

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКИ И ЭКОНОМИКИ

Кафедра информатики и вычислительной техники

Выпускная квалификационная работа

**ЭЛЕМЕНТЫ ДИДАКТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ФОРМАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЛГОРИТМОВ В ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ»**

Работу выполнил:
студент 1246 группы
направления 44.03.04
"Профессиональное обучение"
профиль «Информатика и
вычислительная техника»
Долгалев Сергей Владиславович

«Допущена к защите в ГЭК»
Зав. кафедрой информатики и ВТ
Шестаков А.П.

«____» июня 2017 г.

Руководитель:
к.п.н., доцент, зав. кафедрой
информатики и ВТ
Шестаков Александр Петрович

ПЕРМЬ
2017

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. МАШИНА ТЬЮРИНГА И ПОДХОДЫ К ЕЕ ИЗУЧЕНИЮ	5
1.1. Формальное определение алгоритма	5
1.2. Концепция машины Тьюринга	8
1.3. Устройство машины Тьюринга	9
1.4. Основные функциональные элементы машины Тьюринга	11
1.5. Алгоритм работы машины Тьюринга	14
1.6. Эмуляторы машины Тьюринга	15
ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МАШИНЫ ТЬЮРИНГА	28
2.1. Онлайн реализация эмулятора машины Тьюринга	28
2.2. Порядок работы с эмулятором	30
2.3. Обучение работе на машине Тьюринга	33
2.4. Дополнительные материалы (задачи).	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	36
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	37
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ЗАДАЧНИК	39

ВВЕДЕНИЕ

Исторически термин «алгоритм» произошел от фамилии узбекского математика IX века Мухаммада ибн Муса ал-Хорезми, который впервые сформулировал правила четырех основных арифметических действий. Поначалу именно эти правила назывались алгоритмами, но затем термин получил дальнейшее развитие в первую очередь в математике - алгоритмом стал называться любой способ вычислений, единый для некоторого класса исходных данных, например, нахождение производной функции.

Термин «алгоритм» стал общеупотребимым и получил интуитивное определение. Алгоритм – это точно определенная (однозначная) последовательность простых (элементарных) действий, обеспечивающих решение любой задачи из некоторого класса. Но люди столкнулись с проблемой алгоритмической неразрешимости. Это потребовало формального уточнения понятия «алгоритм». Существует несколько подходов задания формального определения алгоритма.

В данной работе сделан акцент на подходе Алана Мэтисона Тьюринга. Он предложил абстрактную вычислительную машину для формализации понятия алгоритма. Данная тема вызывает сильные затруднения у студентов во время изучения, потому поиск способов упростить изучение является актуальным. В работе будет предложен универсальный подход к изучению машины Тьюринга.

Объект исследования — обучение теоретической информатике на уровне среднего профессионального образования.

Предмет исследования — подходы к обучению теоретической информатике в рамках раздела «Формальное определение алгоритма».

Цель работы – элементы дидактического обеспечения для изучения формального определения алгоритмов (на примере машины Тьюринга).

Задачи:

- 1) изучить машину Тьюринга, сравнить с другими подходами к формальному определению алгоритма;
- 2) сравнить подходы к изучению тем, связанных с формальным определением алгоритма (в частности, машины Тьюринга);
- 3) создать онлайн ресурс в поддержку темы «Машина Тьюринга», включающий ее программную реализацию и методические материалы для изучения;
- 4) описать методические особенности изучения темы.

Данная работа состоит из:

- введения;
- двух глав;
- заключения;
- библиографического списка;
- приложений.

ГЛАВА 1. МАШИНА ТЬЮРИНГА И ПОДХОДЫ К ЕЕ ИЗУЧЕНИЮ

1.1. Формальное определение алгоритма

Под алгоритмом в математике понимают «точное предписание, задающее вычислительный процесс, ведущий от начальных данных, которые могут варьироваться, к искомому результату» [9]. Синоним алгоритма – вычислительная (эффективная) процедура, которая после какого-либо числа шагов (вычислений) приводит к решению поставленной задачи. При этом в интуитивном определении алгоритма слова «вычисления», «вычислительный процесс» понимаются в широком смысле как любой процесс обработки информации: вычисление некоторой величины, поиск решения некоторой (математической) задачи, четкое и ясное предписание по обработке информации.

После того, как в 30-е годы прошлого века была доказана алгоритмическая неразрешимость некоторых задач в разных разделах математики, возникла совершенно новая ситуация. До тех пор, пока ученые верили в возможность построения алгоритмов для всех поставленных задач, не было повода уточнять интуитивное понятие алгоритма. Доказательство существования алгоритмически неразрешимых проблем означало, что существуют классы задач, для решения которых алгоритм не просто не найден, а его не будет найдено никогда. В отличие от конкретных алгоритмов, доказательство алгоритмической неразрешимости, т.е. доказательство невозможности, в котором содержалось бы высказывание обо всех мыслимых алгоритмах, потребовало формального уточнения понятия «алгоритм». Не имея формального определения, невозможно говорить обо всех мыслимых алгоритмах.

Основная идея предложенного Тьюрингом подхода к уточнению понятия алгоритма, заключается в том, что алгоритмами должны называться

те и только те отображения $F: A \rightarrow A$, которые могли бы осуществлять достаточно простые машины-автоматы. Выполнение отображения понимается при этом следующим образом: машине-автомату предъявляется любое исходное слово $w \in A$, а она в результате обработки этого слова «выдает» слово $v = F(w)$. Таким образом, каждая машина Тьюринга (МТ) строит отображение $F: A \rightarrow A$ для соответствующей функции F . При этом каждая частичная функция F , для которой можно построить МТ называется вычислимой по Тьюрингу.

Американский математик и логик Эмиль Леон Пост предложил абстрактную вычислительную конструкцию, позволяющую формально определить алгоритм и названную впоследствии машиной Поста. При разработке вычислительной конструкции Пост руководствовался принципом создания максимально простой абстракции: минимумом операций при обработке информации, входная информация должна быть закодирована с использованием минимального набора символов. Машина Поста эквивалентна по возможностям машине Тьюринга и очень схожа по принципу работы. Главное отличие от машины Тьюринга в том, что машина Поста работает только с двоичными данными.

Определение нормального алгоритма Маркова. Рассмотрим два непересекающихся алфавита: алфавит основных символов V и алфавит маркеров V' . Мы будем рассматривать множества слов V и $(V \cup V')$. Подстановка $\sigma \rightarrow \sigma'$ задает замену в рассматриваемом слове (τ) подслова $\sigma \in (V \cup V')$, указанного в левой части подстановки на слово $\sigma' \in (V \cup V')$, указанное в правой части подстановки. В результате исходное слово $\tau = \alpha\sigma\beta \in (V \cup V')^*$ превращается в слово $\tau' = \alpha\sigma'\beta \in (V \cup V')^*$. Заметим, что 1) подслова α и β могут быть пустыми (ε); 2) из всех возможных представлений исходного слова τ в виде $\tau = \alpha\sigma\beta$ выбирается такое представление, в котором длина подслова α ($|\alpha|$) минимальна, и для него осуществляется замена. Если обрабатываемое слово (τ) не содержит подслова σ , то подстановка считается неприменимой. Символ-стрелка $\rightarrow \notin (V \cup V')$ называется метасимволом.

В некоторых подстановках вместо метасимвола « $\rightarrow$ » (стрелка) используется метасимвол стрелка с точкой « $\rightarrow.$ », означающий, что соответствующая подстановка является терминальной (завершающей). Иногда для обозначения терминальной подстановки в качестве метасимвола употребляют терминальную стрелку « $\mid\rightarrow$ », ее смысл такой же, как и стрелки с точкой « $\rightarrow.$ ». [14]

1.2. Концепция машины Тьюринга

Машина Тьюринга — абстрактный исполнитель (абстрактная вычислительная машина). Была предложена Аланом Тьюрингом в 1936 году для формализации понятия алгоритма.[1] Этот математический аппарат был назван “машиной” по той причине, что по описанию его составляющих частей и функционированию он похож на вычислительную машину. Принципиальное отличие машины Тьюринга от вычислительных машин состоит в том, что ее запоминающее устройство представляет собой бесконечную ленту: у реальных вычислительных машин запоминающее устройство может быть как угодно большим, но обязательно конечным. Машину Тьюринга нельзя реализовать именно из-за бесконечности ее ленты. В этом смысле она мощнее любой вычислительной машины. Существует большое количество реализаций этого математического устройства, в том числе и физические. Самые первые были механическими, в дальнейшем, с развитием технологий появились программы, эмулирующие работу своих более ранних аналогов. В дальнейшем не будут рассматриваться механические экземпляры, по причине своей непрактичности по отношению к программным реализациям.

