Школа современного программирования

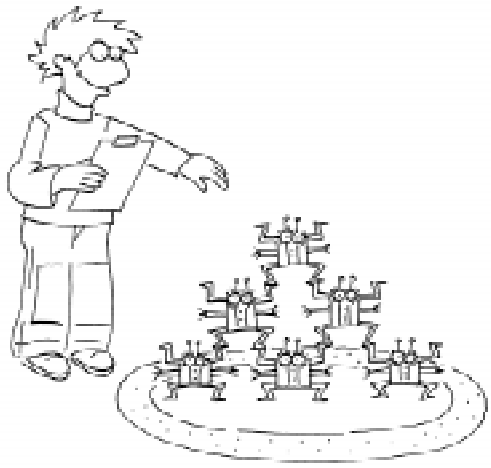
Красильников Николай Николаевич,
Парфенов Владимир Глебович,
Царев Федор Николаевич,
Шалыто Анатолий Абрамович

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ДЛЯ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОГРАММ

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время школьников даже старших классов не учат *проектированию* программ, а студентов обучают лишь в некоторых вузах и только на старших курсах.

Так же как до последнего времени программированию учили на Паскале как языке, наиболее удобном для первоначального обучения профессиональному программированию, так авторами настоящей работы предлагается первоначально *обучать проектированию на основе автоматного подхода.* По мнению авторов, автоматы являются естественной формой описания поведения сущностей, так как состояния и переходы из одного состояния в другое присущи и естественны для человека.



...текстовый язык автоматного программирования...

Этот подход в течение уже нескольких лет используется на кафедре «Компьютерные технологии» СПбГУ ИТМО студентами третьего курса, которые разрабатывают проекты и проектную документацию к ним на основе автоматного подхода [1]. Документация и проекты публикуются на сайте http://is.ifmo.ru. Для поддержки автоматного программирования создано инструментальное средство *UniMod* [2]. Однако для первоначального знакомства с проектированием это средство является достаточно сложным.

Поэтому в рамках настоящей работы предложен упрощенный подход к обучению проектированию программ.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Разработана «Виртуальная лаборатория для обучения проектированию программ», в которой предлагается создать программные модули для управления различными сущностями.

При этом по словесному описанию сущности проектируется граф переходов ко-

нечного автомата, по которому текст программы строится формально и изоморфно. Для такой реализации разработан текстовый язык автоматного программирования.

ТЕКСТОВЫЙ ЯЗЫК АВТОМАТНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Предлагаемый язык позволяет в простой форме описывать графы переходов автоматов Мили – состояния и переходы между ними.

В языке предусмотрены следующие конструкции:

- `automata <name>` – объявление автомата, за которым должна следовать его реализация, заключенная в фигурные скобки. Начальное состояние – нулевое.
- `state <name>` – объявление состояния, за которым в фигурных скобках должно следовать описание его переходов.
- `on <event name> if(<logic statement>) do {<job1>, <job2>,...} go to <state name>;` – описание перехода из текущего состояния в состояние `<state name>` по событию `<event name>` при выполнении логического условия `<logic statement>`. При переходе выполняются действия `<job1>,...` В этой конструкции допускается пропуск `if(<logic statement>)`, `do {<job1>, <job2>,...}` и `go to <state name>`.

Рассмотрим пример описания автомата на этом языке (листинг 1).

Здесь описывается автомат `Auto`, состоящий из двух состояний `state0` и `state1`. С состояниями связаны переходы, выполняющиеся в зависимости от условий, и действия, производимые во время переходов.

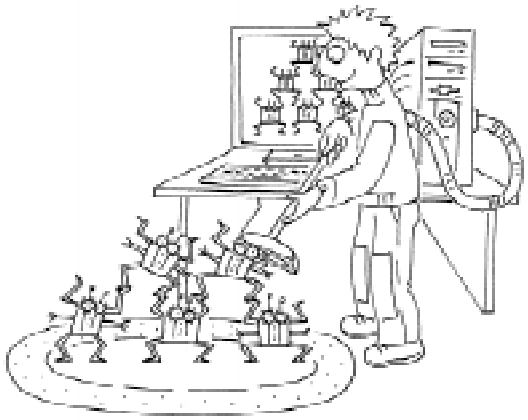
Аналогичный язык уже был предложен в работе [3], но он был реализован только в среде *MPS* (*Meta Programming System*) от компании *JetBrains*, что сильно затрудняет его использование.

Для языка, описанного в настоящей работе, была написана формальная грамматика и реализован простой компилятор.

КОМПИЛЯТОР ДЛЯ ТЕКСТОВОГО ЯЗЫКА АВТОМАТНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Компилятор преобразует текст программы на языке автоматного программирования в экземпляр класса языка *Java*. Полученный экземпляр класса сразу готов к использованию.

