



КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 004.052

МЕТОД СИНТЕЗА ЦИФРОВЫХ АВТОМАТОВ С ПОСЛОГОВЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ

THE METHOD OF SYNTHESIS OF DIGITAL MACHINES BY SYLLABARY TRANSFORMATION

Н.И. Корсунов, Е.В. Чуев, А.И. Чуева
N.I. Korsunov, E.V. Chuev, A.I. Chueva

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85*

*Belgorod State National Research University,
85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

E-mail: korsunov@bsu.edu.ru, chuev_e@bsu.edu.ru, chueva_ai@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье предлагается вариант метода синтеза прогнозирующих автоматов с целью повышения их отказоустойчивости. Показано, что использование данного метода с разбиением автомата на слоги обеспечивает прогнозирование появления очередных символов в словах на входе без изменения структуры автомата.

Resume. This article propose a variant of the method of synthesis of predictive machine in order to increase their resiliency. It is shown that using this method to partition the machine into syllables enables prediction of the appearance of regular characters in the words at the input without changing the structure of the machine.

Ключевые слова: синтез цифровых автоматов, послоговое преобразование, прогнозирование, модель Мили, модель Мура.

Keywords: synthesis of digital machines, by syllabary transformation prediction, model Miles, model Moore.

На сегодняшний день одной из наиболее востребованных задач является задача прогнозирования. Одним из способов ее решение является использование цифровых автоматов, способных предсказывать появление на входе очередного сигнала. В статье рассматривается метод синтеза прогнозирующих автоматов, с разбиением их на сеть автоматов с целью повышения отказоустойчивости.

В известном методе осуществляется преобразование множества слов входного алфавита в множество слов выходного алфавита. Множество слов упорядочивается по начальным (слогам) отрезкам. Затем из начального состояния выполняются переходы в зависимости от первых символов в начальных отрезках. Эти переходы распространяются на другие состояния в зависимости от последующих символов начальных отрезков и после формирования конечного символа осуществляется переход в начальное состояние [Баранов, Скляр, 1986].

Основной недостаток такого построения автомата связан с тем, что при возникновении ошибки хотя бы в одном из переходов автомат ошибочно функционирует при преобразовании всего множества слов, если есть переходы в общие вершины из различных состояний.

Предполагаемый метод пошагового преобразования исключает подобные ошибки, так как любая из ошибок приводит к неверному преобразованию единственного слога.

Эффект в более правильном предсказании последующих символов и в возможности исправления ошибки как в формировании отдельного символа, так и слога на основе семантики.

При снятии требования преобразования полного множества слов алфавита X в полное множество слов алфавита Y отпадает требование не только полноты таблицы переходов каждого из автоматов, включенных в композицию автоматов (автоматную сеть), но как отдельные автоматы, так и их переходы в автоматной сети, образуемой композицией автоматов, могут быть частично определенными. Но по-прежнему остается требование детерминированности, когда

автомат под действием одного и того же входного сигнала не может переходить из одного и того же состояния в различные состояния. Это относится и к автоматной сети, в которой не должны под действием одного и того же сигнала выполняться переходы от одного автомата к нескольким, но при переходах в одно из состояний под действием разных входных символов выходные сигналы y_i могут принимать любые значения из множества допустимых $y_i \in Y$.

При частичном задании цифровых автоматов появление символа x_k входного алфавита X , не приводящего к переходу автомата из состояний s_i в состояние s_k игнорируется и может фиксироваться как ошибочное, т.е. недопустимое и автомат пропускает такты переходов до появления допустимого символа x_k . Это означает, что автомат в момент появления допустимого x_k при преобразовании входной последовательности символов в моменты $t_i, i=1, n$ выполняет ошибочное преобразование, а не просто пропускает такты, внося задержку в выполнении преобразования [Корсунов и др., 2014].