1.3. Устройство машины Тьюринга

Опишем формальное представление машины Тьюринга и тут же его наглядно проиллюстрируем.

Любая программная реализация состоит из ряда составляющих, в число которых входят лента, таблица состояний, указатель (каретка или автомат), алфавит и функциональных кнопок, которые отличаются в зависимости от конкретной реализации и цели программиста.

Лента — теоретически бесконечная линия, которая обрабатывается во время решения задачи. Она поделена на сегменты, в каждом из которых записывается один из символов условного алфавита (см. рис.1).



Рис.1. Лента

Алфавит — в машине представлен строкой или блоком данных (см. рис.2). Содержит в себе набор символов. Благодаря возможности определять алфавит самостоятельно, пользователь может описать обработку не только цифр, но и букв, а так же спецсимволов, что предоставляет возможность использовать машину Тьюринга в занятиях по информационной безопасности, обучая кодирования и декодировке.



Рис.2. Алфавит

Таблица состояний — часть программы, в которой содержится основной труд пользователя машины Тьюринга (см. рис.3). Именно здесь пользователь расписывает алгоритм, которому в дальнейшем будет следовать автомат.

	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
0				
1				
⌊				

Рис.3. Таблица состояний

Функциональное меню программы, различные кнопки и текстовые поля, используются в сервисной составляющей, позволяя настраивать скорость отображения работы алгоритма, возможность сохранить или загрузить задачу, оставлять комментарии и тому подобное.

1.4. Основные функциональные элементы машины Тьюринга

Для того чтобы работать на машине Тьюринга, необходимо знать ряд базовых правил функционирования и особенностей конкретной реализации программы. О конкретных особенностях разных реализаций пойдёт речь в более поздних разделах.

Для работы программы необходимо вписать всё необходимое в определённые ячейки, в некоторых случаях настроить программу и нажать кнопку выполнения. Далее подробно о каждом действии. Следующие шаги могут быть выполнены в любом порядке, но важно, чтобы все они были выполнены, также не учитываются настройки программы, так как в основном они выполняют сервисные функции.

Шаг 1. Вписать все символы алфавита в блок или строку «алфавит», по умолчанию туда можно записать буквы латинского алфавита и арабские цифры. Можно вписать буквы другого алфавита или спецсимволы, но это не приветствуется, так как может вызвать сбои в работе программы или привести к неверным расчётам и ошибкам. Кроме того некоторые символы являются в программе служебными, что может вызвать путаницу или ошибки в работе программы. В некоторых реализациях нет необходимости вписывать алфавит в указанное место и алфавитом считаются любые символы, используемые в процессе работы программы.

Шаг 2. Вписать в ленту вычислений некоторый набор символов, который будет обозначать математическую функцию, например уравнение или математический пример, число или преобразуемое слово. Далее любое выражение, записанное в вычислительную ленту, будет именоваться словом. Преобразование слова происходит по правилам, указанным пользователем в таблице состояний (см. шаг 3). Слово должно состоять из символов, вписанных в «алфавит», иначе в большинстве реализаций машины произойдёт ошибка. Изначально у ячеек ленты нет пустого значения (Null\Nil), каждая ячейка содержит символ «пробел», в большинстве

реализаций в качестве «пустых» ячеек на ленте используется невидимый символ «пробел», который используется при печати текстов. После того как слово будет записано в ленту, необходимо установить указатель в требуемое положение. В зависимости от реализации машины, для установки указателя в требуемое положение нужно воспользоваться боковыми кнопками перемещения указателя (как правило они расположены по бокам ленты), либо указать место при помощи курсора компьютерной мыши или иного манипулятора. В дальнейшем ячейка, на которую будет показывать указатель, будет именоваться активной ячейкой.

Шаг 3. Внести в таблицу состояний все необходимые команды для обработки ленты. Таблица по условию не является бесконечной, но в зависимости от реализации может быть ограничена только техническими или программными особенностями, благодаря чему таблица может быть сколь угодно большой, если не указано обратное.

Изначально таблица состоит из:

- первая строка – обозначает текущее состояние обработки «Q»;
- первый столбец – содержит все символы алфавита и пробел;
- множество пустых ячеек – в дальнейшем эти ячейки будут заполнены командами.

Как правило, в каждой ячейке таблицы может содержаться:

- пустое значение (Null\Nil);
- команда обработки;
- команда остановки.

Пустое значение имеется в каждой ячейке по умолчанию. Подразумевается, что каждая пустая ячейка будет заменена на команду. Допускается, что пустая ячейка может остаться таковой к моменту запуска программы, если программа не будет её задействовать в процессе обработки ленты. В случае обращения к пустой ячейке, на экран будет выведено сообщение об ошибке или затирание значений в ленте, что повлечёт появление ошибок иного характера.

Команда обработки – основа функционирования машины Тьюринга. Данный тип команд сообщает машине, как обрабатывать символ в активной ячейке. Команда обработки состоит из трёх составляющих и обычно записывается тремя символами.

На первом месте пишется символ, на который необходимо заменить значение активной ячейки, он должен соответствовать одному из символов алфавита, иначе программа не сможет адекватно функционировать.

На втором месте пишется знак, указывающий в каком направлении необходимо сдвинуть указатель. Существует три значения, соответствующие трём возможным изменениям позиций указателя. Эти значения обозначаются по-разному, в зависимости от реализации. Первый – переместить указатель влево (L, стрелка влево), второй – переместить указатель вправо (R, стрелка вправо), третий – оставить указатель в текущей позиции (N).

На третьем месте указывается, в какое положение «Q» необходимо перейти. В команде допускается использование состояний в любом порядке, но машина Тьюринга всегда начинает обработку таблицы со столбца состояния Q1 (Q0 в некоторых реализациях).

Третья часть команды может содержать:

- значение текущего положения «Q», что приведёт к повторной обработке положения;
- значение любого последующего N положения (ветвление);
- значение уже использованного положения (зацикливание).

1.5. Алгоритм работы машины Тьюринга

В теории машина Тьюринга может решать практически любую задачу, если пользователь задаст правильный алгоритм решения и введёт корректный алфавит и значения ленты. Сама машина обрабатывает алгоритм пользователя по своему стандартному алгоритму. Далее разобран алгоритм машины, описан по шагам. Предполагается, что пользователь уже заполнил все необходимые поля.

Алгоритм работы:

Шаг 1. Получение символа из активной ячейки.

Шаг 2. Поиск в первом столбце соответствующего символа, если символ не найден, вывод ошибки, иначе запоминаем номер строки с соответствующим символом.

Шаг 3. Номер состояния Q известен, если это первое действие программы, то состояние равно Q_1 , если состояние не известно, вывод ошибки, иначе шаг 4.

Шаг 4. Получение адреса ячейки в таблице состояний путём синтеза номера строки из шага 2 и номера столбца из шага 3.

Шаг 5. Обращение к ячейке таблицы состояний по адресу, полученному в шаге 4 и получение команды. Если встречена команда STOP (END), закончить выполнение программы и вывести результат вычислений. Если встречена пустая ячейка, вывод ошибки, иначе шаг 6.

Шаг 6. Разбиение команды на 3 составляющие и запоминание каждой отдельно.

Шаг 7. Замена символа активной ячейки на символ первого элемента команды из шага 6.

Шаг 8. Перевод указателя в соответствии с указанием второго элемента команды из шага 6.

Шаг 9. Изменение текущего значения состояния Q в соответствии с третьим элементом команды из шага 6. Переход к шагу 1.

