

Синергетическая парадигма управления и диагностики учебной деятельности

П.П. Дьячук, В.С. Канев, В.С. Кудрявцев

В рамках синергетической парадигмы рассмотрена двухконтурная система управления и диагностики процесса самоорганизации учебной деятельности обучающихся решению задач. Выявлены стратегические и оперативные управляющие воздействия, инициирующие неустойчивые состояние учебной деятельности обучающихся. Показано, что бифуркации есть следствие стратегического управления, нарушающего баланс между внешней и внутренней информацией. Установлено, что бифуркации приводят к генерации информации обучающимся и как следствие этого к самоорганизации учебной деятельности.

Ключевые слова: синергетика, самоорганизация, учебная деятельность, бифуркация, адаптация, управление, неустойчивость, структура.

1. Введение

Проблемы управления и диагностики в системах образования в последние годы приобретают всё более важное значение для получения существенных результатов в подготовке и принятии решений на самых различных уровнях. В статье [1] «...анализируется сложившаяся ситуация в образовании, предлагаются способы «подтолкнуть» личность к гармоническому развитию. Подчеркивается необходимость внедрения новой парадигмы в образовательную систему, одна из особенностей которой – формирование ответственного отношения к самому знанию». На первый план выдвигаются процессуальные аспекты обучения, обуславливающие саморазвитие учебной деятельности обучающихся приводящей к ее самоорганизации в условиях неопределённости проблемных сред. Происходит смена образовательной доминанты с репродуктивной на продуктивную – синергетическую парадигму, творческую доминанту, определяющую деятельностный, компетентностный характер обучения. Образованный человек должен не просто обладать знаниями, он должен уметь их добывать и применять, то есть реализовывать их в деятельности при решении проблем (задач). В этой связи процессы и подходы к управлению системами образования нуждаются в существенной корректировке, учитывающей вышеуказанные аспекты.

В классическом подходе обучающийся рассматривается как объект, управление которым позволяет достигнуть целей обучения, невзирая на сложность объекта, обусловленную его субъектностью. Диагностика учебной деятельности направлена на результаты научения и носит статусный характер, включая уровень обученности, фактологические знания, умения и навыки [2] и т.п. Обучаемый рассматривается как некий «сосуд» для информации [3]. Цель обучения – наполнить его знаниями. Цели обучения задаются извне так же, как и алгоритмы их достижения.

Неклассический подход характеризуется существенными достижениями в кибернетике и соответственно в управлении системами обучения. На основе известных методов и средств прикладного системного анализа реализовано информационное моделирование интерактивного процесса обучения [4]. Широко применяются динамические модели интерактивного

процесса обучения, которые строятся на основе формализма и программных средств раскрашенных сетей Петри [4]. Эта методология позволяет создавать модели, отражающие особенности учебного процесса. Для прогнозирования и совершенствования вероятностных процессов принятия управленческих решений в системах обучения применяются методы теории вероятности и математической статистики. В работах [5] для исследования динамики систем обучения используются представление интерактивного процесса обучения в виде конечной цепи Маркова. Это позволило описать и исследовать многие его свойства: динамику смены состояний процесса; среднее число пребывания процесса в каждом состоянии и дисперсию этой величины; предельные вероятности нахождения системы в состояниях эргодического множества. Вероятностные характеристики процесса обучения использовались для поиска управленческих воздействий, обеспечивающих заданный режим функционирования управляемой системы обучения и прогнозирования.

Для решения задач управления процессом обучения в условиях неопределённости применяют: методы искусственного интеллекта [6]; модели теории нечётких множеств [7]; методы имитационного моделирования развития систем обучения с использованием нейронных сетей [8]; задачи теории активных систем для анализа систем обучения; а также методы теории игр для абстрагирования логических структур рассматриваемых ситуаций [9].

Неклассический подход учитывает сложность объекта управления, включая наличие у него собственного центра управления и то, что он является субъектом, который имеет собственные предпочтения и цели. При этом управление и диагностика учебной деятельности основываются на представлении о саморегуляции поисковой активности обучающихся и наличии соответствующих гомеостатических механизмов адаптации обучающихся к среде. Под средой понимается проблемная среда тех задач (проблем), решению которых должен научиться обучающийся. В рамках неклассического подхода возник и получил развитие деятельностный, личностно-ориентированный подход в обучении, появились адаптивные системы обучения [10, 11] и соответствующие диагностики. Адаптивные системы управления процессом обучения предполагают стабильное устойчивое функционирование обучающихся, основу которого составляют «два принципа бытия: 1 – гомеостатичность, 2 – иерархичность» [12].

Адаптивные компьютерные обучающие системы решают стандартную задачу обучения, которая «состоит обычно в том, чтобы обучаемый наилучшим образом запомнил определённые порции информации $U \dots$ » [18]. Эффективность адаптивного обучения зависит от алгоритма обучения Q и индивидуальных свойств обучаемого $\omega(t)$ как объекта обучения:

$$Q = Q(U, \omega). \quad (1)$$

Очевидно, что индивидуальные особенности обучаемых априори неизвестны. Для решения проблемы необходимо сделать процесс обучения адаптивным, т.е. приспособливающимся к индивидуальным особенностям обучаемого, необходимо уметь решать проблему идентификации свойств личности. Приспособление осуществляется путём соответствующего выбора порции U обучения и требует решения задачи адаптации:

$$Q(U, \omega(t)) \rightarrow \min_U \rightarrow U_{\omega(t)}^*, \quad (2)$$

где $U_{\omega(t)}^*$ – оптимальная порция обучения, зависящая от индивидуальных черт $\omega(t)$ студента. В качестве эффективности обучения Q может выступать число порций учебного материала, охватывающих раздел, тему, курс предмета; время обучения и т.п.