Проиллюстрируем применение метода на примере преобразования входной последовательности $X = \{x_1 x_2 x_2 x_2 x_3 x_1 x_1 x_4 x_2 x_2 x_2 x_4 x_1 x_4 x_5 x_2 x_2 x_2 x_1 x_3 x_5 x_1\}$ в выходную $Y = \{y_1 y_2 y_2 y_2 y_3 y_1 y_1 y_4 y_2 y_2 y_2 y_4 y_1 y_4 y_3 y_2 y_2 y_1 y_3 y_5 y_1\}$. В соответствии с принципом детерминизма при использовании цифрового автомата модели Мура разобьем слова X и Y на следующие слоги:

$$x^1 = \{x_1 x_2 x_2 x_2 x_3\}, y^1 = \{y_1 y_2 y_2 y_2 y_3\};$$

$$x^2 = \{x_1 x_4 x_2 x_2 x_4 x_1\}, y^2 = \{y_1 y_4 y_2 y_2 y_4 y_1\};$$

$$x^3 = \{x_5 x_2 x_2 x_2\}, y^3 = \{y_4 y_5 y_2 y_2 y_2\};$$

$$x^4 = \{x_3 x_5\}, y^4 = \{y_1 y_3 y_5\}.$$

Переход от слога y^1 к слогу y^2 выполняется по символу x_1 , переход от слога y^2 к слогу y^3 выполняется по символу x_4 , переход от слога y^3 к слогу y^4 выполняется по символу x_1 , переход от слога y^4 к слогу y^1 выполняется по символу x_1 .

Число состояний автоматов Мура реализующих преобразование слогов $x^i, i=1..4$ в слоги y^i определяется числом различных символов в i -том выходном слоге.

Граф автоматной сети, задающий послоговое преобразование X в Y приведен на рисунке 1. В качестве начального состояния может быть выбрано любое из состояний цифрового автомата преобразующего тот или иной слог x^i в y^i . Переход от слога y^4 к слогу y^1 обеспечивает возврат к начальному состоянию после преобразования слова X в Y .

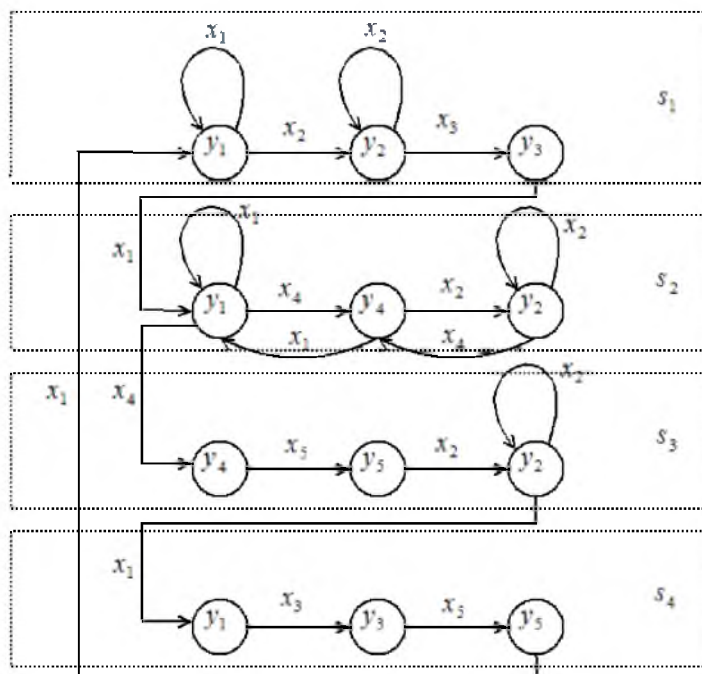


Рис. 1. Граф автоматной сети модели Мура
Fig. 1. A graph Moore automata network model

При использовании цифрового автомата Мили выходной символ определяется не только состоянием автомата, но и сигналом, приводящим автомат в это состояние [Глушков, 1962].



Это позволяет уменьшить количество слогов в преобразовании X в Y , вследствие чего уменьшается число состояний. Условие детерминизма в этом случае обеспечивается переходом автомата из состояния s_i в s_k под действием различных входных символов с выдачей выходных символов выходного алфавита. Разбиение входного слова на слоги определяется по количеству разных символов между $x_i, \dots, x_k, x_j, x_{k+1}$, где $x_j \in \{x_i, \dots, x_k\}$, $x_{k+1} \notin \{x_i, \dots, x_k\}$.

Разбиение входного слова на слоги приводит к разбиению выходного слова на слоги, длина которых определяется длиной соответствующих входных слогов. Число состояний автомата задающего преобразование i -го входного слога в i -й выходной определяется количеством символов в $\{x_i, \dots, x_k\}$.