1.6. Эмуляторы машины Тьюринга

В данном параграфе рассмотрено несколько реализаций машины Тьюринга. В процессе рассмотрения будут выявлены сильные и слабые стороны реализации.

Экземпляры программ будут оценены по уровню удобства интерфейса, визуальным составляющим, функциям программы и качества их исполнения, возможности получения справочных материалов, удобство доступа и прочим особенностям, если таковые имеются.

Рассматриваются основные элементы программы и их расположение относительно друг друга (лента, таблица состояний, блок алфавита, дополнительные элементы, реализуемые в программе)

Все представленные программы свободно распространяются и доступны для всех желающих. Коммерческое использование данных программ запрещено в соответствии с авторскими правами.

Эмулятор Loonies Software.2006.

Программа от Loonies Software 2006 года, с авторскими данными можно ознакомиться на рис.4.

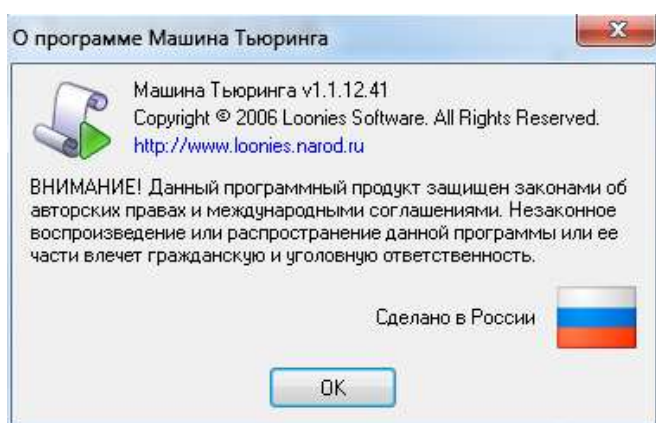


Рис.4. Авторские данные

Получить доступ к данной программе не составляет труда, для этого нужно зайти на сайт <http://soft.oszone.net> [8], по ссылке, которую предоставит поисковая система Google. Однако, из раздела «О программе» можно узнать, что существует официальный сайт разработчика и на данный момент сайт

функционирует, но найти на нём данную реализацию машины не удалось. Сайт обладает некоторым набором дистрибутивов и информационных массивов, но не имеет системы поиска, а из того что предоставлено, не имеется информации по машине Тьюринга.

В разделе «Справка» имеется подраздел, в котором должна была содержаться вся необходимая информация по работе с программой, но эта часть не функционирует.

Рассмотрим внешний вид программы (см. рис.5, рис.6). Цветовая схема и значки сделаны в классическом стиле MS Office. На первый взгляд, элементы машины расположены крайне неудобно.

Блок алфавита нестандартен, расположен справа и взаимодействовать с ним можно только через определённую кнопку на панели команд интерфейса, такое разделение и необходимость посимвольно оформлять алфавит весьма неудобно и без руководства создаёт трудности для пользователя. Кроме того ввод символов алфавита осуществляется добавлением новых строк, что создаёт дополнительные проблемы для новичка. Добавляемый символ можно выбрать из ниспадающего списка и нет возможности вручную ввести данные, что создаёт пользователю дополнительные трудности для создания алгоритмов, с большим количеством символов в решаемой задаче. Элемент алфавита можно изменить только посредством удаления столбца. Каждая кнопка на панели поясняется всплывающей подсказкой и в нижней части экрана, где многие программы пишут о своём статусе, но описания могут отличаться и даже с двумя подсказками функция кнопки может остаться неясной.

Лента расположена снизу, рядом с ней нет кнопок управления лентой или каких-либо подсказок. Манипуляции с лентой осуществляются посредством контекстного меню, вызываемого правой кнопкой мыши и кликом мыши по соответствующим ячейкам, либо соответствующими кнопками на панели команд. Такое визуальное разделение отягощает работу пользователя.

Ниспадающее меню программы содержит дубликаты всех команд, позволяют убрать некоторые визуальные сервисы (строка состояния), возможность получить справку и сохранить\загрузить какой-либо алгоритм для решения задачи. Возможность сохранить и загрузить программу очень ценная функция данной реализации.



Программа поддерживает несколько режимов запуска алгоритма, но на практике это пошаговый и автоматический режим. Пошаговый режим выполняет действия покомандно, отображая изменения в ленте и таблице состояний. Автоматический режим может быть настроен при помощи шкалы «скорость», но во время тестов он пропадает после нескольких запусков алгоритма, делая невозможным изменение скорости обработки в дальнейшем. Может быть поправлено только перезапуском программы. После завершения вычислений лента и все переменные переводятся в состояние, как до запуска алгоритма, что весьма неудобно для новичка, но любая запуск алгоритма генерирует отчёт, содержащий информацию о каждом действии, результат и ряд избыточной информации (например, сколько раз была использована определённая команда или символ) (см. рис. 7).

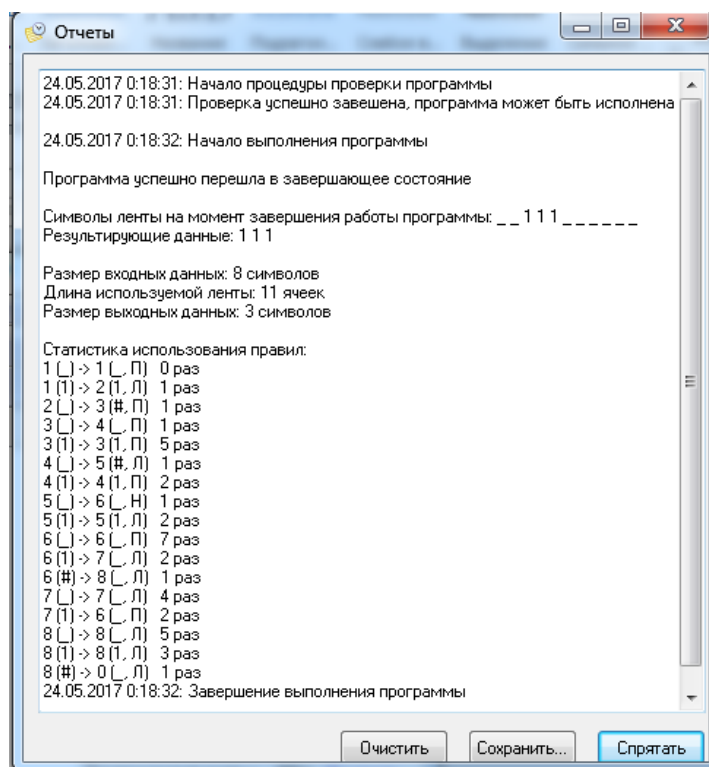


Рис.7. Отчёт программы

Итог рассмотрения реализации машины Тьюринга от Loonies Software 2006. Программа крайне неудобна в использовании. Встречаются незначительные ошибки, не влияющие на работу машины, но мешающие пользователю. Дублирование команд приветствуется, но в данной

реализации оно весьма значительно. Отсутствует пояснительная записка или справка по функционированию программы, официальный сайт не поддерживает продукт. Таблица состояний инвертирована. Пояснения к кнопкам часто не совпадают, а необходимость так невзрачно дублировать пояснения отсутствует. Блок алфавита занимает существенную часть интерфейса, при том не имеет существенного функционала, но содержит излишнюю информацию и выполняет сугубо декоративную функцию. Отчеты, генерируемые программой могут, быть занимательны, но содержат слишком много избыточной информации, не относящейся к теме.

Данная реализация не рекомендуется для изучения машины Тьюринга, работать на ней можно только в случае хорошего знания темы и только в случае, когда нет возможности воспользоваться иной более качественной реализацией.

Эмулятор машины Тьюринга К.Ю. Полякова (2013).

Программа от К. Полякова. С авторскими данными можно ознакомиться на рис.8.

