Лабораторная работа № 2

Тема: «Конечные автоматы»

Цель работы

Ознакомление с алгоритмом построения детерминированного конечного автомата и проверка его эквивалентности.

Краткая теория

Детерминированный конечный автомат (ДКА) – конечный автомат, в котором для любого символа существует не более одного состояния для перехода. ДКА можно составить на основе НКА (недетерминированного конечного автомата).

Теорема:

Для любого НКА можно построить эквивалентный ДКА.

Алгоритм построения:

Пусть дан недетерминированный конечный автомат КА = $\{Q, \delta, \Sigma, q_0, F\}$.

Будет построен эквивалентный ему ДКА = $\{Q', \Sigma', \delta', q_0', F'\}$, где:

1. $q_0' := q_0$

2. $\Sigma' := \Sigma$

3. $Q' := [q_0]$

4. Для состояния $[q_0, q_1 \dots q_m] \in Q'$

$$\delta(\{q_0, q_1 \dots q_m\}, a) := \bigcup_{i=0}^{m} \delta(q_i, a) = \{q_{01}, \dots q_{0k_0},\ q_{11} \dots q_{1k_1}, \dots q_{mk_m}\}$$

где:

$a \in \Sigma;$

$k_i -$ количество состояний перехода для функции перехода $\delta(q_i, a)$

Было получено новое состояние $[q_{01}, \dots q_{0k0}, q_{11} \dots q_{1k1} \dots q_{mkm}]$ для ДКА.

Если $[q_{01}, \dots q_{0k0}, q_{11} \dots q_{0k1} \dots q_{mkm}] \notin \mathrm{Q}'$, тогда:

$Q' = Q' \cup [q_{01}, \dots q_{0k0}, q_{11} \dots q_{1k1} \dots q_{mkm}]$

Так создаётся функция перехода для ДКА:

$\delta'([q_0, q_1 \dots q_m], a) = [q_{01}, \dots q_{0k0}, q_{11} \dots q_{1k1} \dots q_{mkm}]$ Этот шаг выполняется для всех $a \in \Sigma$.

5. До тех пор, пока Q' изменяется, нужно выполнять четвертый шаг для получаемых новых состояний.
6. В множество F' должны быть включены все состояния ДКА, которые содержат элементы из множества F.

В общем: ДКА - более компактная версия КА, которая упрощает для компьютера распознавание цепочки.

Теорема FG:

Для любого КА можно построить эквивалентную регулярную грамматику.

Алгоритм построения:

Пусть дан КА= $\{Q, \delta, \Sigma, q_0, F\}$

1. $V_N := Q$
2. $V_T := \sum$
3. $S := q_0$
4. $P := \emptyset$

Для всех функций перехода $\delta(q_i, a) = \{q_0, q_1, \dots, q_n\} \in Q$ создаются правила и записываются в множество правил:

$P := P \cup \{q_i \to aq_0, q_i \to aq_1, \dots q_i \to aq_n\}$

Для каждого состояния, принадлежащего множеству конечных состояний (F), множество правил пополняется правилом вида:

$P := P \cup \{q_j \to \mathcal{E}\}$, где $q_j \in F$.

Лемма о разрастании регулярных языков

Если даны регулярный язык и достаточно длинная цепочка (с размером больше или равным n), принадлежащая ему, то в этой цепочке можно найти непустую подцепочку, которую можно повторить сколько угодно раз, и получившая в результате новая цепочка с повторениями будет соответствовать тому же языку.

Условия выполнения леммы:

1. Слово можно представить в виде z = uvw, где u, v, w- подцепочки слова z и $|z| \geq n$;
2. $|v| \geq 1$
3. $|uv| \leq n$, где $n = cardQ$
4. $uv^iw \in L, i \geq 0$

Для определения цепочек, данное слово нужно проверить на соответствие языку КА. В процессе проверки нужно следить за повторяющимися состояниями. Как только появляется первое повторившееся состояние, нужно отметить его. Остальные значения не имеют. Все символы, исключенные из слова до первого повторения, будут составлять подцепочку u. Символы, порождаемые повторяющимися состояниями - подцепочка v. Оставшиеся символы - подцепочка w.

В итоге: выполнение леммы указывает на то, что L(КА) содержит бесконечное количество цепочек и, а значит – на графе КА существует цикл.

Пример преобразования:

Есть недетерминированный конечный автомат КА:

КА = (Q, Σ, δ, q_0, F),

Q = {q_0, q_1, q_2},

Σ = {a, b, c}, F = {q_2}.