Описание процесса построения компилятора и описание тонкостей его работы



Компилятор преобразует текст программы... в экземпляр класса языка Java...

Листинг 1

```
automata Auto
{
    state state0
    {
        on event0 if(stmt0 && stmt1) do {job0};
        on event0 if(!stmt2) do {job1} go to state1;
    }
    state state1
    {
        on event0 if(stmt1) go to state0;
        on event0 do {job1};
    }
}
```

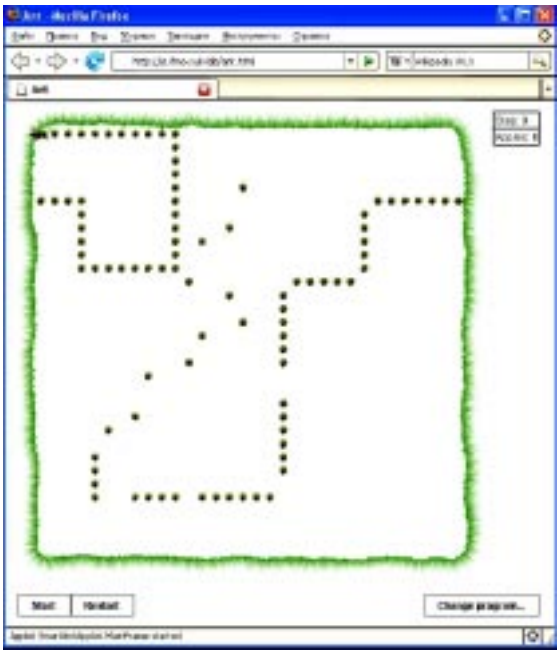
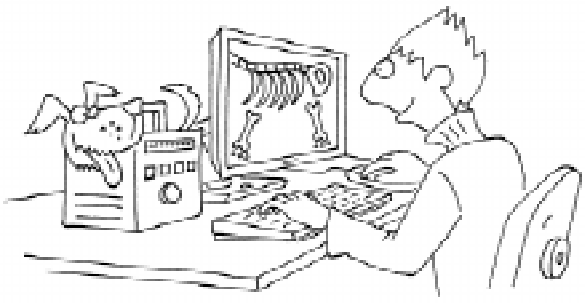


Рис. 1

выходит за рамки данной статьи, так как о построении компиляторов подробно написано в книге [4].

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

В «Виртуальной лаборатории для обучения проектированию программ» представлен набор заданий, в каждом из которых предлагается самостоятельно реализовывать (по спроектированному учащимися графу переходов) поведение соответствующей сущности на предложенном текстовом языке автоматного программирования. В лаборатории можно найти и готовые программы, которые легко модифицируются пользователем.



...виртуальная лаборатория содержит все необходимое для обучения основам проектирования на «живых» примерах...

В состав виртуальной лаборатории входит редактор кода для редактирования текстов программ и указанный выше компилятор. Поскольку результатом работы компилятора является готовый для использования экземпляр класса, то имеется возможность наблюдать за изменениями поведения объектов без перекомпиляции остальных модулей виртуальной лаборатории.

Таким образом, виртуальная лаборатория содержит все необходимое для обучения основам проектирования на «живых» примерах непосредственно в окне интернет-браузера.

Виртуальная лаборатория расположена на сайте http://is.ifmo.ru в одноименном разделе.

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Покажем, как использовать возможности, предоставляемые виртуальной лабораторией, на примере задачи об «Умном муравье» [5].

УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ

Игра происходит на поверхности тора размером 32 на 32 клетки (рис. 1). В некоторых из них находятся яблоки. Всего на поле 89 клеток с яблоками. В левой верхней клетке находится муравей, который смотрит направо. В любой момент времени он занимает одну клетку и может смотреть в одном из четырех направлений.

Муравей умеет определять, находится ли непосредственно перед ним яблоко (входная переменная `a`). За один ход муравей может совершить одно из четырех действий: сделать шаг вперед (действие `g`), съедая яблоко, если оно там находится; повернуть налево (действие `tl`); повернуть направо (действие `tr`); ничего не делать.

Съеденные муравьем яблоки не пополняются, а муравей жив на протяжении всей игры. Расположение яблок фиксировано. Игра длится 200 ходов, по истечении которых подсчитывается число яблок, съеденных муравьем. Цель игры – создать муравья, который за указанное число ходов съест как можно больше яблок.

Листинг 2

```
automata Auto2
{
    state s0
    {
        on e0 if(a) do {g};
        on e0 if(!a) do {tr};
    }
}
```

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ В ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Опишем поведение муравья графами переходов автоматов Мили с различным числом состояний и проанализируем поведение автоматов.

