

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ, НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

А. Н. Живенков, О. Г. Иванова

Тамбовский Государственный технический университет

Поступила в редакцию 20.09.2010 г.

Аннотация. В статье рассмотрен подход к построению модели структуры курса обучения на основе аппарата нечетких сетей Петри в условиях неопределенности.

Abstract. The article presents an approach to construction of the model of information process for remote learning on the basis of the device of indistinct networks of Petri in the conditions of uncertainty of the learning course structure. The procedural model of the optimal set of training tasks is offered.

Ключевые слова: информационная система, сеть Петри, нечеткая логика, моделирование.

Keywords: information system, network of Petri, indistinct logic, modeling.

В настоящее время в комплексе с традиционными учебно-методическими средствами часто используют компьютерные системы обучения. [1] Однако в области компьютерных систем обучения имеется ряд нерешенных проблем:

– отсутствуют эффективные средства адаптации обучаемого к учебно-практическому наполнению в ходе процесса обучения, позволяющие сократить сроки обучения;

– обучающие системы (ОС) являются статическими заранее заданной неизменной структурой, ориентированы на целевую аудиторию с максимальной степенью усвоения материала, в них не учитываются динамические индивидуальные характеристики обучаемых;

– в основе реализации ОС лежит, как правило, модульный принцип, что снижает степень масштабируемости архитектуры.

Тема разработки компьютерных систем обучения достаточно подробно была представлена в работах А. И. Башмакова, А. И. Соловьев, А. В. Соловов, В. И. Овсянников. Так в работах [1, 2, 3] рассмотрены основополагающие моменты разработки компьютерных систем обучения, в частности представлены методы генерации учебно-тренировочных задач (УТЗ) на основе текста учебного материала, информации представленной на искусственных языках. Рассмотренные подходы хороши в плане про-

сты реализации, однако это исключает возможность индивидуализировать курс обучения для конкретного пользователя. Целесообразным является разработка интеллектуальных курсов обучения, в рамках которых содержание курса и методы подачи материала в процессе обучения будут меняться, и будут индивидуальны для разных пользователей, соответственно будет меняться и модель, отражающая конкретную структуру курса [4].

Структура курса обучения представляет собой набор учебных элементов или учебно-тренировочных задач (УТЗ), представленных в виде: текстовых страниц, веб-страниц, ссылок на файлы, тестовых заданий, вопросов. Сети Петри используются для анализа структуры динамических дискретных моделей сложных систем и логико-временных особенностей процессов и функционирования [5]. В связи с этим, структуру курса обучения, состоящую из набора учебных элементов, удобно представить в виде модели сети Петри.

Для успешного использования математического аппарата сетей Петри с нечеткостью в структуре введем в рассмотрение множество «присутствие позиции» и их нечеткие подмножества: «присутствует полностью», «присутствует возможно», «присутствует мало». Принадлежность позиции к каждому из нечетких подмножеств будем определять исходя из весового коэффициента e_i , который в начале будет определен экспертом, а в процессе компьютер-

ного обучения будет корректироваться. На рисунке 1 изображены функции принадлежности нечеткого наличия учебного элемента в структуре курса обучения в зависимости от удельного весового коэффициента.



Рис. 1. Функции принадлежности учебных элементов

Набор позиций для каждого пользователя индивидуален и будет определяться значением функции принадлежности учебного элемента к множествам «присутствует полностью», «присутствует возможно», «присутствует мало». Для тех элементов значение функции принадлежности к нечеткому подмножеству «присутствует полностью» $\mu_{\text{«присутствует полностью»}}(e_i) \geq 0,5$ будут присутствовать в структуре курса обучения и будут отображены в модели сети Петри. Остальные элементы будут присутствовать в модели неявно, так как $\mu_{\text{«присутствует возможно»}}(e_i) \in (0, 0.5)$, что означает возможное их присутствие в последующих изменениях структуры курса обучения. Модель в виде сети Петри, отражающая структуру курса обучения и динамику функционирования портала, обладает нечеткостью в структуре, поскольку набор позиций и переходов с течением времени меняется, и степень наличия переходов и позиций в структуре курса обучения в каждый момент времени для конкретного пользователя будет различной. В описание структуры модели сети Петри используется лингвистическая переменная «присутствие», которая может принимать следующие значения: «полностью», «возможно», «мало». В связи с этим возникает нечеткость в описании структуры сети Петри. Нечеткость возникает всегда, когда для описания объекта используется естественный язык [6].