Управление процессом обучения в адаптивных системах носит циклический характер. За каждой порцией $U_{\omega(t)}^*$ учебного материала, предоставляемой обучаемому, следуют проверка (контроль) усвоения данной информации, потом корректировка дальнейшего хода процесса обучения с учётом модели обучаемого, его индивидуальных особенностей. Затем всё повторяется. Анализ исследований, посвящённых адаптивным обучающим системам, показывает, что: 1) компьютерная реализация таких систем не выходит за рамки общающегося

обучения, имеющего репродуктивный характер; 2) как правило, индивидуальные различия обучаемых идентифицируются через «пассивные» составляющие познавательной сферы, например: различия в запоминании и забывании учебной информации и т.п.; 3) они не учитывают то, что обучаемые являются открытыми системами и обладают психической активностью и способностью к самоорганизации (саморазвитию) собственной деятельностью.

В условиях синергетической парадигмы необходимо рассматривать человекообразные системы как саморазвивающиеся, открытые системы, в которых происходят процессы самоорганизации учебной деятельности и возрастание роли ценностно-смысловой сферы обучающихся. Как пишет Касаткина А.А., в современном постнеклассическом подходе процесс повышения качества профессионального образования в рамках компетентностного подхода «...характеризуется смещением акцентов на специальную работу с ценностно-смысловой сферой, направленностью развития студентов на изучение собственных потенциальных возможностей, эффективных способов саморазвития, а также множеством других качеств...» [13].

Самоорганизация учебной деятельности возникает как следствие взаимодействия внешней и внутренней информации в состоянии неустойчивости и становления более совершенной структуры системы действий обучающегося. Как пишет В.С. Стёпин, в процессе самоорганизации учебной деятельности происходит смена механизмов саморегулирования действий обучающихся. Каждый механизм саморегулирования представляет собой некоторое устойчивое состояние жизнедеятельности субъекта обучения. Причём смена механизма саморегулирования приводит обучающегося к более высокой самоорганизации учебной деятельности [14]. Она происходит в результате генерации информации обучающимися. Это приводит к их саморазвитию и процессу становления личности. Условиями становления (саморазвития) или генерации информации являются [12]:

- неустойчивость состояния обучающегося, вызванное неопределённостью проблемной среды;
- наличие тезауруса или базовых знаний о предметной области или проблемной среде;
- необходимость перевода информации с языка одной семиотической системы знаков на язык другой семиотической системы знаков.

2. Теоретическая часть

Аналогично социально-экономическим системам [15] в системах обучения также присутствуют одновременно *стратегические и оперативные цели*. При этом оперативными целями являются краткосрочные цели, при достижении которых можно принять допущение, что взаимодействие с проблемной средой осуществляется в условиях, когда воздействие проблемной среды является стабильным, то есть находится в пределах заданных границ. Однако важнейшей проблемой управления системой обучения является сохранение эффективности учебной деятельности обучающихся в условиях непрерывной изменчивости проблемной среды в более долгосрочной перспективе. Именно достижение правильно поставленных стратегических целей позволяет системе обучения сохраниться и возможно даже развиваться в условиях новой проблемной среды. Поэтому к любой системе обучения применимы понятия оперативного и стратегического управления. При этом «критерием различия данных видов управления является не только временной горизонт, но и методы управления» [15].

В нашем случае оперативное управление нацелено на адаптацию обучающихся к проблемным средам и соответствующее изменение параметров системы обучения. Оно не затрагивает её структуры, не может влиять на её взаимодействие с проблемной средой, то есть **методы оперативного управления отвечает принципам бытия** (см. выше). Методы стратегического управления, напротив, ведут к изменению структуры системы обучения, а также могут изменять структуру векторов взаимодействия обучающейся системы с проблемной средой. Соответственно, **методы стратегического управления направлены на саморазвитие и определяются принципами Становления: нелинейность, неустойчивость, не-**

замкнутость, динамическая иерархичность, наблюдаемость. В теории управления широко распространена классификация систем управления по видам их моделей. Основные классы математических моделей систем управления приводятся в работе [16, 17]. В аспекте приведённых в указанных источниках классификаций при рассмотрении систем обучения следует учитывать следующее:

