

ДИАГНОСТИКА НЕДОСТАТОЧНОЙ ОБУЧАЕМОСТИ МАТЕМАТИКЕ МЕТОДОМ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ

П. П. Дьячук, Л. В. Пустовалов, С. А. Михайличенко

Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева
г. Красноярск

Введение

Анализируется возможность изучать движение сложной обучающей системы, состоящая из двух участников – обучающей системы и обучаемого, при помощи метода фазовых портретов. Результат анализа – построение фазовых портретов деятельности.

Теоретический анализ

Метод фазового портрета эффективно используется в различных областях науки для изучения описания состояний динамических (ДС) систем, поскольку замкнутая кривая на фазовой плоскости является альтернативой аналитического интегрирования дифференциальных уравнений.

Важность и незаменимость метода особенно проявляется в тех случаях, когда дифференциальные уравнения невозможно проинтегрировать и получить решение, либо динамическая система настолько сложна и многомерна, что просто не возможно однозначно определить, учесть и записать аналитически дифференциальные уравнения системы. Вообще говоря, многие ДС имеют огромное количество факторов и параметров, влияющих на её поведение, которые просто аналитически не определяются.

Компьютерную систему обучения и обучаемого можно рассматривать, как динамическую систему (или обучаемую систему ОС). Это, безусловно, достаточно сложная динамическая система, для которой, невозможно указать число степеней свободы или координат, в пространстве которых определяется состояние системы. Однако возможность интегрировано описывать состояние ОС на основе целевой функции, несомненно, существует [4].

В кибернетическом подходе можно выделить три характерных типа поведения системы, три режима, в которых может находиться динамическая система: равновесный, переходный и периодический.

Равновесный режим ОС соответствует ситуации, когда ее состояние не изменяется во времени. В этом режиме у состояния не изменяется ни одна из ее «координат». В пространстве состояний системы ее равновесные состояния будут изображаться не-

подвижными точками.

При обучении какой-либо целенаправленной деятельности можно выделить равновесное состояние, которое отвечает состоянию полной обученности этому виду деятельности. Для обучаемых в идеале должно быть одно равновесное состояние полной обученности. В этом состоянии ученик решает проблемы или задачи в автономном режиме.

Однако бывают случаи, когда ОС имеют не одно равновесное состояние, а два и более. Это накладывает ограничения на достижение состояния полной обученности. Обучаемый в процессе движения по состояниям может попасть в промежуточное равновесное состояние, не отвечающее полной обученности. В этом случае он будет осуществлять деятельность с внешними ограничениями. Например, ему будет необходима дополнительная внешняя информация для осуществления деятельности.

Определение всех равновесных состояний обучаемой системы и их характеристик является важной задачей для диагностики обучаемости, так как позволяет выявить причины, препятствующие достижению состояния полной обученности.

Переходный режим – режим движения системы из некоторого начального к какому-либо установившемуся состоянию – равновесному или периодическому. С точки зрения обучаемой системы, периодический режим можно характеризовать как движение обучаемой системы по циклу в пространстве некоторых переменных.

Периодический режим характеризуется тем, что в системе возникают колебания внешней информации и энтропии деятельности. Причем эти колебания происходят со сдвигом фаз, аналогично колебаниям скорости и координаты в пружинном маятнике. Если проводить аналогию дальше, то скорость или кинетическая энергия соответствует внешней информации, а координата или потенциальная энергия – энтропии деятельности. При этом деятельность осуществляет не только ученик, но и та часть системы, которая

ДИАГНОСТИКА НЕДОСТАТОЧНОЙ ОБУЧАЕМОСТИ МАТЕМАТИКЕ МЕТОДОМ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ

управляет его деятельностью, именно она подает внешнюю информацию

Таким образом, обучаемая система – это обучаемый плюс управляющий внешний центр. Роль внешнего центра – подавать ученику в нужные моменты внешнюю информацию, управляющие воздействия. Если система переходит в состояние полной обученности данному виду деятельности, то есть в равновесное состояние, то это будет означать, что управляющий внешний центр не будет вмешиваться в деятельность обучаемого и энтропия деятельности обучаемого как параметра равна нулю.