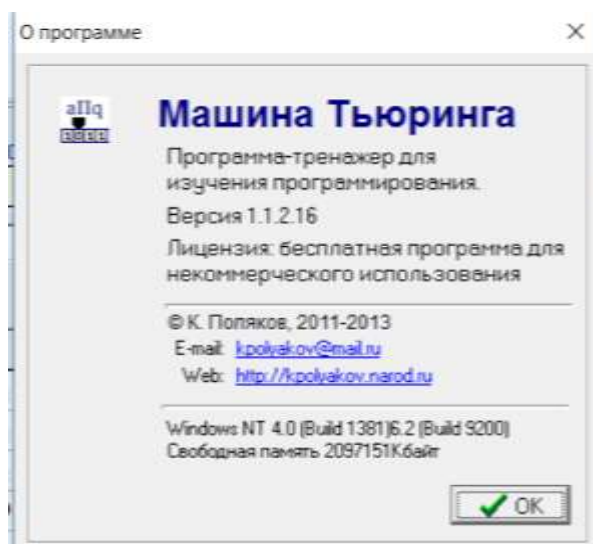


Рис.8. Авторские данные

Данная реализация машины Тьюринга является самой популярной среди существующих и используется повсеместно. В связи с авторскими правами, размещение на других сайтах данной программы запрещено. Тем не менее программа всё равно довольно часто встречается на сторонних сетевых

ресурсах. Получить доступ к данной реализации не сложно. Программа находится в свободном доступе на официальном сайте Полякова <http://kpolyakov.spb.ru/> [13]. Ознакомиться с внешним видом можно на рис.9 и рис.10.

Данная реализация является лучшей среди автономных реализаций, обладает визуально приятным и удобным интерфейсом. В разделе справки можно получить краткую информацию об авторе и программе, перейти на официальный сайт. На данный момент официальный сайт исправно функционирует. На сайте можно получить различную справочную информацию, доступ к электронным экземплярам учебников и некоторых учебных программ, подробную информацию об авторе и тому подобное. Методики для работы с данной программой каждый преподаватель выбирает сам.

В верхней части программы расположено ниспадающее меню, в котором дублируются возможные манипуляции с программой, возможность загрузить данные и настроить скорость обработки.

Программа имеет возможность сохранять и загружать данные. Большим преимуществом перед остальными реализациями является то, что в программе предусмотрено восстановление данных ленты.

Запуск осуществляется с панели команд. Так же там имеется кнопка для пошагово запуска программы пользователя.

В блок «Условие задачи» можно записать условие задачи или любые комментарии, заметки к задаче. Для комментариев и заметок существует отдельный блок «Комментарий»

Указатель лены передвигается при помощи кнопок, расположенных по бокам от ленты. Данные в ленту вводятся двойным кликом по ячейке и выбором из символов алфавита.

Алфавит вводится вручную с клавиатуры через строку «Алфавит». Машина Тьюринга в дальнейшем самостоятельно разбивает алфавит на символы и создаёт под каждый символ соответствующую строку.

Таблица состояний расширяема. Количество столбцов и соответственно количество состояний Q пользователь может увеличить, нажав на соответствующую кнопку над таблицей. Удаление лишних столбцов также происходит вручную. Для написания команды для машины Тьюринга в ячейку таблицы необходимо вписать 3 символа. 1 – на какой символ изменить символ активной ячейки. 2 – в какую сторону сдвинуть указатель. 3 – в какое состояние перейти программе. В ячейках имеется маска ввода, благодаря чему символы, которые не входят в множество символов алфавита, номеров состояний и управляющих символов ввести невозможно. Это исключает множество опечаток. Но маска не учитывает количества введенных символов, из-за чего ввод некорректных команд всё равно остаётся. К сожалению, в справочных материалах не написано, как нужно заполнять ячейки, как указать направление перемещения указателя и изменение состояния Q . После ряда тестов выяснилось, что для перемещения указателя используются: «<», «>», «.». Для изменения состояния пишется номер состояния. После ввода команд в ячейку таблицы состояния программа заменяет внешний вид двух последних элементов команды на стрелочку для указателя, где направление угловой скобки соответствует направлению стрелки, точка соответствует стрелке вниз и стоянию указателя на месте. Номер состояния меняется на Q_n , где n – номер состояния. Данные изменения красиво выглядят и позволяют облегчить понимание написанной программы, но могут затруднить работу новичкам.

