = -0,2$ .

Тогда значение  $X_2 = 1,024$  уменьшится до  $X_2 = 0,952$ , а значение  $X_4 = 0,74$  падает до  $X_4 = 0,729$ . Недисциплинированный студент своим поведением мешает проведению занятий и усвоению знаний.

#### Ситуация 2

Преподаватель хорошо ведет занятия:  $X_2 = 1,024$ , у студента все коэффициенты самоконтроля отрицательные, значение  $X_2 = 1,024$  уменьшится до  $X_2 = 0,894$ , а значение  $X_4 = 0,63$  до  $X_4 = 0,608$ . Следовательно, самоконтроль очень важная деталь в организации усвоения знаний.

Старания преподавателя напрасны, если студент не желает учиться и слабо контролирует процесс усвоения знаний.

#### Ситуация 3

Преподаватель плохо ведет занятия, у студента все коэффициенты самоконтроля отрицательные, значение  $X_2 = 0,615$  уменьшится до

$X_2 = 0,563$ , а значение  $X_4 = 0,38$  не изменится. Это очень плохой результат.

#### Ситуация 4

Преподаватель плохо ведет занятия, а у студента все коэффициенты самоконтроля положительные, то значение  $X_2 = 0,615$  увеличится до  $X_2 = 0,791$ , а значение  $X_4 = 0,63$  уменьшится до  $X_4 = 0,605$ . Хороший студент не сможет получить качественные знания у слабого преподавателя.

#### Ситуация 5

При появлении помех у студента  $f(t) = -0,2$ , при диалоговом режиме  $X_2 = 1,24$  увеличится до  $X_2 = 1,44$ , а  $X_4 = 0,77$  до  $X_4 = 0,89$ . Даже при наличии помех диалоговый режим работы для мотивированного студента увеличивает результативность занятий.

Для компенсации этих помех нужна мотивация  $M = 0,2$ , тогда  $X_2 = 1,863$ ,  $X_4 = 1,214$ . Повышенная мотивация студента всегда способствует повышению эффективности как коллективного, так и индивидуального обучения.

На когнитивной модели появляются еще две связи между  $X_3$  и  $X_5$ . Здесь:

$a_{53}$  – отражает роль знания методик на формирование мотивации к процессу обучения;

$a_{35}$  – отражает уровень понимания роли методики в процессе получения знаний.

Таким образом, системный анализ процессов преподавания и усвоения знаний на основе когнитивных моделей позволяет полностью раскрыть механизм передачи и усвоения знаний, установить некоторые закономерности, выявить основные причины, способствующие ухудшению или улучшению процессов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного системного анализа процессов передачи и усвоения знаний можно сделать следующие выводы:

- Инвестиции в слабого преподавателя положительных результатов не приносят.
- Инвестиции должны вкладываться в качественный процесс преподавания.
- Хорошо мотивированный и организованный студент получает максимальный результат обучения только у хорошего, высококвалифицированного преподавателя.
- Хороший (мотивированный) студент никогда не может в процессе обучения получить больше знаний, которыми владеет плохой преподаватель. Мотивация заставляет студента самостоятельно пополнять знания.

- Индивидуальная форма обучения в тесном диалоге с преподавателем наиболее эффективна для передачи и усвоения знаний.

Конечно, эти закономерности можно получить и из практики опытных преподавателей, но здесь они научно обоснованы на базе системного анализа на основе когнитивных моделей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2009): Труды международной конференции (17-19 ноября 2009 г., Москва, Россия). М.: ИПУ РАН, 2009. 288 с.

2. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2011): Труды международной научно-практической конференции (14–16 ноября 2011 г., Москва, Россия). М.: ИПУ РАН, 2011. 301 с.

3. **Гузаиров М. Б., Ильясов Б.Г., Герасимова И. Б.** Системный подход к анализу сложных систем и процессов на основе триад // Проблемы управления, М. 2007, № 5. С. 32–38.

#### ОБ АВТОРАХ

**Герасимова Ильмира Барыевна**, проф. каф. АСУ. Дипл. инж.-сист. (УАИ, 1985). Д-р техн. наук по упр. в соц. и экон. системах (НИТУ «МИ-СиС», 2011). Иссл. в обл. сист. анализа, управ. науч.-образоват. системами.

**Уразбахтина Линара Рамилевна**, асс. каф. техн. кибернетики. Дипл. инженер по АСОИУ (УГАТУ, 2002). Иссл. в обл. управления сложными объектами на основе нелинейных динамических моделей.