

УДК 519.6:004.588

В.А. ПОПОВ, А.И. ОЛЕКСЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ

Рассматривается актуальная задача построения моделей систем дистанционного обучения на основе теории дискретных систем, выделяются основные составляющие модели и обосновывается двухкомпонентная модель дискретного преобразователя, где одна компонента является управляющей, а вторая – управляемой или операционной. Для формального представления дискретного преобразователя используются алгебры языков и отношений, которые позволяют на основе графа состояний управляющей компоненты построить систему уравнений, описывающую процесс формирования сигналов для функционирования управляемой компоненты как информационной среды.

Ключевые слова: система дистанционного обучения (СДО), теория динамических систем, алгебры языков и отношений, конечные системы, автоматы, дискретные преобразователи (ДП).

Введение и постановка задачи

В последнее десятилетие при создании проблемно-ориентированных информационных систем все большее значение приобретает применение формализованных методик и, в частности, методов теории динамических систем, включая такие разделы как алгебры языков, отношений и алгоритмов, теория автоматов и дискретных преобразователей [1, 2, 3, 4].

Понятие управляющей системы, предложенное С.В. Яблонским, делает упор на структурном аспекте [5]. Большое влияние на формирование основных понятий кибернетики и автоматизации оказала теория автоматов.

Огромный вклад в теорию автоматов внес академик В.М. Глушков, который также много сделал для превращения теории автоматов в прикладную и инженерную науку [3]. Он ввел понятие дискретного преобразователя как базовой модели ВС (вычислительной системы), рассмотрел математические вопросы теории дискретных преобразователей [4, 5], которые используются в качестве основной модели проектирования ВС. Дискретные модели являются моделями реальных систем, работа этих моделей зависит от целей и задач, для решения которых они используются.

Целью данной работы является использование теории динамических систем, представленных в виде модели дискретного преобразователя, для анализа и синтеза алгоритмов функционирования программного обеспечения подсистемы тестирования системы дистанционного обучения (СДО) [6, 7, 8].

1. Основные локальные модели для построения обобщенной модели дискретного преобразователя

Алгебра языков применяется в разрабатываемых моделях для описания процессов и представляет совокупность двух основных составляющих [1]:

- основное множество как в любой другой алгебраической структуре, в виде допустимых процессов дискретной системы, представленных языком алфавита состояний;
- наличие трех основных операций: произведения, дизъюнкции и итерации, а также системы тождеств алгебраических языков.

Конечные системы основаны на применении алгебры языков и позволяют записывать систему уравнений относительно состояний на соответствующем графе системы [1, 2].

Многокомпонентные системы предназначены для изучения взаимосвязи функций переходов компонент и функций переходов системы [1, 3].

Отличием многокомпонентных систем от конечных является то, что в них выделяются подсистемы системы, а не ее состояния, как это было в конечных системах. Таким образом, многокомпонентная система дает возможность построить модель дискретного преобразователя, который можно представить в виде двухкомпонентной системы с выделением управляющей и операционной компоненты.

Заметим, что автоматная система позволяет построить двухкомпонентную модель (управляющую и операционную компоненты), которая в свою очередь окажется полезной для обоснования модели дискретного преобразователя (ДП).

В то же время, автоматные модели имеют свойство получать соответствующие модели для построения систем из элементов любой предметной области с помощью автоматов. Этот раздел конкретизируется в зависимости от изучаемой предметной области, а именно: аппаратура, программное обеспечение, любая другая техническая система.

Алгебра отношений предназначается для разработки моделей ДП.

Доказано, что между алгеброй языков и алгеброй отношений существует соответствие, и понятие регулярного выражения для обеих алгебр совпадает.

Обобщенную модель ДП можно представить на рис. 1.