Разбиение на слоги слов X и Y при использовании в преобразовании автомата модели Мили представляется в виде:

$$\begin{aligned} x_1^1 &= \{x_1 x_2 x_2 x_2 x_1 x_1\}; & y_1^1 &= \{y_1 y_2 y_2 y_2 y_1 y_1\}; \\ x_2^2 &= \{x_2 x_2 x_2 x_4 x_1\}; & y_2^2 &= \{y_2 y_2 y_2 y_4 y_1\}; \\ x_3^3 &= \{x_3 x_2 x_2 x_2 x_1 x_3 x_5\}; & y_3^3 &= \{y_3 y_2 y_2 y_2 y_1 y_3 y_5\}. \end{aligned}$$

Переход из состояния a_1 автомата s_1 в состояние a_4 автомата s_2 с выдачей сигнала y_4 выполняется по символу x_4 .

Переход из состояния a_4 автомата s_2 в состояние a_7 автомата s_3 с выдачей сигнала y_4 выполняется по символу x_4 .

Переход из состояния a_8 автомата s_3 в состояние a_1 автомата s_1 с выдачей сигнала y_1 выполняется по символу x_1 .

Граф автомата Мили с послоговым преобразованием приведен на рисунке 2.

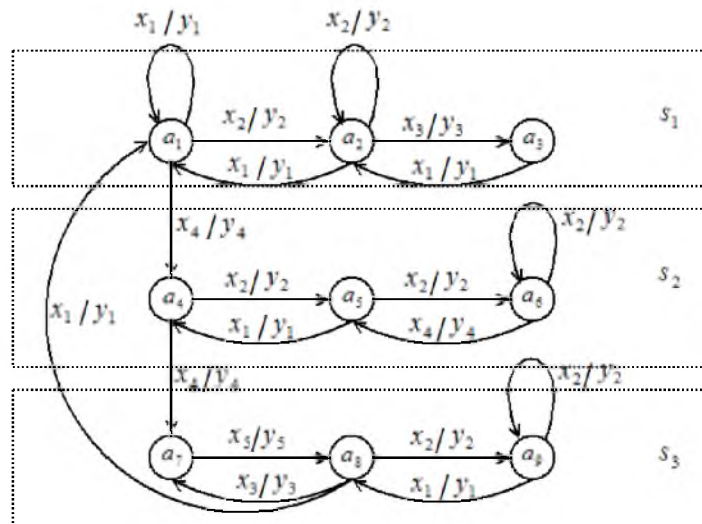


Рис. 2. Графа автоматной сети модели Мили
Fig. 2. A graph Miles automata network model

Каждый слог реализуется автоматом с тремя состояниями. Объединение слогов в задаваемое слово осуществляется переходом от одного автомата к другому по соответствующим входным символам, связывающих слоги с выдачей при переходах соответствующих выходных символов.

Появление символов входной последовательности в последовательные моменты времени $t = t_0 + k\Delta t$, $k=1..m$, $\Delta t = const$ позволяет при условии периодичности входной последовательности длиной q решать задачу предсказания появления символа входной последовательности по отношению к символу в момент t_i в зависимости от выбора величины k в зависимости $t_k = t_i + k\Delta t$. В задаче предсказания (прогнозирования) алфавиты входной и выходной последовательностей совпадают, но выходной символ прогнозируемый в момент времени t_i определяется символом входной последовательности в момент времени t_k . Именно задачи прогнозирования можно считать наиболее эффективными при послоговом задании преобразований периодических последовательностей символов входного алфавита.

Проиллюстрируем синтез автоматной сети композицией автоматов, выполняющих предсказание следующего символа входной последовательности по текущему символу при послоговом преобразовании.



- 1) Задание начального состояния переход из a_0 в a_1 под действием сигнала α_0 с выдачей сигнала α_1
- 2) α_2 при переходе из a_1 в a_1 под действием α_1
- 3) α_2 при переходе из a_1 в a_2 под действием α_2
- 4) α_2 при переходе из a_2 в a_3 под действием α_2
- 5) α_3 при переходе из a_3 в a_3 под действием α_2
- 6) α_1 при переходе из a_3 в a_3 под действием α_3
- 7) α_1 при переходе из a_3 в a_2 под действием α_1
- 8) α_4 при переходе из a_2 в a_2 под действием α_1
- 9) Переход из состояния a_2 автомата s_1 в состояние a_4 автомата s_2 под действием α_4 с выдачей α_2

Первый слог на входе автомата s_1 - $\alpha_1\alpha_2\alpha_2\alpha_2\alpha_3\alpha_1\alpha_1$ состоит из алфавита символов от начального до последовательно повторяющейся группы, с максимальным числом одинаковых символов, определяющих число состояний автомата до символа ограничивающего последовательность упорядоченных символов.