Автомат с одним состоянием

Простейший муравей (граф переходов которого для экономии места опущен) должен съесть 42 яблока (листинг 2).

Далее открываем соответствующую страницу виртуальной лаборатории с задачей об умном муравье, выбираем режим редактирования программы (`Change Programm...`) и в окно редактора кода копируем записанную программу (рис. 2).

Откомпилировав и запустив программу, получаем ожидаемый результат – за 200 ходов съедено 42 яблока (рис. 3).

Автомат с пятью состояниями

Особенность разработанной лаборатории состоит в том, что в ней легко выполнять редактирование программы. Поэтому рассмотрим муравья, поведение которого описывается автоматом с пятью состояниями (рис. 4).

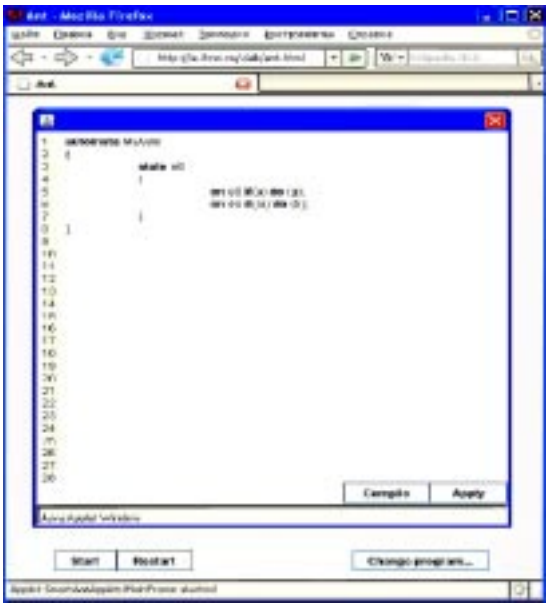


Рис. 2

Автоматная программа, реализующая этот автомат, приведена в листинге 3.

Эта программа задачу не решает, так как муравей за 200 ходов съедает только 83 яблока (рис. 5).

Автомат с семью состояниями

Рассматриваемая задача может быть решена с помощью автомата с семью состояниями (рис. 6).

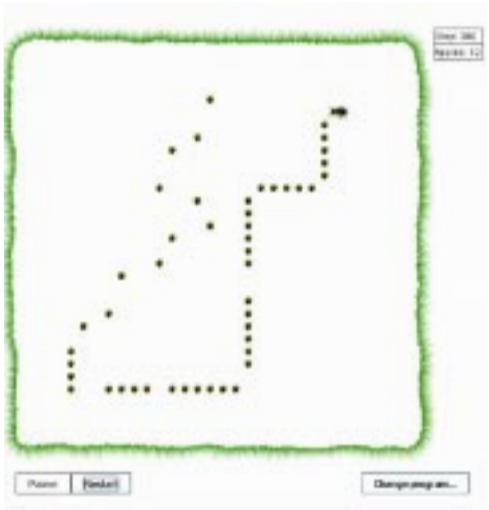


Рис. 3

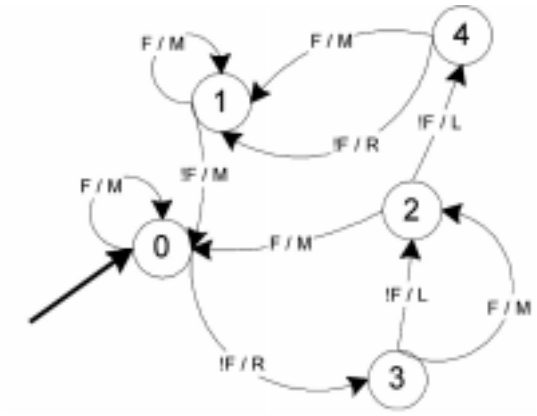


Рис. 4

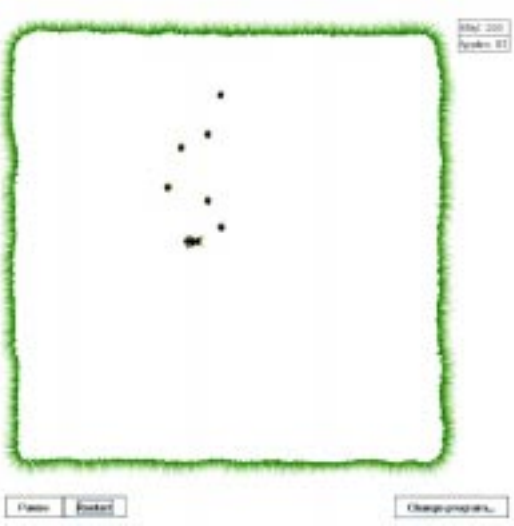


Рис. 5

Этот автомат построен в работе [5]. В листинге 4 приведена автоматная программа, реализующая этот автомат.

