

СИНТЕЗ ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. На основе анализа структурно-функциональной схемы синергетического управления индивидуализированным обучением исследованы основные элементы гибридной модели.

Ключевые слова: гибридная модель, синергетическое управление, система автоматизированного управления обучением

Введение

Одной из необратимых тенденций образования в информационном обществе становится отход от детерминированных траекторий обучения в сторону их полной индивидуализации [1], [2]. Очевидно, что формирование гибких индивидуальных учебных планов, сопровождение процесса их выполнения может быть реализовано на основе разработки моделей автоматизированного управления процессом обучения, что требует адаптации современной теории управления к потребностям образования.

Постановка проблемы

Процесс формирования индивидуальных траекторий обучения представляет собой сложную систему, которая в условиях компетентного подхода с учётом межпредметных связей характеризуется большим числом гетерогенных подсистем с высокой степенью неопределённости. Поэтому задача автоматизации управления такой системой может быть решена на основе комплексного использования различных методов имитации деятельности преподавателя. Задача синтеза гибридной информационно-управляющей системы для автоматизированного управления индивидуализированным обучением на основе использования разнородных интеллектуальных средств является актуальной и нерешённой.

Анализ публикаций по теме исследования

Теоретические и методологические основы управления обучением с дидактических позиций рассмотрены в работах Талызиной

Н.Ф., Беспалько В.П., Башмакова И.А. и др.; с кибернетических позиций – в работах Растригина И.А., Эренштейна М.Х. и др. В соответствии с динамикой развития прикладных систем искусственного интеллекта в управлении, а также в связи со спецификой процесса обучения, дальнейшее совершенствование средств управления связано с интеллектуализацией систем обучения. Такой подход развивается в работах Петрушина В.А., Сороко В.Н., Тодорцева Ю.К., Чмыря А.И., Шароновой Н.В.

Одним из перспективных подходов при разработке систем управления сложными нелинейными динамическими объектами является синергетический, основной сутью которого является максимальный учёт при выработке управляющего воздействия естественных свойств, внутреннего развития объекта управления [3]. В рамках реализации синергетической модели управления обучением [4], нерешённой является проблема синтеза системы управления (СУ) на основе анализа структурно-функциональной схемы обучения.

Цель статьи

Разработка реализационных основ системы синергетического управления обучением основывается на анализе функционально обоснованной структуры такой системы. Поэтому целью данной статьи является исследование наиболее эффективных средств интеллектуального управления анализируемыми подсистемами, определение наиболее целесообразной формы их гибридизации.

Реализационные основы синергетического управления обучением

Предпосылки применения синергетического подхода

Процесс обучения представляет собой сложный социотехнический объект, состоящий из большого количества разрозненных подсистем и в общем случае не имеющий адекватного формального описания. Поэтому рассмотрим процесс обучения с позиции теории самоорганизации сложных упорядоченных систем, применив так называемый синергетический подход. Такой подход является целесообразным т.к. система обучения относится к классу нелинейных диссипативных динамических систем. Следовательно, учёт в процессе анализа «синергетических» свойств и особенностей, характерных для обучения, даёт возможность определить параметры процесса управления обучением, адаптированного для конкретного обучаемого.

Основу синергетической модели управления обучением [4] составляет двухклассовая модель «знаний и умений» управления обучением с вектором состояния (x, y) и вектором управления (U, h) , которая имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= fUy, \\ \frac{dy}{dt} &= c(1 - U)xy, \\ \frac{d}{dt}(Ux + (1 - U)y) &= \frac{h(t)}{1 + r} + \frac{c - f}{1 + r}(Ux + (1 - U)y), \end{aligned} \quad (1)$$

где $h(t)$ – скорость выдачи информации,

r – коэффициент сопротивления дидактическому процессу,

f – коэффициент забывания,

c – коэффициент умозаключения,

U – доля времени, отведённая на накопление знаний,

S – нормированное количество информации ($0 < S < 1$),

x, y – нормированные объёмы накопленных знаний и умений.

Инвариантное многообразие в фазовом пространстве синергетического метода управления системой, задаётся с помощью аналитически полученного уравнения, связывающего координаты состояния и управления:

$$(1 + r)e^{\alpha t}(Ux + (1 - U)y) = \beta + \int e^{-\alpha t} h(t) dt, \quad (2)$$

где $\alpha = \frac{c - f}{1 + r}$, β – произвольные постоянные.