1. Нелинейный характер закономерностей процесса обучения.
2. Системы обучения – это сложные, многомерные системы.
3. Любая система обучения, рассматриваемая в аспекте управления, является *динамической (нестационарной)* системой, то есть большинство параметров системы обучения меняется во времени. Если модель работает в краткосрочном периоде времени, то тогда многие нестационарные параметры можно условно принять за стационарные.
4. По способу кодирования и передачи информации обучающие системы следует отнести к *дискретным* системам, поскольку большая часть информации в них передаётся дискретно (порциями) в различных формах (числовой, текстовой).
5. Большинство входных данных и внешних воздействий системы обучения являются *стохастическими*.
6. По принципу управления большинство систем обучения являются системами с *неполной обратной связью*. Дело в том, что эффективно управлять образовательными системами по принципу разомкнутого управления практически невозможно из-за большого влияния внешних факторов, а также сложности получения точной модели объекта управления. С другой стороны, получить достоверную информацию обо всех параметрах состояния объекта управления (т. е. достичь состояния полной информированности) в случае системы обучения тоже практически невозможно. Поэтому реально управление ведётся в условиях неполной информированности, но с учётом поступающей частичной информации по принципу управления с неполной обратной связью.
7. По используемым методам моделирования в моделях систем обучения используются как *оптимизационные*, так и *теоретико-игровые методы*.

С учётом выявленных особенностей систем обучения известная в науке модель управления сложными объектами [18] должна быть дополнена блоками, связанными с необходимостью осуществления стратегического управления, для чего в схеме управления должна появиться вторая петля обратной связи. Концептуально подобная система изображена на рис. 1. На данном рисунке введены следующие обозначения:

- $X(U_S, t)$ – множество всех входных параметров, воспринимаемых объектом управления;
 $\xi(t)$ – вектор неконтролируемых внешних воздействий на объект управления;
 $P_0(U_S, t)$ – вектор, характеризующий состояние устройства оперативного управления;
 $V(X_1, P, t)$ – вектор выходных параметров, генерируемых объектом управления;
 $U_0(P, P_0, V, t)$ – вектор параметров оперативного управления, генерируемый устройством оперативного управления;
 $U_S(t)$ – вектор параметров стратегического управления.

Первый контур оперативного управления, адаптер, отвечает за адаптацию обучающегося к квазистационарным состояниям проблемной среды. Второй контур – контур стратегического управления – бифуркатор, изменяет параметры проблемной среды таким образом, что: а) неустойчивость состояния обучающегося возрастает, если характеристики учебной деятельности обучающегося улучшаются; б) неустойчивость состояния обучающегося уменьшается, если характеристики учебной деятельности обучающегося ухудшаются.

Для реализации двухконтурной системы управления самоорганизацией учебной деятельности обучающегося необходимо создать канал управления U , с помощью которого можно влиять на действия обучающегося и, соответственно, на структуру системы действий:

$$Y = F_0(X, S(Y)), \quad (3)$$

где F_0 – по-прежнему оператор работы обучающегося, но учитывающий наличие фактора управления U . Под системой управления самоорганизацией будем понимать совокупность алгоритмов обработки информации и средств их реализации, объединённых для достижения заданных целей управления деятельностью обучающегося.



Рис.1. Двухконтурная система управления сложным объектом

Выделим следующие этапы управления деятельностью обучающегося.

1. Изучение структуры системы действий обучающегося при решении задачи. Получая данные о действиях обучающегося, УЦ в зависимости от текущего состояния структуры системы действий определяет параметры управляющих воздействий.
2. Выработка параметров управления. В зависимости от структуры системы действий обучающегося система управления определяет содержание и количественные параметры управляющих воздействий, которые осуществляются через систему датчиков и «исполнительные механизмы» УЦ.
3. Реализация управления. После того как определены характеристики деятельности и параметры управляющих воздействий, необходимо организовать деятельность обучающегося по поиску решения поставленной задачи. Для этого управляющий центр отслеживает текущее состояние решения задачи относительно цели и на основе этой информации содействует деятельности обучающегося по решению задач, оказывая положительное подкрепление правильных действий и отрицательные – на неправильные.
4. В процессе итеративного научения управляющий центр изменяет неопределённость проблемной среды в соответствии с изменениями структуры системы действий обучающегося. Если в развитии структуры системы действий обучающегося наблюдается прогресс, то управляющий центр увеличивает неопределённость проблемной среды. Это приводит к неустойчивости состояния обучающегося, что инициирует поисковую активность обучающегося. Если же в развитии наблюдается регресс, то неопределённость проблемной среды уменьшается.

Система управления самоорганизацией учебной деятельностью, получая на входе информацию о среде X и о структуре системы действий обучающегося S , о цели Z^* , располагая ресурсами R (ресурсами могут быть: время, отводимое на научение, количество заданий и т. д.), – должна выдать на выходе информацию об управлении U , с помощью которого возможно достижение цели Z^* , т.е. искомого состояния S^* в рамках ресурсов R , т.е.

$$\langle X, S(Y), Z^*, R \rangle \rightarrow U^* \rightarrow S^*. \quad (4)$$

Задачу разработки программы управления декомпозируем на две:

А. Изучение структуры системы действий обучающегося – объекта управления, или синтез модели F объекта, связывающий его наблюдаемые входы:

$$Y = F(X, S(Y), U). \quad (5)$$

Б. Синтез управления с помощью этой модели. В простейшем случае этого можно достичь, решая задачу адаптации, т.е. задачу оперативного управления (см. рис.1)

$$Q(U, S_i) \rightarrow \min_U \Rightarrow U_{S_i}^*, \quad (6)$$

где $U_{S_i}^*$ – оптимальные управляющие воздействия, определяемые для структуры системы действий S_i на множества управлений U . Структура системы действий формируется в результате решения задачи стратегического управления (см. рис.1):

$$Q(U, S_i) \rightarrow \min_{S_i} \Rightarrow S_U^*, \quad (7)$$

где S_U^* – оптимальная структура системы действий обучающегося при заданных управляющих воздействиях U .