Листинг 3

```
automata Auto3
{
   state s0
   {
      on e0 if(a) do {g};
      on e0 if(!a) do {tr} go to s3;
   }
   state s1
   {
      on e0 if(a) do {g};
      on e0 if(!a) do {g} go to s0;
   }
state s2
   {
      on e0 if(a) do {g} go to s0;
      on e0 if(!a) do {tl} go to s4;
   }
   state s3
   {
      on e0 if(a) do {g} go to s2;
      on e0 if(!a) do {tl} go to s2;
   }
   state s4
   {
      on e0 if(a) do {g} go to s1;
      on e0 if(!a) do {tr} go to s1;
   }
}
```

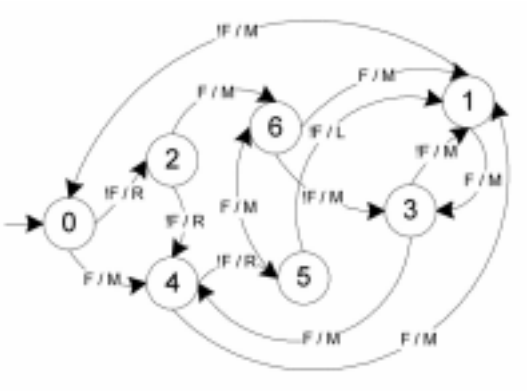


Рис. 6

Листинг 4

```
automata Auto4
{
   state s0
   {
      on e0 if(a) do {g} go to s4;
      on e0 if(!a) do {tr} go to s2;
   }
   state s1
   {
      on e0 if(a) do {g} go to s3;
      on e0 if(!a) do {g} go to s0;
   }
   state s2
   {
      on e0 if(a) do {g} go to s6;
      on e0 if(!a) do {tr} go to s4;
   }
   state s3
   {
      on e0 if(a) do {g} go to s4;
      on e0 if(!a) do {g} go to s1;
   }
   state s4
   {
      on e0 if(a) do {g} go to s1;
      on e0 if(!a) do {tr} go to s5;
   }
   state s5
   {
      on e0 if(a) do {g} go to s6;
      on e0 if(!a) do {tl} go to s1;
   }
   state s6
   {
      on e0 if(a) do {g} go to s1;
      on e0 if(!a) do {g} go to s3;
   }

}
```

Этот муравей съедает все 89 яблок за 200 ходов (рис. 7).

Рис. 7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторы надеются, что предложенный подход к начальному обучению проектированию программ окажется полезным, совмещая в себе увлекательность и интерактивность.

Кроме рассмотренной задачи, виртуальная лаборатория содержит еще несколько задач, состав которых пополняется и будет пополняться в дальнейшем.

Литература

1. *Шалыто А. А.* Технология автоматного программирования / Труды первой Всероссийской научной конференции «Методы и средства обработки информации». М.: МГУ, 2003. http://is.ifmo.ru/works/tech_aut_prog/

2. Инструментальное средство *Unimod*. http://unimod.sourceforge.net/intro.html

3. *Гуров В.С., Мазин М.А., Шалыто А.А.* Текстовый язык автоматного программирования / Тезисы докладов международной научной конференции, посвященной памяти профессора А.М. Богомолова «Компьютерные науки и технологии». Саратов: СГУ, 2007. С. 66–69.
http://is.ifmo.ru/works/_2007_10_05_mps_textual_language.pdf

4. *Ахо А., Сети Р., Ульман Дж.* Компиляторы. Принципы, технологии, инструменты. М.: Вильямс. 2003.

5. *Царев Ф.Н., Шалыто А.А.* О построении автоматов с минимальным числом состояний для задачи об «Умном муравье» / Сборник докладов X международной конференции по мягким вычислениям и измерениям. Том 2. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007. С. 88–91.
http://is.ifmo.ru/download/ant_ga_min_number_of_state.pdf

Красильников Николай Николаевич,
магистрант кафедры
«Компьютерные технологии»
СПбГУ ИТМО,

Парфенов Владимир Глебович,
доктор технических наук,
профессор, декан факультета
«Информационные технологии и
программирования», СПбГУ ИТМО,

Царев Федор Николаевич,
магистрант кафедры
«Компьютерные технологии»
СПбГУ ИТМО,
победитель студенческого
командного чемпионата России по
программированию 2008 года,

Шалыто Анатолий Абрамович,
доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
«Технологии программирования»
СПбГУ ИТМО.

© Наши авторы, 2007
Our authors, 2007