Получим элементарные элементы учебного материала, для этого проведем декомпозицию.

Класс УТЗ, соответствующий k -му подразделу j -го раздела i -й главы, обозначим U_{ijk} . Из этого класса выбираются УТЗ, используемые в промежуточном контроле по данному подразделу. Множество УТЗ U_{ij} для рубежного контроля по разделу ij формируется как объединение классов, относящихся ко всем подразделам этого раздела:

$$U_{ij} = \bigcup_{k=1}^{n_{ij}} U_{ijk},$$

где n_{ij} – количество подразделов в разделе i, j . Аналогично формируется множество УТЗ для рубежного контроля по i -й главе:

$$U_i = \bigcup_{j=1}^{n_i} U_{ij},$$

n_i – количество разделов в i -й главе. При итоговом контроле задачи выбираются из всего множества УТЗ U .

В рамках тематического класса УТЗ соотносятся с проверяемыми положениями учебного материала. В задаче могут контролироваться одно или несколько положений. Количество УТЗ по положению должно быть пропорционально его значимости и информационной емкости и быть достаточным для получения обоснованной оценки знаний по нему [7].

Построим модель структуры курса обучения на основе сети Петри с нечеткостью в структуре.

Согласно [8] сеть Петри структурно представляет собой граф специального вида с правилами, которые определяют динамику процесса ее функционирования. Обобщенная маркированная сеть Петри – это упорядоченная петерка

$$C = (P, T, I, O, m_0), \quad (1)$$

где $P = \{p_1, p_2, \dots, p_{m(p)}\}$ – множество позиций; $T = \{t_1, t_2, \dots, t_{m(p)}\}$ – множество переходов; I – входная функция переходов, являющаяся отображением, $I : P \times T \rightarrow N_0$ ($N_0 = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$); O – выходная функция переходов, являющаяся отображением, $O : T \times P \rightarrow N_0$; $m_0 = (m_0^1, \dots, m_0^n)$ – вектор начальной маркировки СП, при этом $m_i^0 \in N_0$ ($\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$) и m_i^0 – компонент вектора начальной маркировки СП, соответствующий позиции $p_n \in P$.

В рассматриваемом случае вектор P представляет собой множество УТЗ, а вектор T множество переходов между УТЗ. В определении сети Петри часто выделяют первые 4 компонента, которые задают ее структуру:

$N = (P, T, I, O)$. Данная структура N будет определять структуру курса обучения пользователя. В этом случае сеть Петри может быть записана в виде

$$C = (N, m_0) \quad (2)$$

Будем использовать нечеткие временные сети Петри с нечеткостью в структуре, которые определяются следующим образом:

$$\langle \hat{N}, m_0, z, s, \mathfrak{R} \rangle, \quad (3)$$

где $\hat{N} = (\hat{P}, \hat{T}, \hat{I}, \hat{O})$ – нечеткая структура временной сети Петри, аналогичная структуре обобщенной маркированной сети Петри; $m_0 = (m_0^1, \dots, m_n^0)$ – вектор начальной маркировки СП, $m_i^0 \in N_0 (\forall i \in \{1, 2, \dots, n\})$; $z_0 = (z_1, \dots, z_n)$ – вектор временных задержек маркеров в позициях ВСП, $z_i \in N_0 (\forall i \in \{1, 2, \dots, n\})$; $s_0 = (s_1, \dots, s_n)$ – вектор времен срабатывания разрешенных переходов, $s_i \in N_0 (\forall i \in \{1, 2, \dots, n\})$; \mathfrak{R} – совокупность правил, определяющих процесс запуска и функционирования ВСП, которые включают в себя условия активности и срабатывания переходов, доступности маркеров в позициях ВСП, изменения начальной и последующих маркировок. [9]