Множество допустимых управлений определяется выделенными ресурсами R , а искомое состояние S^* – заданной целью Z^* .

Процесс синтеза модели F объекта управления (модели структуры системы действий обучающегося) является необходимым элементом управления сложным объектом.

Системе управления самоорганизацией учебной деятельностью сообщаются цели обучения Z^* и ресурсы R , которыми она располагает для управления процессом научения обучающегося. Задача состоит в том, чтобы организовать управляющие воздействия U , которые содействуют изменению структуры системы действий обучающегося таким образом, чтобы выполнялись поставленные цели Z^* .

Описанная двухконтурная модель управления процессом научения решению задач основана на синергетических принципах и реализует свою функцию через содействие обучающемуся в формировании структуры системы действий, «инициируя» неустойчивые состояния обучающегося, преодоление которых приводит к самоорганизации его учебной деятельности. Математически это соответствует достижению целевых требований (4).

5. Управляющие воздействия.

Управление U представлено в виде $U = \langle U_S, U_I, U_A \rangle$. Генератор задач G задаёт обстановку в проблемной среде:

а) стратегическое управление U_S является самым мягким управлением и носит мотивационный характер. Оно даёт информацию о значении уровня самостоятельности действий обучающегося. Функция уровня самостоятельности учебной деятельности обучающегося определяется из выражений:

$$I = 1 - H(p), \text{ при } p \geq 0.5 \quad (8-a)$$

$$I = 0, \text{ при } p < 0.5, \quad (8-b)$$

$$\text{где } H = -p \log_2 p - (1-p) \log_2 (1-p), \quad (9)$$

информационная энтропия действий обучающегося, p – относительная частота правильных действий. Значение I вычисляется после решения очередной задачи.

Величина I изменяется от 0 до 1. На экране дисплея значение I отображается уровнями самостоятельности деятельности обучающегося, представленными системой 10 датчиков. Номер датчика U_S определяется выражением:

$$U_S = 1 + \text{INT}(10 \cdot I), \quad (10)$$

$$U_S = 1, 2, 3, \dots, 9, 10.$$

При $U_S = 1$, $\text{INT}(I) = 0$. Этот уровень соответствует действиям студента по методу проб и ошибок. Доля неправильных действий обучающегося близка к 0.5. При $U_S = 10$ доля неправильных действий стремится к нулю. Деятельность обучающегося решению задач близка к оптимальной, т.е. безошибочной. Управляющие воздействия U_V изменяются только по завершении очередного периода учебной деятельности обучающегося;

б) управляющие воздействия U_I являются информационными управлениями. Эти управления производятся посредством датчика «расстояние до цели». УЦ вычисляет минимальное число действий, которые нужно произвести обучающемуся, чтобы достичь цели из данного текущего состояния. Это число и есть расстояние до цели. Датчик «расстояния до цели» помогает обучающемуся регулировать свои действия по достижению целевого состояния.

Согласно схеме регулирования, блок сравнения должен при фиксированной цели сопоставить каждой ситуации определённое действие. Обучающийся определяет действие в результате сравнения ситуации и цели. Информация, получаемая от датчика «расстояние до цели», является информационным подкреплением действий обучающегося. Из теории научения [21] следует, что из всех режимов подкреплений самым эффективным является режим случайных подкреплений. При этом датчик «расстояние до цели» появляется либо в случайные моменты времени, либо через случайное число действий, совершаемых обучающимся. Вероятность появления датчика при выполнении i -го задания зависит от результатов деятельности обучающегося в $(i-1)$ -м задании и определяется формулами:

при $U_V = 1$

$$P_i (\text{датчик есть}) = 1; \quad (11a)$$

при $U_V > 1$

$$P_i (\text{датчик есть}) = 1, \text{ если } p_{i-1} < q \leq 1; \quad (11б)$$

$$P_i (\text{датчик есть}) = 0, \text{ если } 0 \leq q \leq p_{i-1}. \quad (11в)$$

Здесь q – случайное число, сгенерированное в интервале от 0 до 1.

По мере научения P_i стремится к 1 и, соответственно, вероятность подключения датчика стремится к нулю. Управляющие воздействия U_I представляют собой случайные события: а) датчик есть; б) датчика нет. Информация об этих событиях передаётся по прямому каналу связи непрерывно. Это обусловлено случайным характером событий а) и б). Всякий раз, совершая действие, обучающийся получает информацию о том, что произошло. Соответственно, прямой канал связи, так же как и обратный, работает непрерывно;

в) «институциональное» управление U_A состоит в целенаправленном ограничении множества возможных действий обучающегося. В рамках нашей модели «институциональное» управление заключается в целенаправленном ограничении неправильных действий обучающегося путём их отмены или коррекции (исправлении).