Вернемся снова к рассмотрению переходного режима. Переходный режим возникает под влиянием изменения внешнего воздействия или изменения внутренних свойств систем. Например, обучаемый выполняет под управлением учителя или компьютера какую-либо учебную деятельность. Если управляющая система (учитель или компьютер) изменит управляющие воздействия, то возникнет переходный режим. Аналогично переходный режим может возникнуть при изменении внутренних свойств обучаемого. Например, повысилось внимание к выполняемым операциям или резко поменялась мотивация учебной деятельности.

Периодический режим может быть вынужденным и свободным. Тот периодический режим, о котором говорилось выше, скорее можно отнести к вынужденному, так как подача внешней информации управлялась извне. Свободные колебания в деятельности возникают, когда нет никаких внешних воздействий и нет «диссипации» информации.

Эффективное изучение поведения динамической системы возможно не в любом пространстве ее состояний. При неудачном выборе координат включаемых в пространство состояний (фазовом пространстве) движение системы может оказаться непредсказуемым. При этом надо иметь в виду, что траектории системы в фазовом пространстве не пересекаются, то есть движение системы изображается непересекающимися траекториями.

Семейство фазовых траекторий, изображающих движение системы, называется ее фазовым портретом. Фазовое пространство любой динамической системы плотно заполнено фазовыми траекториями, то есть через каждую точку этого пространства проходит траектория.

Изменяя внешнее воздействие на систему, можно существенно изменять ее фазо-

вый портрет. Число измерений фазового пространства системы называется порядком системы. Для обучаемой системы (типа ученика) в настоящий момент невозможно указать число степеней свободы или координат, в пространстве которых определяется состояние системы. Однако возможность описывать состояние системы в спроецированном пространстве, несомненно, существует.

Исходя из экспериментальных данных, координаты δ доля правильных действий и $d\delta/dt$ скорость изменения доли правильных действий интегрировано описывают состояния обучающейся системы.

Рассмотрим плоскость фазового пространства состояний обучаемого [5], которая образуется долей правильных действий δ и скоростью изменения этой доли $d\delta/dt$. Фазовое пространство состояний обучаемого в предположенной системе координат δ и $d\delta/dt$ отвечает следующим условиям: $1 > \delta > 0$; $d\delta/dt \in (-\infty; \infty)$.

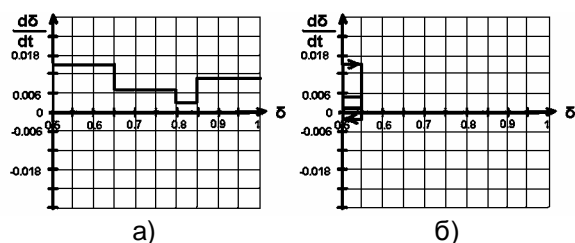


Рисунок 1 – Проекция фазовых портретов активной системы на плоскость $(\delta, d\delta/dt)$:
а) Доля правильных действий (горизонтальная ось) с положительной скоростью $d\delta/dt$ (вертикальная ось) возрастает до 1;
б) Доля правильных действий совершает колебания в среднем от 0,5 до 0,55. Начало координат находится в точке $\delta=0,5$; $d\delta/dt = 0$

На рисунке 1 приведены экспериментальные фазовые портреты, полученные при обработке данных компьютерного динамического тестирования процесса обучения решению задач по конструированию графиков функций [5]. Рисунки показывают, что обучаемый, (рисунок 1 а) в процессе обучения переходит в устойчивое равновесное состояние полной обученности (траектория стремится к фокусу, точке $\delta=1$ и $d\delta/dt=0$). В этом состоянии деятельность по выполнению заданий строго упорядочена (обучаемый осознал алгоритм решения задачи).