Таким образом, аналитически получена формулировка задачи управления в виде выбора параметров скалярного регулятора.

Структурно-функциональная схема управления обучением

Целью реализации данной схемы управления является формирование управляющих воздействий в виде индивидуальных траекторий обучения, направленных на достижение требуемого набора компетенций. На основе декомпозиции целей функционирования СУ обучением предложена вложенная структура, состоящая из совокупности унифицированных подсистем циклического действия «учебный элемент (УЭ) – учебная дисциплина (УД) – компетенция (КМП) – системы компетенций (СКМП)».

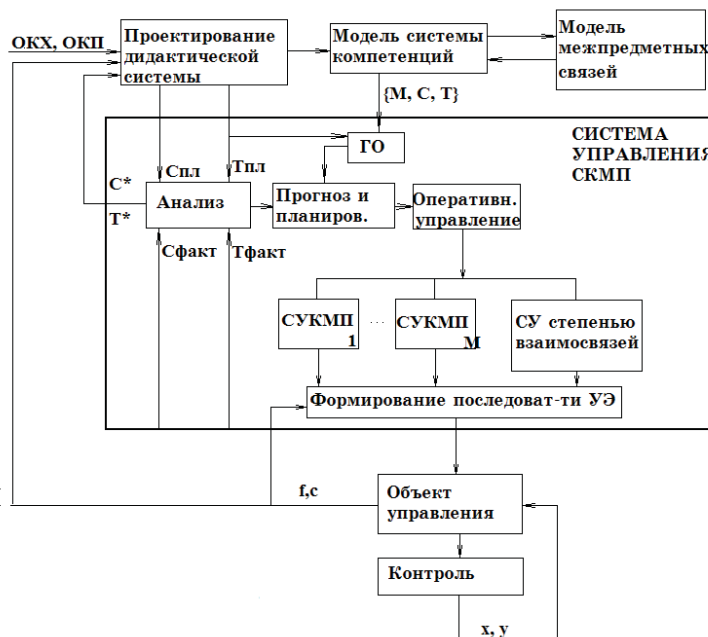


Рисунок 1 –Схема управления процессом формирования системы компетенций

Вложенность указанных подсистем осуществляется за счет передачи значений целевых параметров, выражающих расхождение между планируемыми и фактическими значениями успешности обучения - C^* и временем T^* в сташую СУ, а управляющих U, h – в подчинённую. Центральным звеном данной схемы является схема взаимодействия между моделью межпредметных связей и моделью компетенций [5], которая реализуется на основе нейро-нечёткого управления [6].

Нейро-нечёткая схема управления интеграцией обучения

Модель системы межпредметных связей построена на основе модели ассоциативного мышления, реализована в виде искусственной нейронной сети, на основе которой можно автоматизировать процесс определения степени интеграции между парами учебных дисциплин, формирующих отдельные компетенции. Структура связей отражает иерархическую структуру содержания обучения, образуя слои в соответствии с уровнями иерархии. Таким образом, получаем многослойную сеть со скрытыми слоями, т.к. в качестве внешней среды выступают данные, полученные из соответствующих баз знаний монопредметных курсов, в качестве выходных данных – коэффициент интеграции, количественно выражающий степень интеграции дисциплин.

В связи с тем, что формальное описание отношения «взаимосвязь» носит субъективный характер, то в модель межпредметных

связей введён набор нечётких правил. Для совместного использования нейронных сетей и нечёткого логического вывода применяется аппарат нечётких нейронных сетей Fuzzy Logic Toolbox пакета Matlab [6]. В данном случае слои нейронной сети выполняют функции элементов системы нечёткого вывода. Нечёткие правила имеют вид:

$$\text{ЕСЛИ "e1 есть } \alpha \text{" И "e2 есть } \beta \text{" ТО "w есть } \varepsilon \text{"} \quad (3)$$

где e_1 и e_2 - переменные, характеризующие интегрируемую монопредметную область;

α и β - соответствующие значения указанных переменных;

ε - значение лингвистической переменной w , которая описывается с помощью термина «степень взаимосвязи».