Синергетическая парадигма управления и диагностики учебной деятельности обуславливает направленность на анализ и диагностику неустойчивых состояний (бифуркаций) обучающихся, включая диагностику процесса смены механизмов саморегулирования учебной деятельности, а также динамических параметров, характеризующих эти механизмы.

Обучающийся представляет собой в некотором роде «чёрный ящик». Принятие им решения о выполнении того или иного учебного действия обусловлено как внутренней умственной деятельностью, так и возможными внешними изменениями проблемных сред. Если не изменять параметры (структуру) проблемной среды, то нельзя однозначно утверждать, за счёт чего формируется результат научения обучающегося решению задач. Другими словами, результат научения определяется двумя входными переменными: информацией о результате действия, произведённого обучающимся над объектами задачной ситуации, и информацией о проблемной среде или окружающей среде. Если на каком-либо шаге учебной деятельности изменились оба значения входных переменных, то результаты научения

на этом и на предыдущем шаге учебной деятельности оказались бы несравнимы. Нельзя было бы сказать, почему, за счёт какого фактора изменился результат действий обучающегося. Поэтому в неклассическом и классическом подходах кривые научения как результат деятельности обучающегося должны быть получены в условиях постоянства (квазистационарности) проблемной среды [19].

В постнеклассическом подходе к исследованию процессов научения в результате учебной деятельности изменяется как обучающийся, так и проблемная среда. Эти изменения обусловлены самосогласованным изменением частоты реакций (информационных подкреплений) проблемной среды на действия обучающегося при изменении успешности учебной деятельности. Изменение частоты информационных подкреплений учебной деятельности обучающегося приводит к изменению вероятностей устойчивых и неустойчивых состояний, стимулируя тем самым поисковую активность обучающегося.

3. Экспериментальная часть

В эксперименте исследовалась учебная деятельность по конструированию музыкального произведения из его фрагментов. Предварительно, специальным компьютерным конструктором звуковых пазлов, музыкальное произведение разрезано на 9 фрагментов. Задача испытуемых состоит в том, чтобы соединить эти фрагменты в правильной последовательности. Музыкальным фрагментам соответствуют карточки, номера которых случайно изменяются при каждом повторном выполнении задания. Испытуемый может прослушивать отдельные фрагменты, все произведение и то, что собрал неограниченное число раз. Действия прослушивания в движении к цели не учитываются. Текущее состояние решения задачи конструирования музыкального произведения из его фрагментов определяется как результат действий установки и отмены звуковых фрагментов. Неправильно установленный фрагмент удаляет от цели, и наоборот, правильно установленный фрагмент приближает к цели. Как следует из анализа учебной деятельности испытуемых I и II безошибочное решение задач не всегда означает, что обучающийся способен осуществлять деятельность по поиску решения задач в условиях ограничения внешней информации. С позиции самоорганизации учебной деятельности процесс формирования нового, более совершенного механизма саморегулирования учебных действий завершился далеко не у всех обучающихся. Это можно выявить, если прекратить подачу внешней информации

Для исследования процессов самоорганизации учебной деятельности человека разработан метод актиограмм [22]. Актиограмма – графическое отображение учебной деятельности во времени – позволяет анализировать эволюцию развития учебной деятельности. В частности, метод актиограмм позволяет фиксировать бифуркации учебной деятельности, инициируемые флуктуациями проблемной среды. В состоянии бифуркации (ветвления) происходит выбор между двумя путями развития учебной деятельности: первый – приводит к деградации структуры учебных действий и росту числа ошибочных действий; второй – это прогресс, обуславливающий сохранение и развитие учебной деятельности (см.рис.2).

Самостоятельный характер учебная деятельность приобретает при обучении решению задач «без учителя». При этом в процессе научения решению задач обучающемуся не сообщается напрямую, как поступить или какое действие предпринять. Он сам, на основе собственного опыта узнаёт, какие действия приводят к целевому состоянию задачи. Действия обучающегося определяются не только сиюминутным результатом, но и последующими действиями и случайными подкреплениями со стороны проблемной среды. Эти два свойства (метод «проб и ошибок» и подкрепление) являются основными характеристиками системы автоматического управления самостоятельной учебной деятельностью обучающихся решению задач [23].

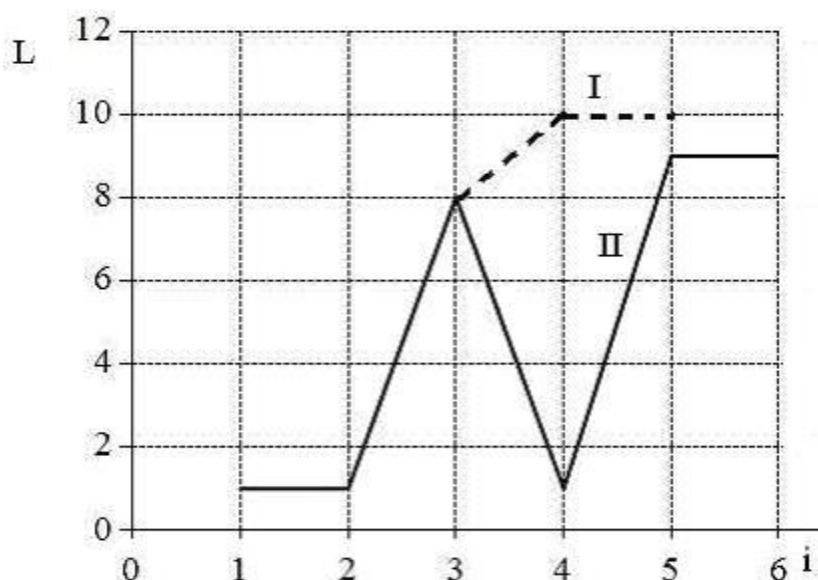


Рис. 2. Кривые развития учебной деятельности I-го и II-го испытуемых (вертикальная ось L – уровень самостоятельности учебной деятельности, горизонтальная ось i – номер задания)