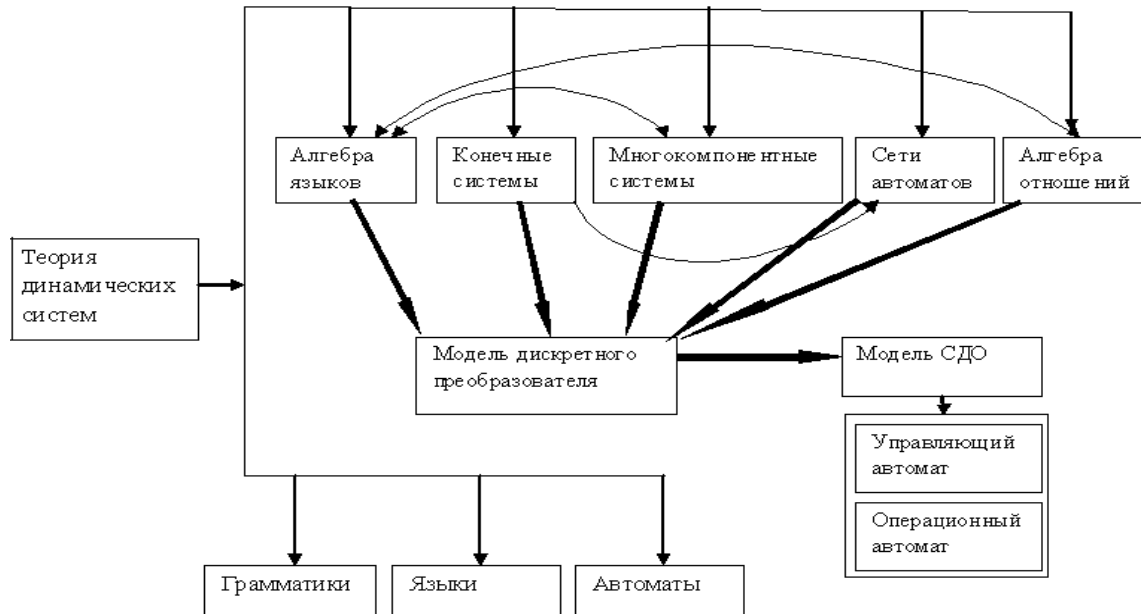


Рис. 1. Обобщенная модель дискретного преобразователя для СДО

2. Разработка моделей для подсистемы тестирования СДО

На основе изложенного выше была предпринята попытка разработки модели подсистемы тестирования СДО на основе ДП. Поскольку ДП представляет собой композицию двух автоматов (управляющего и управляемого или информационного), возникла задача разработки последних. Применение моделей автоматных систем и алгебры отношений дает возможность представить управляющую и управляемую компоненты ДП в виде автоматных систем.

В общем виде управляемую модель СДО можно представить в виде автоматной системы (рис. 2).

Данная система имеет следующие состояния:

- s_1 – ожидание ответа;
- s_2 – анализ типа вопроса;
- s_3 – проверка ответа с одним правильным вариантом (вопрос I рода);
- s_4 – проверка ответа с несколькими правильными вариантами ответа (вопрос II рода);
- s_5 – проверка ответа в виде фразы или слова (вопрос III рода);
- s_6 – сохранение результатов и переход к следующему вопросу.

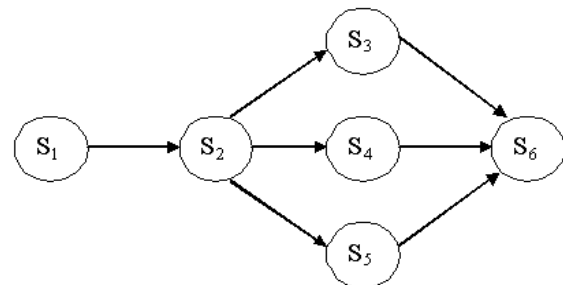


Рис. 2. Подсистема тестирования как автоматная система

Принцип работы данной системы состоит в том, что система находится в состоянии s_1 , ожидая введенного ответа от студента. При получении ответа система переходит в состояние s_2 , в котором анализирует тип вопроса. Если это обычный вопрос с выбором одного правильного варианта из нескольких, то система переходит в состояние s_3 , в котором выполняет проверку введенного ответа.

Если же это вопрос с выбором нескольких правильных ответов из предложенных, то система переходит в состояние s_4 , в котором выполняет проверку ответа на вопрос данного типа. В случае если вопрос предполагает в качестве ответа слово или фразу, система переходит в состояние s_5 , где выполняет проверку данного ответа.

После выполнения проверки система из состояния $s_3 - s_5$ переходит в состояние s_6 , в котором осуществляется запись данных о результате ответа и производится выбор следующего вопроса.