Первый слог на выходе первого автомата s_1 :

- 1) α_2 при переходе из a_1 в a_1 под действием α_1 ;
- 2) α_2 при переходе из a_1 в a_2 под действием α_2 ;
- 3) α_2 при переходе из a_2 в a_3 под действием α_2 ;
- 4) α_3 при переходе из a_3 в a_3 под действием α_2 ;
- 5) α_1 при переходе из a_3 в a_3 под действием α_3 ;
- 6) α_1 при переходе из a_3 в a_2 под действием α_1 ;
- 7) α_4 при переходе из a_2 в a_2 под действием α_1 ;

Первый слог на выходе первого автомата s_1 - $\alpha_2\alpha_2\alpha_2\alpha_3\alpha_1\alpha_1\alpha_4$.

При переходе от состояния a_2 автомата s_1 в состояние a_4 автомата s_2 с выходным символом α_2 .

Второй слог на входе автомата s_2 :

- 1) α_2 при переходе из a_4 в a_5 под действием α_2 ;
- 2) α_2 при переходе из a_5 в a_6 под действием α_2 ;
- 3) α_4 при переходе из a_6 в a_6 под действием α_2 ;
- 4) α_1 при переходе из a_6 в a_6 под действием α_4 ;
- 5) α_4 при переходе из a_6 в a_5 под действием α_1 ;
- 6) α_5 при переходе из a_5 в a_4 под действием α_4 ;

Входной слог автомата s_2 - $\alpha_2\alpha_2\alpha_2\alpha_4\alpha_1\alpha_4$.

Выходной слог автомата s_2 - $\alpha_2\alpha_2\alpha_4\alpha_1\alpha_4\alpha_5$.

Выходной символ α_2 при переходе из состояния a_4 автомата s_2 в состояние a_7 автомата s_3 под действием входного α_5 .

Входной слог автомата s_3 :

- 1) α_2 при переходе из a_7 в a_8 под действием α_2 ;
- 2) α_2 при переходе из a_8 в a_9 под действием α_2 ;
- 3) α_1 при переходе из a_9 в a_9 под действием α_2 ;
- 4) α_3 при переходе из a_9 в a_9 под действием α_1 ;
- 5) α_1 при переходе из a_9 в a_8 под действием α_3 ;
- 6) α_5 при переходе из a_8 в a_7 под действием α_1 ;

Входной слог автомата s_3 - $\alpha_2\alpha_2\alpha_2\alpha_1\alpha_3\alpha_1$.

Выходной слог автомата s_3 - $\alpha_2\alpha_2\alpha_1\alpha_3\alpha_1\alpha_5$.

При переходе из состояния a_7 автомата s_3 в состояние a_1 автомата s_1 под действием α_5 с выдачей α_1 .



Таким образом, предложенный метод синтеза цифровых автоматов с послоговым преобразованием слов входного алфавита в слова выходного алфавита позволяет, используя модели Мили, обеспечить прогнозирование появления очередных символов в словах на входе без изменения структуры автомата простым циклическим сдвигом слов выходного алфавита в зависимости от (времени) расположения предсказываемого символа во входной последовательности.

Список литературы References

Баранов С.И., Скляров В.А. 1986. Цифровые устройства на программируемых БИС с матричной структурой. М., Радио и связь, 269.

Baranov S.I., Sklyarov V.A. 1986. Digital programmable LSI devices on a matrix structure. M., Radio and Communications, 269.

Глушков В.М. 1962. Синтез цифровых автоматов. М., Государственное издательство физико-математической литературы, 476.

Glushkov V.M. 1962. The synthesis of digital automata. M., State Publishing House of Physical and Mathematical Literature, 476.

Корсунов Н.И., Чуев Е.В., Чуева А.И. 2014. Метод построения контролируемых цифровых автоматов. Научные ведомости БелГУ. Серия: Экономика. Информатика. 31(186): 90-95.

Korsunov N.I., Chuev E.V., Chueva A.I. 2014. The method of constructing digital controlled machines. Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Economics Information technologies. 31(186): 90-95.