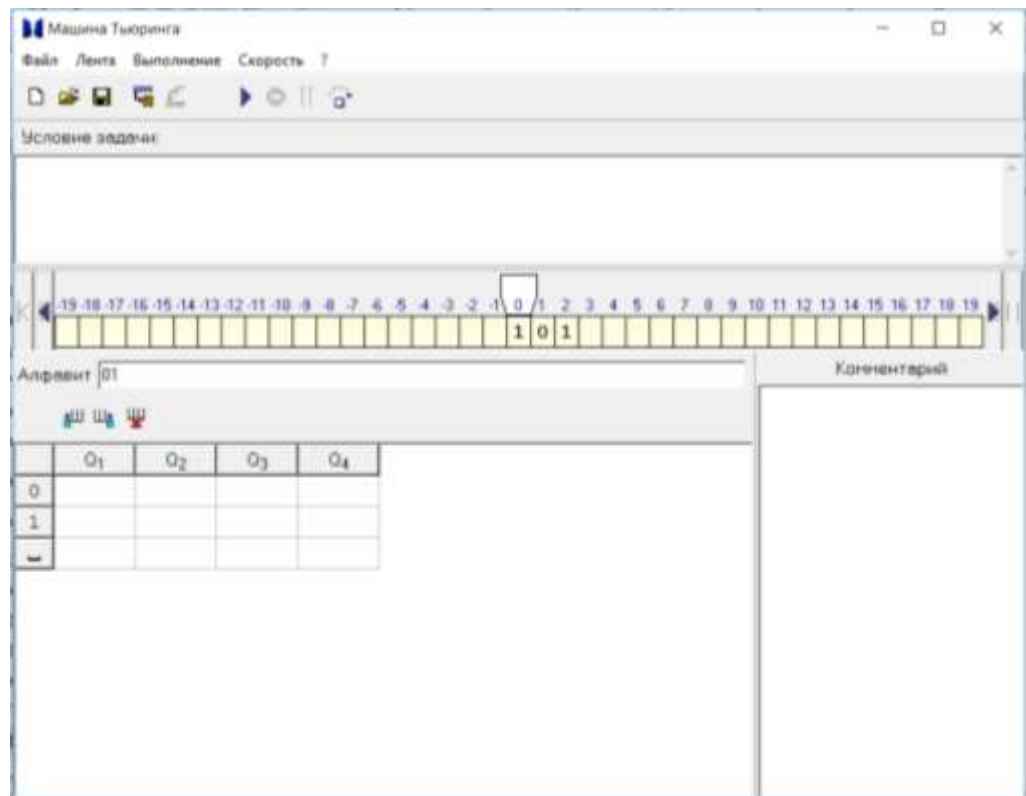


Рис.9. Внешний вид

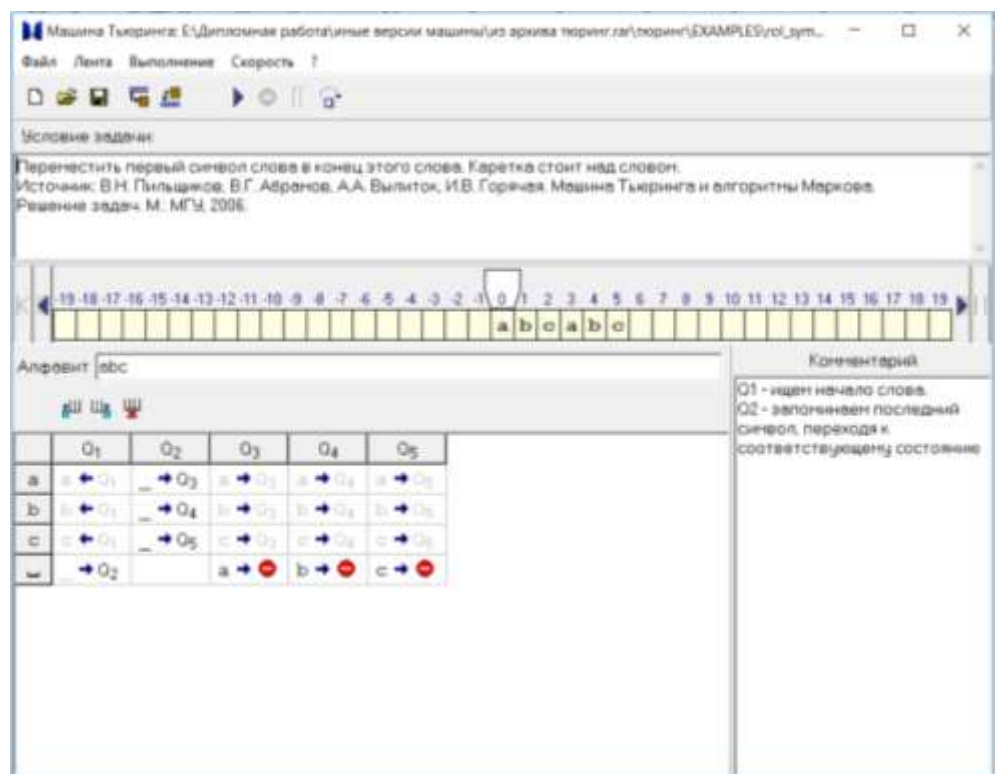


Рис.10. Программа перед запуском

Итог рассмотрения реализации машины Тьюринга К.Ю. Полякова (2013). Данная реализация рекомендуется для обучения на машине

Тьюринга. Присутствуют небольшие неудобства, справочный материал не исчерпывающ, но данные недочёты не критичны. Интерфейс удобен, программа функционирует исправно.

Эмулятор машины Тьюринга Р. Зартдинова (ПГПУ, 2001).

Программа от Зартдинова Радика 2001 года, с авторскими данными можно ознакомиться на рис.11.

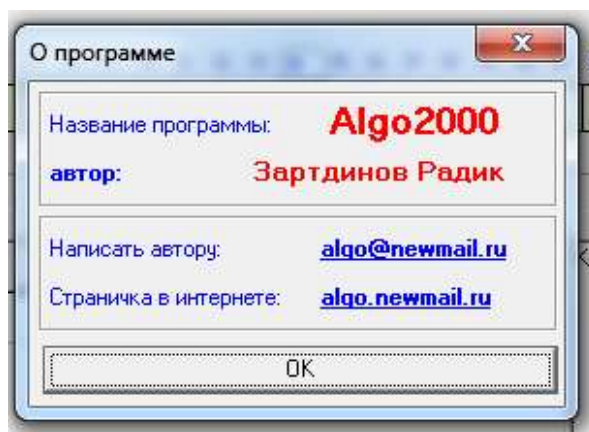


Рис.11. Авторские данные

Данная реализация была осуществлена в 2001 году студентом ПГПУ кафедры ИНЭК Зартдиновым Радиком. Данная программа имеет аналогичный интерфейс реализации машины Тьюринга от К. Полякова, 2013 года, но имеет ряд отличий.

Ниспадающее меню Алго2000 имеет более широкий набор команд, часть команд панели аналогичной версии имеется только в ниспадающем меню. Символы в ленту вводятся с клавиатуры. Таблица значений не имеет масок ввода. Программа не поддерживается. В остальном эта реализация не уступает реализации Полякова. Ознакомиться с внешним видом можно на рис. 12 и рис 13.

Кроме того в данной программе имеется встроенная реализация машины Поста.

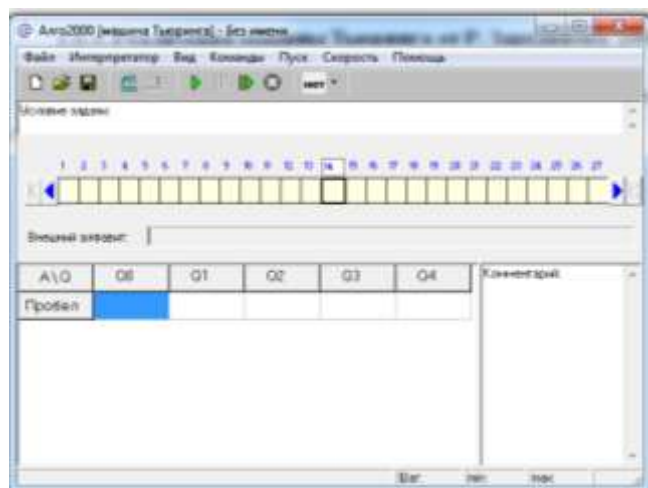


Рис.12. Внешний вид

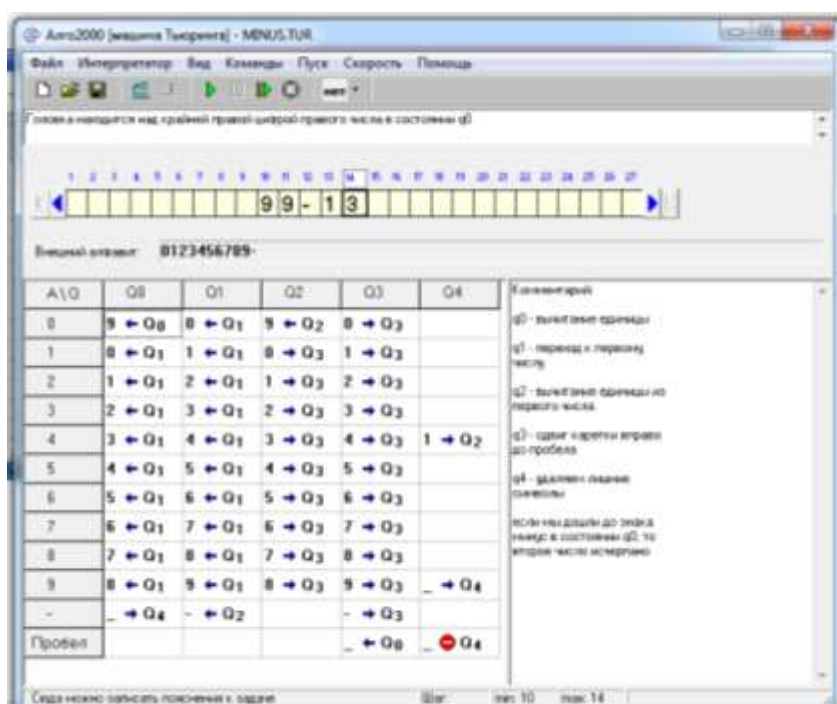


Рис.13. Программа перед запуском

Итог рассмотрения реализации машины Тьюринга от Р. Зартдинова, 2001. Данная реализация рекомендуется для обучения на машине Тьюринга. Она немного уступает по внешнему виду и удобству реализации Полякова, но обладает встроенной машиной Поста.

Эмулятор машины Тьюринга А. С. Балюкова (2007).

Данная реализация является онлайн версией машины Тьюринга, доступна по электронному адресу <http://matinf.igpu.ru/simulator/tm.html> [4]. Выводится поисковой системой Google одной из первых. (см. рис.14).

Данная реализация обладает кратким руководством (расположен справа), но это руководство не поясняет как работать именно с данным программным продуктом, что делает руководство бесполезным. Других ссылок на справочный материал не имеется. Даже опытному пользователю машины Тьюринга не сразу будет понятно, как работать с данной версией.

Данная машина изобилует ошибками, беспричинно усложнённый интерфейс полностью отсутствует таблица состояний. Для написания пользовательской программы необходимо с клавиатуры выписывать все команды в блок команд, при том блок состояний либо не работает, либо необходимость в нём отсутствует, так как все действия описываются в блоке команд. В блоке алфавита можно установить галочки напротив нужных символов, что весьма неудобно, кроме того, часть галочек невозможно поставить из-за ошибки в коде программы. Редактировать ленту можно только через строку «Конфигурация», при этом установить указатель в необходимое положение невозможно.