Запишем уравнения процессов, которые происходят при тестировании обучаемых.

$$\begin{aligned} F_1 &= s_1; \\ F_2 &= s_2 \vee F_1 s_2; \\ F_3 &= s_3 \vee F_2 s_3; \\ F_4 &= s_4 \vee F_2 s_4; \\ F_5 &= s_5 \vee F_2 s_5; \\ F_6 &= s_6 \vee F_3 s_6 \vee F_4 s_6 \vee F_5 s_6. \end{aligned}$$

Регулярное выражение процесса функционирования подсистемы тестирования будет иметь вид:

$$F = F_1 \vee F_2 \vee F_3 \vee F_4 \vee F_5 \vee F_6.$$

Получим регулярное выражение процесса:

$$\begin{aligned} F &= s_1 \vee (e \vee s_1) s_2 \vee (e \vee s_2 \vee s_1 s_2) s_3 \vee \\ &\vee (e \vee s_2 \vee s_1 s_2) s_4 \vee (e \vee s_2 \vee s_1 s_2) s_5 \vee \\ &\vee s_6 \vee (e \vee s_2 \vee s_1 s_2) s_3 \vee (e \vee s_2 \vee \\ &\vee s_1 s_2) s_4 s_6 \vee (e \vee s_2 \vee s_1 s_2) s_5 s_6. \end{aligned}$$

Представим управляющую компоненту [2] подсистемы тестирования СДО в виде диаграммы переходов, представленную на рис. 3.

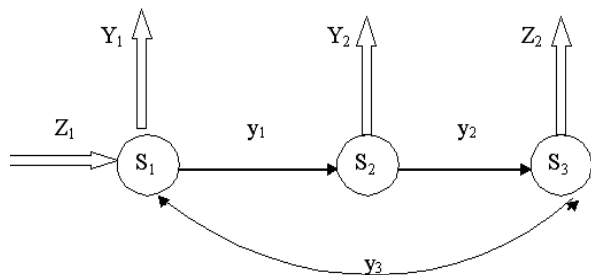


Рис. 3. Диаграмма переходов управляющей компоненты подсистемы тестирования СДО

Взаимодействие компонент осуществляется с помощью следующих сигналов:

- Y_1 – передача ответа;
- Y_2 – передача типа вопроса;
- X_1 – получение ответа и результата;
- Z_1 – получение ответа от пользователя;
- Z_2 – отправка результата пользователю.

Данная диаграмма содержит три перехода:

- y_1 – определение типа вопроса;
- y_2 – ожидание отклика операционной системы;
- y_3 – анализ полученного результата и выбор следующего вопроса.

Запишем функционирование данной компоненты в виде выражения алгебры отношений.

Для этого запишем уравнения для каждого из отношений. Получим следующие уравнения:

$$f_1 = y_1 f_2;$$

$$\begin{aligned} f_2 &= y_2 f_3; \\ f_3 &= y_3 f_1. \end{aligned}$$

Заменяя данные отношения через f_1 , получим регулярное выражение алгебры отношений:

$$f_1 = y_1 y_2 y_3 f_1 = (y_1 y_2 y_3)^*,$$

где * означает операцию итерации.

Выражение описывает в формальном виде процесс работы данной управляющей компоненты.

Далее представим операционную компоненту подсистемы тестирования СДО в виде диаграммы переходов. Операционная компонента выполняет действия по проверке и оценке знаний тестируемых. Диаграмма переходов представлена на рис. 4. Данная диаграмма содержит следующие переходы:

- y_1 – запись полученного ответа в память;
- y_2 – вызов метода, выполняющего проверку;
- y_3 – анализ вызовов метода, выполняющего проверку ответа для вопроса с несколькими правильными ответами из нескольких;
- y_4 – вызов метода, выполняющего проверку ответа для вопроса, предполагающего в качестве ответа слово или фразу;
- y_5, y_6, y_7 – сохранение результата ответа в зависимости от типа вопроса.

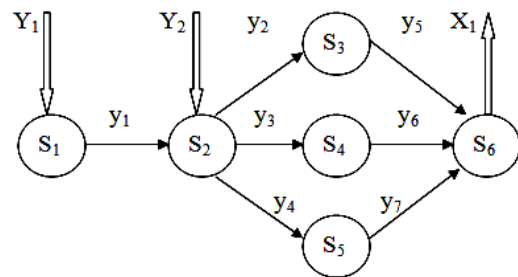


Рис. 4. Диаграмма переходов операционной компоненты подсистемы тестирования СДО

Запишем функционирование данной компоненты в виде регулярного выражения алгебры отношений. Получим следующие уравнения:

$$\begin{aligned} f_1 &= y_1 f_2; \\ f_2 &= y_2 f_3 \cup y_3 f_4 \cup y_4 f_5; \\ f_3 &= y_5 f_6; \\ f_4 &= y_6 f_6; \\ f_5 &= y_7 f_6. \end{aligned}$$

Выполняя следующие преобразования:

$$\begin{aligned} f_3 &= y_5; \\ f_4 &= y_6; \\ f_5 &= y_7; \end{aligned}$$

получим выражение для $f_2 = y_2 f_3 \cup y_3 f_4 \cup y_4 f_5$.