Фазовый портрет ОС на рисунке 1 б находится в квазипериодическом режиме. Обучаемый «зациклен» на внешнюю помощь. Стоит обучающей системе перевести его на

более высокий уровень достижения и соответственно уменьшить частоту помощи, как он начинает совершать неправильные действия. Доля правильных действий уменьшается, и обучающая система переводит обучаемого в состояние, отвечающее уровню ниже. Далее все повторяется до тех пор, пока он не уяснит алгоритм решения задачи. В данном примере мы наблюдаем явление недостаточной специфической обучаемости [6].

В педагогической и психологической диагностике на явление недостаточной специфической обучаемости обратили внимание в 70-х годах. В это же время начались интенсивные работы по разработке программ диагностики и коррекции НСО.

Диагноз НСО следует применять только к детям, которые: 1) обнаруживают «резкое несоответствие» интеллектуальной способности достигнутому уровню навыков коммуникации и математических действий и 2) не могут овладеть ими на уровне, соответствующем их возрасту и интеллектуальной способности даже при обеспечении должного обучения.

Обычно дети с недостаточной специфической обучаемостью демонстрируют нормальный интеллект, нередко даже превышающий средний уровень, в сочетании с выраженными трудностями в овладении одним или несколькими основными школьными навыками (наиболее часто – чтением). Следует заметить, что недостаточная специфическая обучаемость может встречаться на любом интеллектуальном уровне, даже если дети с задержкой психического развития не подходят под юридическое определение недостаточной специфической обучаемости.

Несмотря на наличие огромного количества тестов, которые используются для реализации современных принципов оценки НСО, многие исследователи неоднократно заявляли о потребности в новом, более информативном подходе к диагностике и оцениванию таких детей. Чаще всего для диагностики недостаточной специфической обучаемости используют методику динамической оценки.

Термин «динамическая оценка» охватывает множество разнообразных методик, которые предполагают намеренное отступление от стандартизованного или единого для всех тестов для получения дополнительных качественных данных об индивидууме. Несмотря на то, что пользовались такими методиками и раньше, популярность этого подхода начала расти с 1970-х гг. Он служил спо-

собом получения дополнительных качественных данных об индивидууме, причем не только в случаях с НСО, но и при работе с другими детьми, испытывавшими трудности в обучении, например, вследствие слабой или умеренной психической задержки.

Методики динамической оценки, начало которой было положено работами Фейерштейна и др., открывают ряд перспектив. Связывая оценку и обучение, они стимулируют исследования пределов изменчивости академической способности и содействуют разработке программ оптимальной коррекции. В добавление к этому они дают в руки квалифицированного клинициста средство оценки, позволяющее получать более ясные описания когнитивной деятельности и ее чувствительности к корригирующим вмешательствам, чем стандартизованные тесты интеллекта [1].

С точки зрения фазового портрета обучаемого, состояние НСО соответствует «устойчивым» предельным циклам. Понятие «устойчивость» применимо не только для оценки устойчивости равновесного состояния системы, но и для оценки характера движения системы.

Устойчивость характеризует одну из важнейших черт поведения системы. Можно быть уверенным, что это относится и к обучающимся системам. Понятие устойчивости применяется для описания постоянства какой-либо черты поведения системы, понимаемого в широком смысле. Это может быть постоянство состояния системы (его неизменность во времени) или постоянство некоторой последовательности состояний, пробегаемых системой в процессе ее движения, и т.п.

Точное и строгое определение понятия устойчивости применительно к состоянию равновесия динамической системы было дано выдающимся русским ученым А. Ляпуновым. Пусть неподвижная точка A изображает в фазовом пространстве системы ее равновесное состояние. Это равновесное состояние будет устойчивым, по Ляпунову, если для любой заданной области допустимых отклонений z от состояния равновесия можно указать такую область b (включающую состояние равновесия), что траектория любого движения, начавшегося в области b , никогда не достигнет границы области z .

Любая система находится под влиянием внутренних и внешних возмущающих воздействий. Сколько малы ни были бы воздействия, они всегда будут вызывать флуктуации

ДИАГНОСТИКА НЕДОСТАТОЧНОЙ ОБУЧАЕМОСТИ МАТЕМАТИКЕ МЕТОДОМ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ

состояния системы, в результате чего изображающая точка будет блуждать около своего среднего положения в некоторой области. Она рано или поздно пересечет границу любой наперед заданной области. Это будет означать, что система не обладает устойчивым равновесным состоянием.