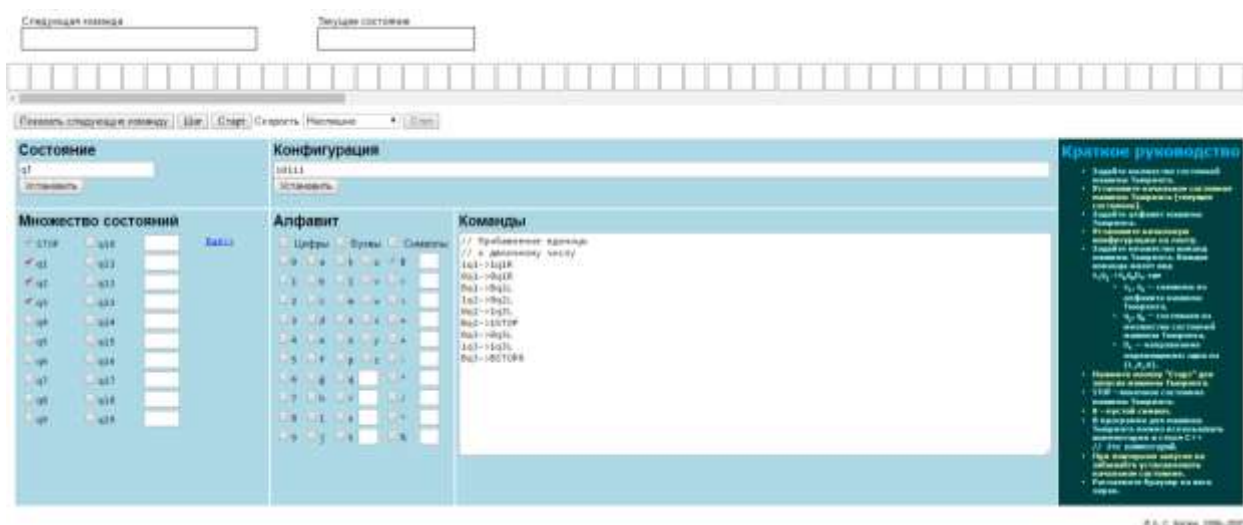


Рис.14. Внешний вид

Итог рассмотрения реализации машины Тьюринга от Балюкова, 2007. Данная реализация не рекомендуется для обучения на машине Тьюринга. Она очень, имеет ряд ошибок в реализации и не имеет достаточного объёма справочной информации.

Эмулятор машины Тьюринга, реализованный в ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова.

Доступ к данному эмулятору можно получить, перейдя по ссылке <http://cmcmsu.no-ip.info/1course/alg.schema.mt.htm#> [10]. На первый взгляд это одна из реализаций машины Тьюринга, на которой пользователь может написать свою программу, но при более тщательном изучении посетитель сайта узнает, что на данном эмуляторе нельзя решать задачи.

Данный эмулятор является частью справочного материала, в котором описывается, как нужно работать на машине Тьюринга. В блоке «краткие теоретические сведения» описывается важная информация по работе с машиной Тьюринга и предоставляется возможность подробно рассмотреть примеры решений, которые предоставлены в контексте блока (см. рис.15, рис.16). В примерах очень мелкий шрифт.



Рис.15. Внешний вид

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МАШИНЫ ТЬЮРИНГА

2.1. Онлайн реализация эмулятора машины Тьюринга

При разработке эмулятора машины Тьюринга предпринята попытка учесть сильные и слабые стороны иных реализаций, перенести как можно больше положительных черт и не допускать появления отрицательных. Машина разрабатывалась с учётом того, что на ней будет легко и удобно учиться. Для того чтобы в программе можно было работать продолжительное время, были выбраны голубые и синие тона, известные своим свойством в меньшей степени напрягать глаза и настраивать на рабочий лад. По той же причине имеются широкие поля. Для удобства ориентации каждое активное поле контрастно выделяется на своём фоне (см. рис.17).



Рис.17. Внешний вид

Данная реализация является частью сайта, в состав которого входят (см. рис.18):

- статьи – биография Алана Тьюринга, пример работы машины Тьюринга, описание машины Тьюринга;
- 9 примеров задач, рекомендованных для изучения работы

машины Тьюринга. Каждая последующая задача разъясняет новые возможности и особенности работы с эмулятором;

- учебная машина Тьюринга;
- справочный материал, в котором подробно описана работа с эмулятором.



Рис.18. Информационная часть сайта

2.2. Порядок работы с эмулятором

Для написания программы на эмуляторе необходимо заполнить строку алфавита необходимыми символами. Она заполняется с клавиатуры. Данная реализация поддерживает все символы кириллицы, латинского алфавита, спецсимволы, цифры. Роль пробела выполняет символ нижнего подчеркива «_», при запуске программы он уже включён в алфавит. После ввода символов нужно подтвердить выбор, нажав на кнопку «Подтвердить алфавит». Это приведёт к генерации строк в таблице состояний. При необходимости, из строки алфавита можно удалить лишние символы и снова подтвердить, это приведёт к удалению лишней строки и очистке содержимого таблицы состояний. В случае повторного ввода символа, программа будет игнорировать дубликат во время реализации алгоритма.

В блоке алфавита присутствуют 3 кнопки. Кнопка «подтвердить алфавит», была описана ранее. Кнопка «Очистка страницы» приводит страницу в начальное состояние, удаляя все данные введённые пользователем. Кнопка «Справка по алфавиту» открывает новое окно в браузере со справкой по работе с эмулятором. Где описана работа с блоком алфавита.

В блоке «Лента», пользователю необходимо ввести изменяемое слово. Изначально лента заполнена символами пробела. В ячейку ленты можно ввести только 1 символ. Для замены пробела или иного символа в ленте на другой, нужно выделить заменяемый символ компьютерной мышкой, так же, как это делается в любом текстовом редакторе. После чего нажать клавишу на клавиатуре с соответствующим символом. Эмулятор поддерживает возможность копирования и вставки.

Изначально активная ячейка не указана. Для того чтобы установить ячейку в нужное положение, необходимо 1 раз кликнуть на ту ячейку, которую хотите сделать активной. После клика рамка активной ячейки окрасится в красный.

В блоке ленты содержится кнопка «Справка по ленте», она открывает новое окно справки в браузере на разделе «лента».

Размеры окна сайта зависят от разрешения экрана монитора. Блок таблицы состояний является самым объёмным, его максимальные размеры зависят от разрешения экрана монитора и нужд пользователя. После подтверждения алфавита пользователю будет доступна таблица, состоящая из 3 столбцов, готовых к заполнению. Количество строк зависит от количества символов алфавита. При разрешении экрана 1920x1080 страница может вместить 30 строк (30 символов), 12 столбцов состояния без изменения внешнего вида (горизонтальная ориентация) или 33 столбца с вертикальным расположением внутренних ячеек (вертикальная ориентация). Стоит учитывать, что при вертикальной ориентации ширина ячеек уменьшается, а высота увеличивается. По этой причине, при вертикальной ориентации страница может вместить не более 13 символов. Увеличить количество столбцов можно нажатием кнопки «Добавить столбец». Каждое нажатие добавляет 1 столбец.

По таблице состояний возможно получить справочную информацию, если нажать на кнопку «Справка по таблице состояний».

Таблица состоит из первой строки, в которой отмечены состояния «Q», первого столбца, в котором указаны соответствующие алфавиту символы и ячейки на пересечении первых столбца и строки. В каждой ячейке таблицы имеются 3 поля с которыми может взаимодействовать пользователь. Во время запуска программы, эмулятор берёт значение из активной ячейки, сравнивает его с первым столбцом. В случае соответствия, эмулятор запоминает номер строки, символ которой совпал с символом активной ячейки. Далее эмулятор обращается к переменной, которая содержит номер состояния Q. Синтезируется адрес ячейки. Далее эмулятор обращается по сгенерированному адресу. В первое поле ячейки вводится символ, на который будет заменен символ активной ячейки. Во втором поле пользователю нужно выбрать в каком направлении произойдет перемещение

активной ячейки ленты (по умолчанию налево). В третьем поле нужно ввести состояние, в которое перейдёт эмулятор.

В данной реализации используется только пошаговый режим, так как в большей степени ставится задача обучения и пояснения принципов работы алгоритмов. Чтобы запустить программу, нужно нажать на кнопку «Запустить». После нажатия кнопки, эмулятор произведёт шаг, в результате чего символ из ленты заменится, активная ячейка сменится, кнопка состояния (по умолчанию «Q1») изменит значение в соответствии с указаниями в таблице, рамка сработавшей ячейки таблицы значений окрасится в красный.