Подставляя полученное выражение для f_2 в уравнение для f_1 , получим регулярное выражение, описывающее процесс функционирования операционной компоненты подсистемы тестирования СДО:

$$f = f_1 = y_1 f_2 = y_1 (y_2 f_3 \cup y_3 f_4 \cup y_4 f_5).$$

Таким образом, были получены модели для управляющего и операционного компонента подсистемы тестирования СДО в виде регулярных выражений алгебры отношений.

На основании этих моделей была получена модель ДП.

В дискретном преобразователе входы управляющей компоненты являются выходами операционной и наоборот. Такими автоматами являются управляющая и операционная компоненты, описанные выше.

Модель подсистемы тестирования СДО на основе ДП представлена на рис. 5.

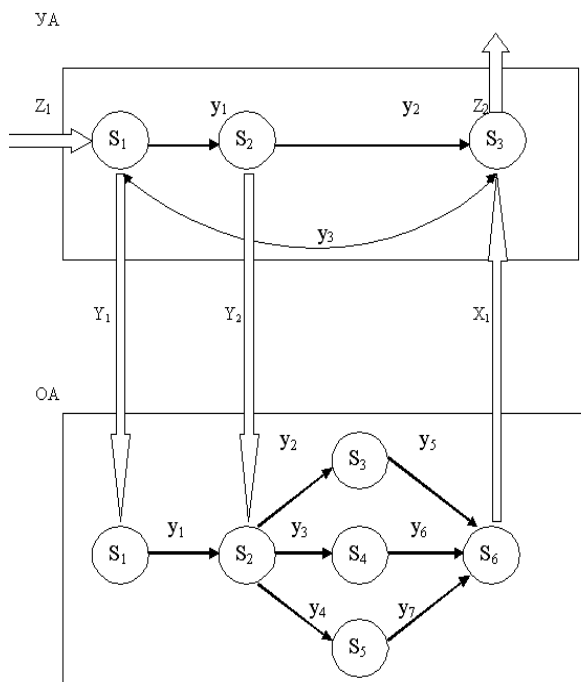


Рис. 5. Модель тестирования СДО как дискретного преобразователя

ДП состоит из двух компонент: УА и ОА (управляющего и операционного автоматов).

Работу полученной модели подсистемы тестирования СДО можно описать в виде алгоритма. В качестве входных данных будет рассматриваться действие пользователя при ответе на вопрос.

Управляющая компонента получает данный ответ, анализирует его и передает его управляемой компоненте, кроме того, управляющая компонента передает тип вопроса управляемой. Управляемая компонента, в свою очередь, в зависимости от типа вопроса, выполняет его проверку соответствующим образом.

Алгоритм, описывающий работу модели подсистемы СДО, представлен на рис. 6, где

- М1 – метод проверки ответа на вопрос I рода;
- М2 – метод проверки ответа на вопрос II рода;
- М3 – метод проверки ответа на вопрос III рода.