Обучаемый как динамическая система, обладающая разумом, имеет единственное устойчивое равновесное состояние, которое характеризуется полной обученностью выполнения деятельности по решению задач. Это состояние соответствует автономной стадии в решении проблем, которая отвечает сформировавшейся компетентности у обучаемого.

Обучаемый, деятельность которого, в фазовом пространстве задач характеризуется устойчивым предельным циклом (рисунок 1б), страдает недостаточной специфической обучаемостью [4].

По экспериментальным данным динамического компьютерного теста-тренажера была построена гистограмма динамических порогов (обычно динамический порог определяется клиническим методом). Протестировано 319 учащихся 9 классов школ № 15, 99 г. Красноярск и Мининской средней школы Емельяновского района (рисунок 2).

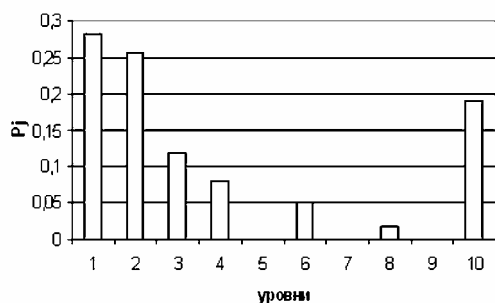


Рисунок 2 – Гистограмма динамических порогов

На гистограмме динамических порогов ось Y (P_j на гистограмме) – доля $\Delta N/N$ учащихся, имеющих уровень i ($N = 319$), а ось X (уровень на гистограмме) – уровень самостоятельности, достигнутый при выполнении заданий.

Первым порогом обладают примерно 28% обучаемых, те, кто так и не смог решить задачи без подсказок (каждое действие, выполненное обучаемым, имело информацион-

ную помощь) и полностью не понимают алгоритм решения задач.

26 % обучаемых имеют второй порог – они успешно выполняют задания, только тогда, когда вариативно (случайным образом) в среднем на два действия оказывается помощь. Как только частота помощи уменьшается, обучаемый начинает действовать неправильно.

Примерно 21 % обучаемых имеют 7 – 10 порог. Это успешные ребята. Они, практически не имея подсказок (10 уровень – одна случайная подсказка в среднем на 100 действий), правильно выполняют задания. Алгоритм решения задач сформирован. Что касается ребят, находящихся ниже 7 уровня (их 79 %), все они имеют диагноз недостаточной специфической обучаемости.

Экспериментальные данные динамического компьютерного тестирования и построенная гистограмма динамических порогов показывают, что из 319 обучаемых 79 % с недостаточной специфической обучаемостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анастаси Анна Психологическое тестирование / Анна Анастаси, Сьюзан Урбина – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.: ил. – (серия «Мастера психологии»).
2. Анохин, П.К. Теория функциональной системы / П.К. Анохин // Успехи физиологических наук. 1970. – т.1, №1, с. 19-54
3. Беспалько В.П. Образование и обучение с участием компьютеров педагогика третьего тысячелетия / -М.: изд. НПО «МОДЭК» 2002. – 352 с.
4. Бортновский С.В. «Фазовый портрет активной системы, как метод компьютерной диагностики процесса обучения» // Научно-методическая конференция «Новые информационные технологии в университетском образовании». Новосибирск. ИЭПМСО РАО. 2007.
5. Дьячук П.П. «Динамическое тестирование процесса обучения» / П.П Дьячук, С.В. Бортновский // VII Всероссийский семинар "Моделирование неравновесных систем". Красноярск. ИВМ СО РАН. 2004.
6. Дьячук П.П. «Компьютерная диагностика недостаточной специфической обучаемости по математике» / П.П Дьячук, С.В. Бортновский // Всероссийская научно-практическая конференция «Современные проблемы преподавания математики и информатики». Тула. 2004.
7. Эшби, У.Р. Конструкция мозга /У.Р. Эшби. – М.: изд. иностр. лит., 1962. – 397с.