Самообучение отличается от обучения с учителем, который напрямую инструктирует или тренирует обучающегося. Для достижения целей обучающийся сам определяет тактику и стратегию своей деятельности. Чтобы оптимизировать процесс научения, он не только опирается на свои знания (тезаурус), но и исследует пространство состояний задач данного типа, с тем чтобы найти (генерировать) правильный алгоритм поиска решения задач.

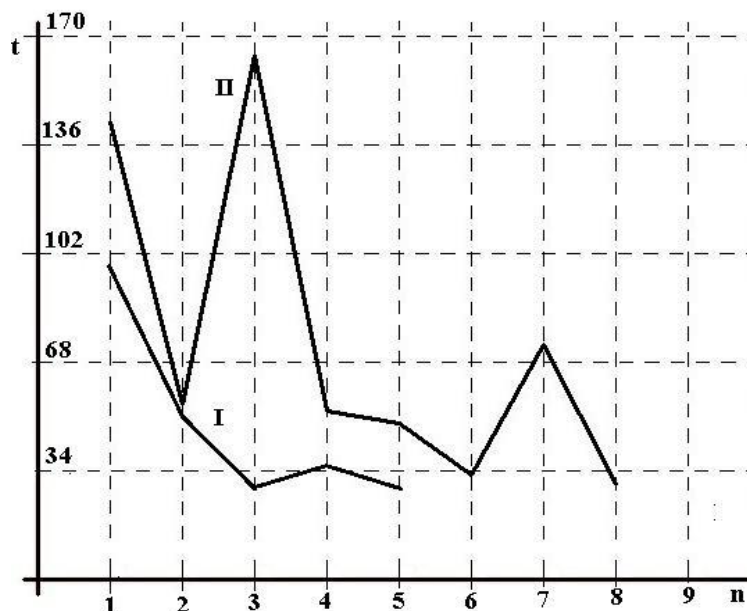


Рис. 3. Время выполнения заданий t в зависимости от номера задания n для испытуемых I и II (см. рис.2)

Для получения обучающимся достоверной информации об алгоритме решения задач проводимые им исследования должны многократно повторяться. Внутреннюю информацию, которой обладает обучающийся после выполнения I задания, можно оценить как меру снятой неопределённости. В начале обучения недостаток внутренней информации у обучающегося компенсируется управляющими воздействиями системы обучения. Чем больше обучающийся накопил информации о способах решения задачи, тем реже система управле-

ния (адаптер) «вмешивается» в деятельность обучающегося. Если внешняя информация не компенсирует недостаток внутренней информации, то у обучающегося возникает состояние неустойчивости, которое может привести либо к регрессу (деградации), либо к прогрессу структуры учебной деятельности обучающегося. Чтобы не произошло деградации структуры учебной деятельности, обучающийся должен сгенерировать недостающую информацию. Для этого он мобилизует свой внутренний потенциал, логику и интуицию.

Из анализа рис.2 и рис.3 можно сделать вывод о том, что испытуемый I справился с этой проблемой, а испытуемый II не смог этого сделать. Становление учебной деятельности испытуемого I пошло по пути саморазвития (прогресса), а у испытуемого II становление деятельности пошло по пути регресса. Регресс сопровождается разрушением структуры учебных действий и соответственно возрастанием количества ошибочных действий.

В нашем примере бифуркация (см. рис.2) возникла при выполнении третьего задания. Обучающиеся с первого уровня самостоятельности перешли на восьмой уровень. При этом частота подключения датчика «Расстояние до цели» существенно уменьшилась. Недостаток внешней информации инициировал становление процесса саморазвития учебной деятельности у испытуемого I.

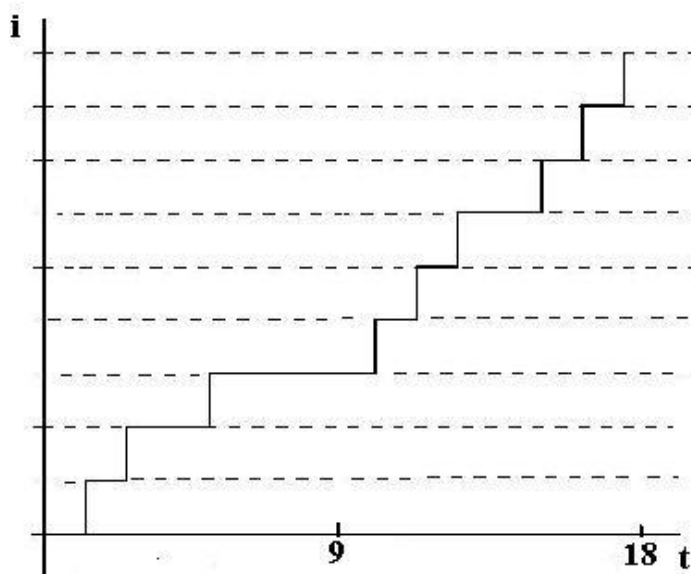


Рис.4. Актиограмма учебной деятельности испытуемого I при выполнении 3-го задания