Рассмотрим случай, когда разрешенные переходы осуществляются мгновенно, т.е. будем полагать $z = 0, s = 0$. В этом случае нечеткая временная сеть Петри данного типа будет конкретизироваться НСП типа

$$V_s = \langle \hat{N}, m_0, \mathfrak{R} \rangle, \quad (4)$$

где $\hat{N} = \langle \hat{P}, \hat{T}, \hat{I}, \hat{O} \rangle$; $\hat{P} = \{p_1^0, p_2^0, \dots, p_n^0\}$ – множество позиций; Каждый элемент множества $p_i^0 \in [0, 1] (\forall i \in (1, 2, \dots, n))$ равен значению функции принадлежности наличия позиции в НСП; $\hat{T} = \{t_{1,1}^0, t_{1,2}^0, \dots, t_{n,n-1}^0, t_{n,n}^0\}$ – множество переходов; Каждый элемент множества $t_{i,j}^0 \in [0, 1] (\forall i \in (1, 2, \dots, n), \forall j \in (1, 2, \dots, n))$ равен значению функции принадлежности наличия перехода в НСП. \hat{I} – входная функция переходов, являющаяся отображением, $\hat{I} : \hat{P} \times \hat{T} \rightarrow N_0$; \hat{O} – выходная функция переходов, являющаяся отображением, $\hat{O} : \hat{T} \times \hat{P} \rightarrow N_0$; $m_0 = (m_0^1, \dots, m_n^0)$ – вектор начальной маркировки; \mathfrak{R} – совокупность правил, определяющих процесс запуска и функционирования НСП.

На рисунке 2 изображен пример графического представления модели структуры курса обучения в виде НСП.

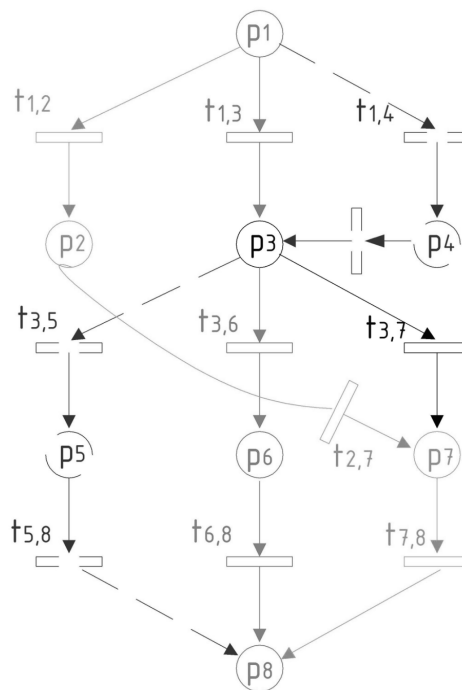


Рис. 2. Модель структуры курса обучения на основе НСП

Главной задачей является определить оптимальный набор УТЗ каждому пользователю. Решение этой задачи будем проводить на основе модели структуры курса обучения в виде сети Петри и модели успеваемости обучаемого. Введем условные обозначения: $Ball_Znanie^*$ – требуемая оценка уровня значения пользователя, $Ball_Umenie^*$ – требуемая оценка уровня умений, $Ball_Navik^*$ – требуемая оценка навыков. Успеваемость пользователя представим моделью:

$$Model_student = \{Ball_Znanie_i, Ball_Umenie_i, Ball_Navik_i, itogZ, itogU, itogN, i = \overline{1, N}\},$$

где $Ball_Znanie_i, Ball_Umenie_i, Ball_Navik_i$ – массивы оценок знаний, умений и навыков, $itogZ, itogU, itogN$ – итоговые оценки знаний, умений и навыков соответственно, N – число контрольных точек промежуточного контроля.