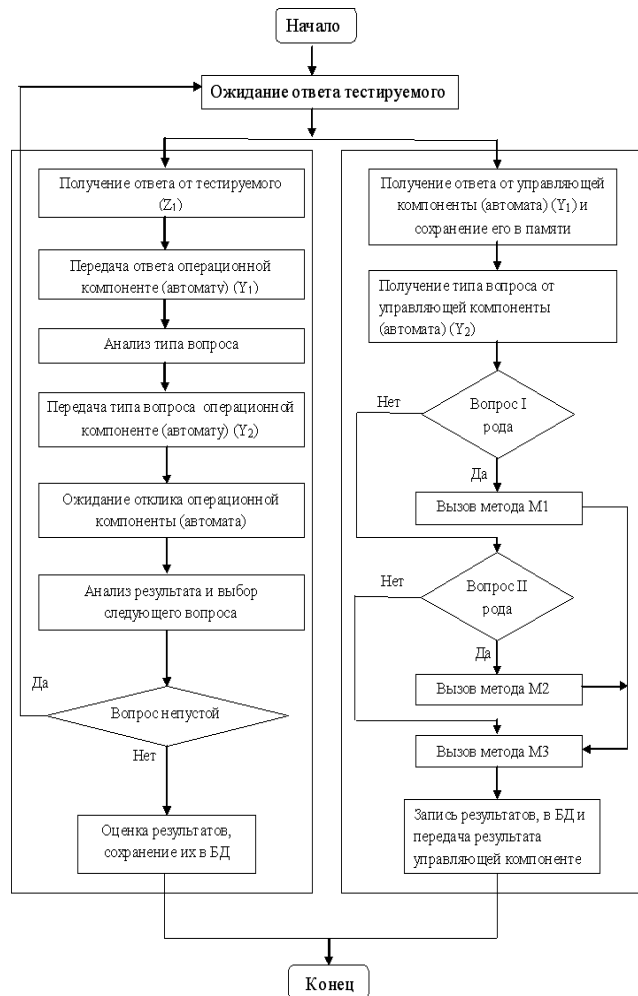


Рис. 6. Алгоритм работы подсистемы тестирования СДО на основе дискретного преобразователя

Вывод

Таким образом, в данной работе предложена формализация всех процессов, происходящих в СДО с привлечением прикладных моделей СДО на основе теории динамических систем, теории автоматов и дискретных преобразователей, которые являются основой для анализа и синтеза структуры и процессов в СДО. Так же были рассмотрены алгебры языков и отношений, с помощью которых и была построена для данного случая обобщенная модель дискретного преобразователя для СДО. Разработана подсистема тестирования СДО и получен алгоритм, описывающий работу подсистемы тестирования СДО, который основан на модели дискретного преобразователя.

Литература

1. Капитонова Ю.В. Дискретные системы и задачи их реализации / Ю.В. Капитонова // Кибернетика. – 1975. – №4. – С. 7-10.

2. Глушков В.М. Теория автоматов и вопросы проектирования структуры цифровых машин / В.М. Глушков // Кибернетика. – 1965. – №1. – С. 3-11.

3. Глушков В.М. Теория дискретных преобразователей / В.М. Глушков, А.А. Летичевский // Избранные вопросы алгебры и логики. – Новосибирск: Наука, 1973. – № 2. – С. 5-39.

4. Glushkov V.M. Theory of algorithms and discrete processors / V.M. Glushkov, A.A. Letichevsky // Advances in information system sciences. – 1969. – № 1. – P. 1-58.

5. Яблонский С.В. Основные понятия кибернетики / С.В. Яблонский // Проблемы кибернетики. – 1959. – № 2. – С. 7-38.

6. Пантелеев К.Р. Распределенная модель тестов в системе дистанционного образования ГИПЕРТЕСТ / К.Р. Пантелеев, В.В. Пекунов, М.А. Первовский // Информационные технологии. – 2004. – №8. – С. 43-46.

7. Исаев В.В. Модель управления обучением в автоматизированной обучающей системе / В.В. Исаев // Информационные технологии. – 2006. – № 2. – С. 53-59.

8. Лихтциндер Б.Я. Контроль качества знаний на основе вероятностных критериев оценки / Б.Я. Лихтциндер, Л.Б. Иванова // Информационные технологии. – 2006. – № 2. – С. 73-78.

Поступила в редакцию 9.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой информационных технологий проектирования Е.А. Дружинин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ

В.О. Попов, А.І. Олексенко

Розглядається актуальна задача побудови моделей систем дистанційного навчання на основі теорії дискретних систем, виділяються основні складові моделі і обґрунтовується двокомпонентна модель дискретного перетворювача, де одна компоненту є керуючою, а друга - керованою або операційною. Для формального представлення дискретного перетворювача використовується алгебра мов і відношень, які дозволяють на основі графа станів керуючої компоненти побудувати систему рівнянь, що описує процес формування керуючих сигналів для функціонування керованої компоненти як інформаційного середовища.

Ключові слова: система дистанційного навчання (СДН), теорія динамічних систем, алгебра мов і відношень, кінцеві системи, автомати, дискретні перетворювачі (ДП).

ANALYSIS OF REMOTE LEARNING SYSTEMS MODELS BASED ON THE THEORY OF DISCRETE SYSTEMS

V.A. Popov, A.I. Oleksenko

The actual task of construction of models of the remote learning systems based on the theory of discrete systems, are provided by the main components of the model and justification systems model for a discrete two-converter, where one component is the control and the second - controlled or operating. For the formal presentation of the discrete converter uses the algebra of languages and relations that allow for a count of states administering the components to build a system of equations describing the formation of control signals for the operation of the components of the information environment.

Key words: remote learning system, theory of the dynamic systems, algebras of languages and relations, finite systems, automats, discrete transformers (DT).

Попов Вячеслав Алексеевич – канд. техн. наук, проф., проф. кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Олексенко Андрей Игоревич – аспирант кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: aoleksenko@gmail.com.