Это сопровождается уменьшением времени выполнения задания $t \leq 34$ и отсутствием ошибочных действий (см. актиограмму на рис.4). После выполнения 3-го задания уровень самостоятельности испытуемого I продолжает расти. У испытуемого II регресс учебной деятельности, вызванный дефицитом внешней информации, сопровождается не только возрастанием количества ошибок (см. актиограмму на рис. 5), но и значительным увеличением времени выполнения задания $t \approx 170$ сек (см. рис. 3).

Актиограммы позволяют обучающемуся осуществлять «чувственно-мысленный обзор» своей учебной деятельности в процессе её самоосуществления. Ключок В.Е. пишет, что «транспектива времени» подчеркивает движение, косвенно включая в себя и пространство, которое в это время осваивается [20]. Как следует из анализа учебной деятельности испытуемых I и II, безошибочное решение задач не всегда означает, что обучающийся способен осуществлять деятельность по поиску решения задач в условиях ограничения внешней информации. С позиции самоорганизации учебной деятельности процесс формирования нового, более совершенного механизма саморегулирования учебных действий завершился далеко не у всех обучающихся. Это можно выявить, если прекратить подачу внешней информации.

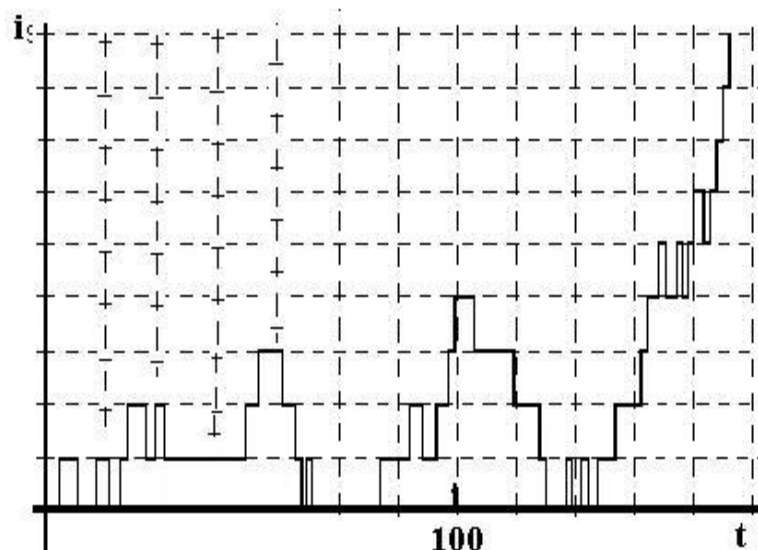


Рис. 5 Актиограмма учебной деятельности испытуемого II при выполнении 3-го задания

Для интерпретации бифуркации учебной деятельности используем модель Хокинса [24]. Согласно модели Хокинса, основные функции мозга – запоминание и прогнозирование. Запоминаются временные ряды событий, из которых затем выделяются инвариантные ряды события, определяющие решение задачи. У тех испытуемых, которые остались на 10 уровне, процесс выделения инвариантных событий закончился, то есть события, связанные с сигналами среды (подкреплениями), являются просто шумом. Поэтому выключение датчика «расстояние до цели» никак не влияет на успешность их деятельности. Деятельность таких обучающихся происходит с опорой на внутренний контекст.

Испытуемые, у которых ряды инвариантных событий не выделены, нуждаются в полном ряду событий, включая сигналы среды. Поэтому исключение событий, несущих внешнюю информацию, компенсирующую недостаток внутренней информации, приводит к дезорганизации деятельности испытуемого и совершению ошибок.

Приведённые объяснения бифуркации учебной деятельности согласуются с представлениями синергетики, так как исключение второстепенных событий из инвариантной последовательности действий является механизмом саморегуляции с более высоким уровнем организации деятельности.

Продолжительность взаимодействия с определённой средой, уровень развития индивидуального когнитивного ресурса личности и величина информационной энтропии помогают выработать наиболее эффективный способ взаимодействия. Динамика саморазвития когнитивной стратегии решения задачи с доминированием наиболее эффективного механизма саморегулирования поиска решения задач являются показателем обучаемости испытуемых как основного критерия в учебном процессе.

Установлено, что учебная деятельность по научению решению задач играет ведущую роль при саморазвитии обучающегося и носит нелинейный, продуктивный характер в неустойчивых, незакрытых состояниях. Из анализа эволюции поиска решения задач следует, что обучающийся, согласно работе Стёпина В.С., является саморазвивающейся системой, которая «...характеризуется развитием, в ходе которого осуществляется переход от одного вида саморегуляции к другому» [14]. Саморегулирование в методе проб и ошибок сменяется структурой систематической, пооперационной учебной деятельностью, а затем происходит переход к интеллектуальному саморегулированию поиска решения задач.