Параметры функции принадлежности определяются с помощью известных процедур обучения нейронных сетей. Полученные значения используются на этапе применения нейронной сети в качестве весовых коэффициентов, отражающих степень взаимосвязи между УЭ интегрируемых курсов. Функция принадлежности для данной лингвистической переменной имеет вид Гауссовой функции, является обработкой результатов, полученных от экспертов. В качестве термов были использованы следующие значения: $T_\varepsilon = \{\text{«отсутствует», «скорее всего целесообразна», «определённо целесообразна»}\}$. В результате последовательного применения нейро-нечёткой системы для определения степени интеграции между попарно предъявляемыми учебными дисциплинами, получаем вектор степеней интеграции $SI = \{si_1, si_2, \dots, si_{ns}\}$, в котором $ns = (N^2 - N) / 2$, где N - общее количество дисциплин D .

Дальнейшее управление процессом формирования компетенций на основе межпредметных взаимосвязей определяет необходимость разбиения массива исходных данных на неизвестное заранее количество групп S_i , причём, в общем случае, каждая дисциплина может участвовать в формировании нескольких компетенций. Решение данной задачи основано на применении нечёткой горной кластеризации, на основе расчёта потенциальных центров кластеров с последующим их уточнением. Полученные степени интеграции являются основой для отбора содержания обучения, построения графа обучения. Однако, ввиду существования множества траекторий прохождения графа, необходима дальнейшая оптимизация.

Эволюционная оптимизация управляющих воздействий

Целевая функция получена на основе синергетической модели управления обучением, имеет следующий вид:

$$N_{yэ} = F(h, U, T, t, w), \quad (4)$$

где $N_{yэ}$ - количество учебных элементов в траектории, T - тезаурус, w - тестовый параметр интеллекта. Идентификация целевой функции выполнена с помощью обучения трёхслойной нейронной сети на основе метода обратного распространения по алгоритму Левенберга–Марквардта. Вариация частей тезаурусов из различных учебных дисциплин, прогнозируемых значений параметра интеллекта на основе статистических данных, управляющих параметров h , U определяют постановку переборной задачи нахождения максимума целевой функции при заданном времени обучения. Ограничениями задачи являются ресурсы, показатели качества обучения: уровень усвоения $K_y \geq 0,7$; показатель степени абстракции; показатель степени осознанности $K_o = 3$ (для межпредметных связей); коэффициент усвоения навыка.

Прогнозирование параметров индивидуального и группового векторов интеллекта выполнено на основе полученных математических моделей по определению доверительных интервалов и доверительных вероятностей. Определение вектора состояний выполнено на основе модели нечёткого графа обучения с последующим определением вершин (учебных элементов) и взаимосвязей между ними (внутри- и межпредметных связей). Объектами кроссвера в эволюционной модели являются наборы учебных элементов, обеспечивающих требуемые степени интеграции между учебными дисциплинами. Модель предусматривает реализацию компетенстного обучения, т.е. система целей обучения сведена к достижению набора компетенций.

Практическая реализация

Предложенная модель реализована с применением инструмента Optimization Tool пакета Matlab. Применение эволюционного метода оптимизации позволило значительно сократить время перебора различных комбинаций входных данных, а также выполнить оптимизацию функции, не имеющей аналитического выражения. Предложенный подход реализован для формирования компетенций у бакалавров Одесского национального политехнического университета, обучающихся по специальности 0925 «Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии».

Выводы и перспективы дальнейших исследований

Проведённый декомпозиционный анализ структурно-функциональной схемы синергетического управления индивидуализированным обучением позволил синтезировать модель автоматизации формирования оптимальных обучающих воздействий. Таким образом, получена модель реализации синергетического управления в виде гибридизации нейро-нечёткого и эволюционного инструментария решения интеллектуальных задач, что позволяет повысить эффективность различных форм как электронного, так и традиционного обучения.

Дальнейшее развитие данного подхода состоит в разработке системы автоматизации извлечения скрытых закономерностей на основе статистических данных, накапливаемых в обучающей системе, для облегчения процесса наполнения базы знаний нечётких правил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспалько В.П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия). – М.: МПСИ, 2002. – 352 с.
2. Гриценко В.И. Высшее образование в информационную эпоху: вызовы глобализации. – К.:МННЦИТ и СНАНУ и МОН, 2009. – 38 с.
3. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. М.: УРСС. – 2006. - 240 с.
4. Мазурок Т.Л. Синергетическая модель индивидуализированного управления обучением // Математические машины и системы. – 2010. - №3. – С. 124-134.
5. Мазурок Т.Л. Нейро-нечёткая реализация синергетического управления индивидуализированным обучением // Искусственный интеллект. – 2010. - №4. – С. 596-605.
6. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и FuzzyTech. – Спб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.