Уровень описан нечеткими лингвистическими критериальными параметрами (знания, умения, навык). При первом прохождении пользователем промежуточного контроля набор УТЗ формируется из опыта эксперта и является статическим. Предлагается использовать следующую процедурную модель построения оп-

тимального набора УТЗ и теоретического материала на текущий момент обучения:

1. Задать требуемые значения оценок успеваемости пользователя.
2. Построить модель уровня подготовки обучаемого после промежуточного контроля *Model_student*.
3. Если значение критериальных параметров модели подготовленности пользователя меньше требуемых оценок успеваемости, то перейти к пункту 4, иначе перейти к пункту 11.
4. Выбрать классы УТЗ U_{ijk} из модели предметной области, связанные с промежуточным контролем k .
5. Выбрать один из критериальных параметров (знание, умение или навык) k обучаемого пользователя, имеющий минимальное значение характеристической функции μ .
6. Произвести корректировку удельных весовых коэффициентов e_i на основании построенной модели *Model_student*.
7. К вектору \hat{P} добавить из первоначального набора пройденный контрольный теоретический и практический учебный материал, связанный с параметром k .
8. Добавить к вектору \hat{P} набор УТЗ, связанных с промежуточным контролем.
9. Построить модель сети Петри, учебные элементы значение $\mu_{\text{акв}}(e_i) \geq 0,5$ будут присутствовать в структуре модели, остальные элементы будут присутствовать неявно.
10. Пройти рубежный контроль, состоящий из позиций \hat{P} , и перейти к пункту 2.
11. Закончить работу пользователя с системой контроля знаний.

В результате пользователь проходит по структуре обучения, состоящей из элементов вектора \hat{P} , т.е. позиций сети Петри. Число выбранных классов УТЗ может регулироваться наличием иерархической, порядковой и ассоциативной связанности элементов в предметной области [10]. Получаем измененную структуру курса обучения, уже с другим набором компонент модулей отличных от первоначального

Предложенный метод построения структуры курса обучения отличается от известных подходов тем, что позволяет сформировать на основе

модели уровня подготовки пользователя оптимальный набор УТЗ. Данный подход дает возможность дальнейшей разработки и моделирования обучающего портала. Преимуществом применения сетей Петри при построении модели структуры курса обучения является математически строгое описание модели, что позволяет проводить их анализ с помощью вычислительной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башмаков А. И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем / А. И. Башмаков, И. А. Башмаков. – М: Информационно-издательский дом «Филинь», 2003. – 616 с.
2. Башмаков А. И. Методология и средства комплексной автоматизированной подготовки обслуживающего персонала к решению задач технической диагностики / А. И. Башмаков, И. А. Башмаков, А. Л. Бреев, Д. О. Новиков // Конверсия. № 11. С. 19–21.
3. Соловов А. В. Организационные аспекты электронного дистанционного обучения / А. В. Соловов // Высшее образование в России. – 2007. – № 12. – С. 89–94.
4. Леденева Т. М. Обработка нечеткой информации : учеб. пособие / Т. М. Леденева. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2006. – 233 с.
5. Живенков А. Н. Анализ существующих и пути развития интеллектуальных обучающих курсов / А. Н. Живенков // Информационные системы и процессы – 2009. Вып. 8. – С. 31–37.
6. Борисов В. В. Нечеткие модели и сети / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2007. – 284 с.
7. Живенков А. Н. Разработка модели структуры курса обучения в условиях неопределенности / А. Н. Живенков. – Вестник Воронежского института высоких технологий, 2009. № 5 – С. 123–127.
8. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон. – М.: Мир, 1984 – 368 с.
9. Нечеткие множества в системах управления и искусственного интеллекта / под ред. Д.А. Поспелого. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 312 с.
10. Живенков А. Н. Алгоритм построения оптимального набора учебно-тренировочных задач при создании обучающего портала / А. Н. Живенков // Межвузовский сборник научных трудов «Моделирование систем и информационные технологии». – Воронеж 2010. – Выпуск 7. – С. 148–152.

Живенков Александр Николаевич – Аспирант кафедры ИСиЗИ. Тамбовский государственный технический университет. E-mail: zhivenkov@mail.ru

Zhivenkov Alexander Nikolaevich – The post-graduate student of chair of ISaIP. Tambov State Technical University. E-mail: zhivenkov@mail.ru

Иванова Ольга Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры ИСиЗИ. Тамбовский государственный технический университет. E-mail: ivanova@is.tstu.ru

Ivanova Olga Gennadievna – ph.d, docent. Docent of chair of ISaIP. Tambov State Technical University. E-mail: ivanova@is.tstu.ru