Литература

1. Воробьёва Н.П., Ореховский А.И. Моральные ценности, сознание и общение в парадигме современного образования // Вестник СибГУТИ. 2009. № 2. с.70-77.
2. Серых В.И., Гребцова Л.В., Чернышевская Е.И. Модели измерений уровня подготовленности студентов // Вестник СибГУТИ. 2011. № 3. с.35-44.
3. Пак Н.И. О концепции информационного подхода в обучении // Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева, 2011. №1 с.91-97.
4. Доррер А.Г. Моделирование и разработка интерактивных обучающих систем с адаптацией // Диссер. канд. техн. наук., Красноярск. 2005. с.159.
5. Дьячук П.П. Моделирование учебной деятельности марковскими цепями на примере конструирования пространственных объектов // Системы управления и информационные технологии. 2010. Т. 39. № 1.2. с.229-233.
6. Кудрявцев В.В., Вашик К., Строгалов А.С., Алисейчик П.А., Перетрухин В.В. Об автоматном моделировании процесса обучения // Дискретная математика Т.8. № 4. М.:1996. С. 3-10.
7. Юрков Н.К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы//моногр.-Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – 304 с.
8. Усачёв А.В. Нейросетевая мультилингвистическая система адаптивного обучения терминологической лексике // Дисс. канд техн. наук. Красноярск 2005. с.158.
9. Мазурак Т.Л. Интеллектуальные средства автоматизации управления обучением // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). 2012. Т.15. №3. с.502-521.
10. Кравец О.Я. Управление в образовательных системах: проблемы и решения // Психология. Социология. Педагогика. 2011. № 7. с.19-26.
11. Беляев Р.В., Кравец О.Я. Автоматизация адаптивного управления траекториями обучения // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т.7. №7. с.109-114.
12. Буданов В.Г. Синергетическая методология в постнеклассической науке и образовании // Синергетическая парадигма. Синергетика образования. – М., Прогресс-Традиция, 2007. с.174-211.
13. Касаткина А.А. Компетентностные модели как системный ресурс повышения качества инновационных образовательных программ // Вестник СИБГУТИ. 2010. № 1. с.77-84.
14. Стёпин В.С. Саморазвивающиеся системы и постнеклассическая рациональность // Вопросы философии. 2003. №3, с.5-17.
15. Логиновский О.В., Козлов А.С. Модель управления социально-экономической системой с двойной петлей обратной связи // Вестник ЮУрГУ, № 3, 2012. с.72-80.
16. Рей У. Методы управления технологическими процессами: пер. с англ. / У. Рей. – М.: Мир, 1983. – 368 с.
17. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления // В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
18. Растригин Л.А. Адаптация сложных систем (методы и приложения) Рига. 1981. – 375 с.
19. Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения.- М.: Институт проблем управления РАН, 1998.- 77 с.
20. Клочко В.Е. Самоорганизация в психологических системах: проблемы становления ментального пространства личности (введение в транспективный анализ). - Томск: Томский государственный университет, 2005. - 174 с.
21. Хегенхан Б., Олсон М. Теории научения. 6-е изд. СПб.: Питер, 2004. 474 с.
22. Дьячук П.П., Кудрявцев В.С., Шадрин И.В. Метод актиограмм в системах управления и диагностики деятельности человека // Материалы 5-й международной конференции «Системный анализ и информационные технологии». Красноярск. 2013. Т.1 с. 212-217.

23. Дьячук П.П., Дроздова Л.Н., Шадрин И.В. Система автоматического управления учебной деятельностью и её диагностики // Информационно-управляющие системы. 2010. №5. с.63-69.
24. Хокинс Джефф, Блейкли Сандра. Об интеллекте: Пер. с англ. - М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. - 240 с.

Статья поступила в редакцию 08.09.2014

Дьячук Павел Петрович

кандидат физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа и методики обучения математике в вузе КГПУ им. В.П. Астафьева, докторант СибГУТИ, д. тел. (391)201-24-81, e-mail: ppdyachuk@rambler.ru

Канев Валерий Семёнович д.т.н., к.ф.-м.н., зав. кафедрой математического моделирования бизнес-процессов СибГУТИ, профессор СибГУТИ тел. (383) 269-82-77, e-mail: kanev@ngs.ru

Кудрявцев Владимир Сергеевич

программист ИМФИ КГПУ им. В.П. Астафьева тел. (391)201-24-81, e-mail: vladimirkudryavc@yandex.ru

Synergetic paradigm of management and diagnostics of educational activity

P.P.Diyachuk, V.S. Kanev, V.S. Kudryavtsev

Within synergetic paradigm, double circuit management system and diagnostics of the process of student's self-organization of educational activity for solving problems are considered. Strategic and operational control actions initiating unstable state of student's educational activities are identified. It is shown that bifurcation is the consequence of strategic management violating the balance between external and internal information. It is established that bifurcations lead to the generation of information to students and as the consequence to the self-organization of educational activity.

Keywords: synergetic, self-organization, educational activity, bifurcation, adaptation, management, instability, structure.