Для сброса состояния нажмите на кнопку с текущим состоянием (по умолчанию «Q1»)

2.3. Обучение работе на машине Тьюринга

Для того чтобы студент смог работать на машине Тьюринга и решать на ней задачи, в первую очередь необходимо обучить учащегося основам работы с эмулятором. Для обучения азам будет использоваться простая задача, но захватывающая максимум функционала программы. Предполагается, что студенты уже знакомы с понятием машины Тьюринга и для чего она нужна, далее рассматривается, как именно учитель должен объяснять принципы работы с эмулятором.

Задача. Заменить слово `_123_123_123_` на `_333_222_111_`. Активная ячейка находится после первого «123» (первым считается тот, что слева).

То как в результате должна быть заполнена страница учебной машины Тьюринга.

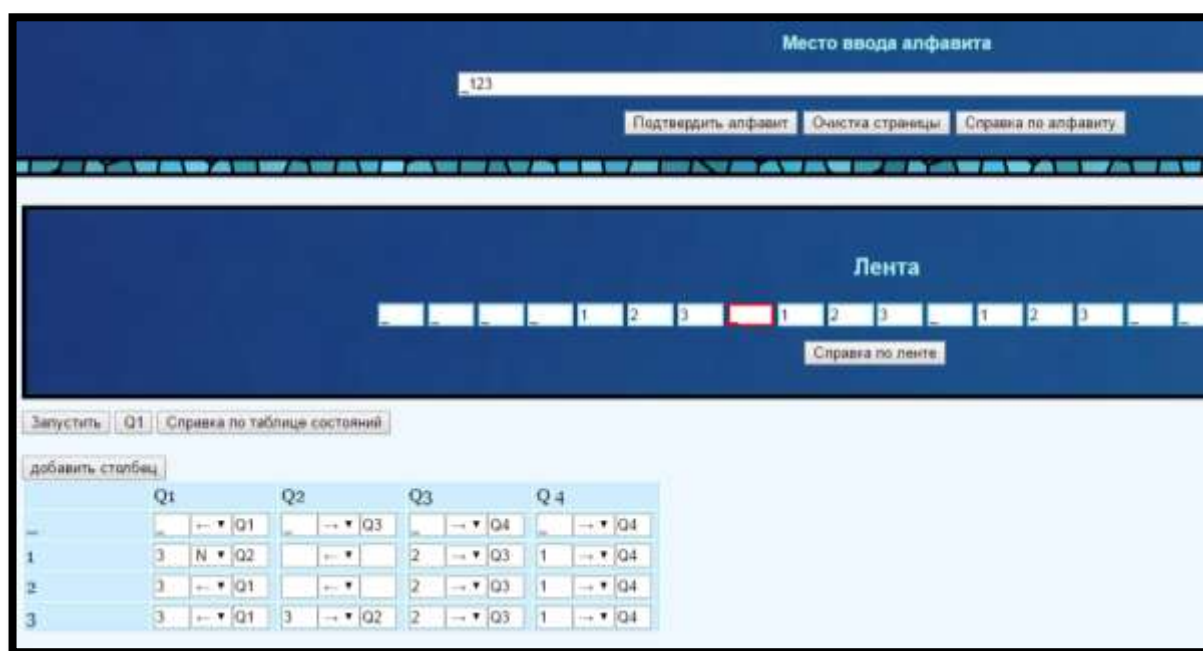


Рис.19. Программа перед запуском

После того как задача была озвучена (и показана), следует обсудить для чего нужен каждый блок эмулятора и как их нужно заполнять. Преимущественно урок ведётся в форме диалога, предоставляя учащимся возможность высказаться. Данный подход должен увеличить

заинтересованность учащегося в учебном процессе и дольше оставлять внимание учеников на важных объектах.

Шаг 1. Предложить учащимся предположить для чего нужен блок алфавита и как он работает. После ответов, подтвердить верные догадки и дополнить. Заполнить строку алфавита требуемыми символами.

Шаг 2. Пояснить назначение кнопок справки, подтверждения алфавита и очистки страницы. Предложить перейти на страницу справки и пояснить, для чего нужна справка. Подтвердить алфавит.

Шаг 3. Пояснить какую функцию выполняет лента, что такое указатель и активная ячейка, как установить активную ячейку. Предложить учащимся предположить, что и как должно быть введено в данный блок. Заполнить ленту требуемыми символами.

Шаг 4. Пояснить, для чего нужна таблица состояний, функции кнопок блока таблицы состояний. Рассказать, как работает ячейка таблицы состояний, из чего она состоит. Привести в качестве примера заполнение и работу первых двух столбцов. При заполнении этих столбцов разъяснять взаимодействие каждого поля в таблице с лентой и состоянием «Q». Желательно участие учащихся в определении написания каждой следующей вводимой команды.

Заполнение последних двух столбцов рекомендуется для самостоятельного заполнения учащимися.

Когда таблица будет заполнена, проверить результат вычислений в ленте. Следует сделать акцент на том, чтобы студенты во время проверки следили за корректностью каждого шага. Данный процесс должен способствовать запоминанию и усвоению пройденного материала.

Между шагами студенты могут задавать вопросы относительно темы.

2.4. Дополнительные материалы (задачи).

В случае успешного раннего выполнения, либо в качестве домашнего задания или самостоятельной лабораторной работы, предлагается решение следующих задач.

A – алфавит который нужно использовать при решении задачи, P – слово записанное в ленту, может содержать более 1 экземпляра каждого символа из алфавита.

- 1) $A=\{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$. Пусть P – непустое слово; значит, P – это последовательность из десятичных цифр, т.е. запись неотрицательного целого числа в десятичной системе. Требуется получить на ленте запись числа, которое на 1 больше числа P .
- 2) $A=\{a,b,c\}$. Перенести первый символ непустого слова P в его конец.
Например: $a\ c\ b\ c \rightarrow c\ b\ c\ a$
- 3) $A=\{a,b,c\}$. Если первый и последний символы (непустого) слова P одинаковы, тогда это слово не менять, а иначе заменить его на пустое слово.
- 4) $A=\{a,b\}$. Удалить из слова P его второй символ, если такой есть.
- 5) $A=\{a,b,c\}$. Удалить из слова P первое вхождение символа a , если такое есть.
- 6) $A=\{a,b,c\}$. Вставить в слово P символ a за первым вхождением символа c , если такое есть.
- 7) $A=\{a,b,c\}$. Вставить в слово P символ a за первым вхождением символа c , если такое есть.
- 8) $A=\{a,b,c\}$. Удалить из P все вхождения символа a .
- 9) $A=\{a,b\}$. Удвоить слово P , поставив между ним и его копией знак $=$.
Например: $a\ a\ b > a\ a\ b = a\ a\ b$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке методики изучения машины Тьюринга. В ходе ее создания и реализации поставленных задач были получены следующие результаты:

- 1) изучены интуитивный и формальный подходы к определению алгоритма. В квалификационной работе акцент сделан на подходе Тьюринга;
- 2) подробно рассмотрены устройство и принципы работы машины Тьюринга;
- 3) рассмотрены 5 эмуляторов машины Тьюринга. Сделан вывод об актуальности каждого рассмотренного эмулятора;
- 4) создан ресурс, который содержит исчерпывающий материал по теме «машина Тьюринга», в том числе на сайте имеется эмулятор машины Тьюринга;
- 5) создан задачник с достаточным объёмом задач для изучения и закрепления темы;
- 6) описаны методические особенности изучения темы.

В дальнейшем планируется расширить онлайн ресурс, добавив в него другие подходы к формальному определению алгоритма с соответствующими эмуляторами и добавление видео уроков, а также расширение функционала существующего эмулятора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Машина Тьюринга» в школьном курсе информатики. [Электронный ресурс] – URL: <http://inf.1september.ru/> (Дата посещения 18.05.2017)
2. Бекман, И.Н. Компьютерные науки. Курс лекций. [Электронный ресурс] – URL: <http://profbeckman.narod.ru> (Дата посещения 14.05.2017)
3. Варпаховский, Ф.Л. Элементы теории алгоритмов [Текст]: Учебное пособие / Ф.Л. Варпаховский, –М.: Изд-во «Просвещение» 1970-. 25с.
4. Детерминированная машина Тьюринга. [Электронный ресурс] – URL: <http://matinf.igpu.ru> (Дата посещения 14.05.2017)
5. Ершов, С.С. Элементы теории алгоритмов [Текст]: Учебное пособие / С.С. Ершов, – Челябинск.: Издательский центр «ЮУрГУ» 2009. – 64с.
6. Информационный портал работников образования nsportal. [Электронный ресурс] – URL: <http://nsportal.ru> (Дата посещения 06.05.2017)
7. Клейнберг, Дж. Алгоритмы: разработка и применение. Классика Computers Science [Текст]: / Пер. с англ. Е. Матвеева. — СПб.: Питер, 2016. — 800 с.
8. Компьютерный информационный портал Ozone. [Электронный ресурс] – URL: <http://soft.ozone.net> (Дата посещения 16.05.2017)
9. Лекции по курсу «Алгоритмы и алгоритмические языки». Кафедра системного программирования ф-та ВМК МГУ, 2010. [Электронный ресурс] – URL: <http://algcourse.cs.msu.su> (Дата посещения 19.05.2017)
10. Материалы по практикуму. МГУ им. М.В. Ломоносова. [Электронный ресурс] – URL: <http://cmcmsu.no-ip.info> (Дата посещения 03.05.2017)
11. Минский, М. Вычисления и автоматы. [Текст]: / М. Минский, М. «Мир», 1971. – 368 с.
12. Пильщиков, В.Н. Машина Тьюринга и алгоритмы Маркова. Решение задач. [Текст]: Учебно-методическое пособие / В.Н. Пильщиков, – М.: Издательский отдел факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006. – 70с.

13. Сайт Полякова Константина Юрьевича. [Электронный ресурс] – URL: <http://kpolyakov.spb.ru> (Дата посещения 21.05.2017)
14. СГА Информатика. Теоретические основы информатики. [Электронный ресурс] – URL: <http://sga-informatika.ru> (Дата посещения 09.05.2017)
15. Стариченко, Б.Е. Теоретические основы информатики. 2-е изд. перераб. и доп. [Текст]: Учебное пособие для вузов / Б.Е. Стариченко, – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. - 312 с.
16. Стариченко, Б.Е. Теоретические основы информатики. 3-е изд. перераб. и доп. [Текст]: Учебник для вузов / Б.Е. Стариченко, – М.: Изд-во «Просвещение» 2016 г. – 400 стр.
17. Чернушко, М. М. Применение машины Тьюринга для реализации алгоритмов шифрования [Текст] // Технические науки: теория и практика: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Чита, январь 2014 г.). — Чита: Издательство Молодой ученый, 2014. — С. 19-22.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ЗАДАЧНИК

Задачи уровень А

1. Увеличить число на 3 (в двоичной системе счисления).
Слово для проверки «111».
2. Увеличить число на 2 (в двоичной системе счисления).
Слово для проверки «110».
3. Увеличить число на 6 (в шестеричной системе счисления).
Слово для проверки «345».
4. Увеличить число на 1 (в шестеричной системе счисления).
Слово для проверки «55».
5. Уменьшить число на 2 (в двоичной системе счисления).
Слово для проверки «111».
6. Уменьшить число на 2 (в двоичной системе счисления).
Слово для проверки «110».
7. Уменьшить число на 6 (в шестеричной системе счисления).
Слово для проверки «55».
8. Уменьшить число на 4 (в шестеричной системе счисления).
Слово для проверки «340».
9. Удалить слово из ленты (заменить слово на пробелы).
Слово для проверки «комод».
10. Удалить слово из ленты (заменить слово на пробелы).
Слово для проверки «рама».
11. Добавить слово в ленту (имеется пустая лента, добавить в ленту слово).
Слово для проверки «комод».
12. Добавить слово в ленту (имеется пустая лента, добавить в ленту слово).
Слово для проверки «рама».
13. Заменить «0» на «1» в слове.
Слово для проверки «01001».
14. Заменить «1» на «0» в слове.

Слово для проверки «10011».

15. Произвести инверсию слова («0» заменить на «1» и «1» на «0»).

Слово для проверки «01001».

16. Произвести инверсию слова («0» заменить на «1» и «1» на «0»).

Слово для проверки «10011».

Задачи уровень В

1. В ленту записан пример, вычислите его (двоичная система счисления).

Пример «10101+1011».

2. В ленту записан пример, вычислите его (двоичная система счисления).

Пример «11011+1100».

3. В ленту записан пример, вычислите его (двоичная система счисления).

Пример «10010-1010».

4. В ленту записан пример, вычислите его (двоичная система счисления).

Пример «10101-1001».

5. В ленту записан пример, вычислите его (шестеричная система счисления).

Пример «44+15».

6. В ленту записан пример, вычислите его (шестеричная система счисления).

Пример «53+11».

7. В ленту записан пример, вычислите его (шестеричная система счисления).

Пример «104-13».

8. В ленту записан пример, вычислите его (шестеричная система счисления).

Пример «50-11».

9. Продублировать слово в ленте после символа «=», символ «=» дублировать не нужно.

Слово в ленте «diod=».

10. Продублировать слово в ленте после символа «=», символ «=» дублировать не нужно.
Слово в ленте «orbita=».
11. Продублировать слово в ленте после символа «=», символ «=» дублировать не нужно.
Слово в ленте «1584=».
12. Продублировать слово в ленте после символа «=», символ «=» дублировать не нужно.
Слово в ленте «7259=».
13. Переместить слово в ленте после символа «=», символ «=» переносить не нужно.
Слово в ленте «pole=».
14. Переместить слово в ленте после символа «=», символ «=» переносить не нужно.
Слово в ленте «goza=».
15. Удалить из слова в ленте фрагмент «ко».
Слово в ленте «косой-косил-косой».
16. Удалить из слова в ленте 1 символ после каждого символа «о».
Слово в ленте «косой-косил-косой».

Задачи уровень С

1. Вставить в слово символ «1» перед символом «р», указатель находится перед словом.
Слово в ленте «марка».
2. Вставить в слово символ «2» перед символом «ш», указатель находится перед словом.
Слово в ленте «кошка».
3. Вставить в слово символ «3» перед символом «у», указатель находится перед словом.
Слово в ленте «макушка».

4. Вставить в слово символ «4» перед символом «е», указатель находится перед словом.
Слово в ленте «крокет».
5. Инвертируйте написание слова (крот -> торк).
Слово в ленте «крот».
6. Инвертируйте написание слова (крот -> торк).
Слово в ленте «торт».
7. Инвертируйте написание слова (крот -> торк).
Слово в ленте «мышка».
8. Инвертируйте написание слова (крот -> торк).
Слово в ленте «камыш».
9. Вычислите количество символов в слове, результат напишите после символа «-». Символ «-», при расчёте не учитывать.
Слово в ленте «маргарин-»
10. Вычислите количество символов в слове, результат напишите после символа «-». Символ «-», при расчёте не учитывать.
Слово в ленте «859643-»
11. Вычислите количество символов в слове, результат напишите после символа «-». Символ «-», при расчёте не учитывать.
Слово в ленте «клавиатура-»
12. Вычислите количество символов в слове, результат напишите после символа «-». Символ «-», при расчёте не учитывать.
Слово в ленте «111444678-»
13. Вычислите количество символов «7» в слове, результат напишите после символа «-». Символ «-», при расчёте не учитывать.
Слово в ленте «12787716-»
14. Вычислите количество символов «5» в слове, результат напишите после символа «-». Символ «-», при расчёте не учитывать.
Слово в ленте «55545-»

15.Вычислите количество символов «а» в слове, результат напишите после символа «-». Символ «-», при расчёте не учитывать.

Слово в ленте «мамамылараму-»

16.Вычислите количество символов «м» в слове, результат напишите после символа «-». Символ «-», при расчёте не учитывать.

Слово в ленте «мамамылараму-»