δ (q_0, a) = q_1, δ (q_1, c) = q_1 , δ (q_1, b) = q_2 ,

δ (q_2, a) = q_2, δ (q_0, a) = q_0 , δ (q_1, a) = q_0

Эквивалентный ДКА = $\{Q', \Sigma', \delta', q_0', F'\}$

1. $q_0' = q_0$
2. $\Sigma' = \Sigma$
3. $Q' = [q_0]$
4.

- $\delta(\{q_0\}, a) = \{q_0, q_1\}$; $Q' = Q' \cup [q_0, q_1] = \{[q_0], [q_0, q_1]\}$

  $\delta'([q_0], a) = [q_0, q_1]$
- $\delta(\{q_0\}, b) = \emptyset$;
- $\delta(\{q_0\}, c) = \emptyset$;
- $\delta(\{q_0, q_1\}, a) = \{q_0, q_1\} \cup \{q_0\} = \{q_0, q_1\}$;

  Q'не пополняется; $\delta'([q_0, q_1], a) = [q_0, q_1]$
- $\delta(\{q_0, q_1\}, b) = \{q_2\}$;

  $Q' = Q' \cup [q_2] = \{[q_0], [q_0, q_1]\} \cup [q_2] = \{[q_0], [q_0, q_1], [q_2]\}$;

  $\delta'([q_0, q_1], b) = [q_2]$
- $\delta(\{q_0, q_1\}, c) = [q_1]$;

  $Q' = Q' \cup [q_1] = \{[q_0], [q_0, q_1], [q_2]\} \cup [q_1] = \{[q_0], [q_0, q_1], [q_2], [q_1]\}$;

  $\delta'([q_0, q_1], c) = [q_1]$
- $\delta(\{q_2\}, a) = \{q_2\}$;

  Q'не пополняется; $\delta'([q_2], a) = [q_2]$
- $\delta(\{q_2\}, b) = \emptyset$;
- $\delta(\{q_2\}, c) = \emptyset$;
- $\delta(\{q_1\}, a) = \{q_0\}$; Q'не пополняется; $\delta'([q_1], a) = [q_0]$
- $\delta(\{q_1\}, b) = \{q_2\}$; Q'не пополняется; $\delta'([q_1], b) = [q_2]$
- $\delta(\{q_1\}, c) = \{q_1\}$; Q'не пополняется; $\delta'([q_1], c) = [q_1]$

В итоге получилось следующее:

$q_0{}' = q_0$

Σ = {a, b, c}

$Q' = \{[q_0], [q_0, q_1], [q_2], [q_1]\}$

$\delta'([q_0], a) = [q_0, q_1]$, $\delta'([q_2], a) = [q_2]$,

$\delta'([q_0, q_1], a) = [q_0, q_1]$, $\delta'([q_1], a) = [q_0]$,

$\delta'([q_0, q_1], b) = [q_2]$, $\delta'([q_1], b) = [q_2]$,

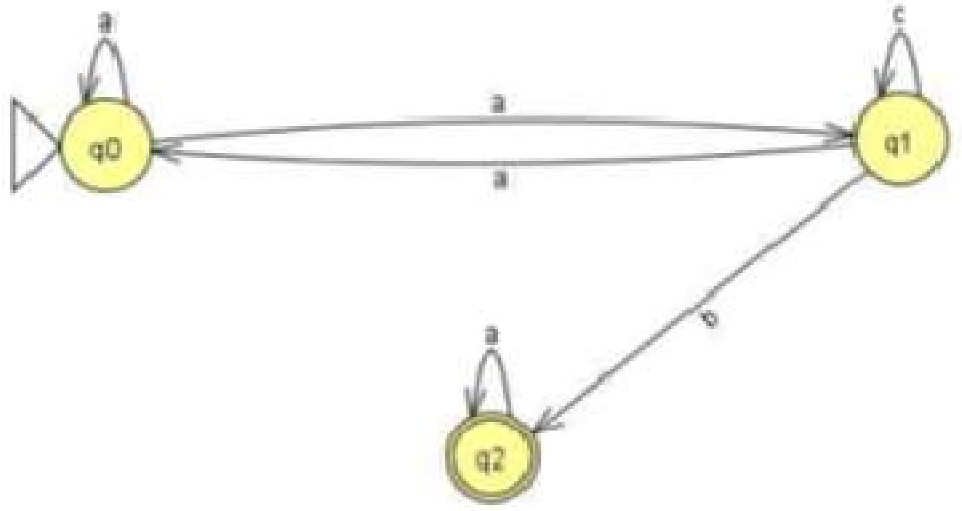
$\delta'([q_0, q_1], c) = [q_1]$, $\delta'([q_1], c) = [q_1]$

$F' = \{[q_2]\}$

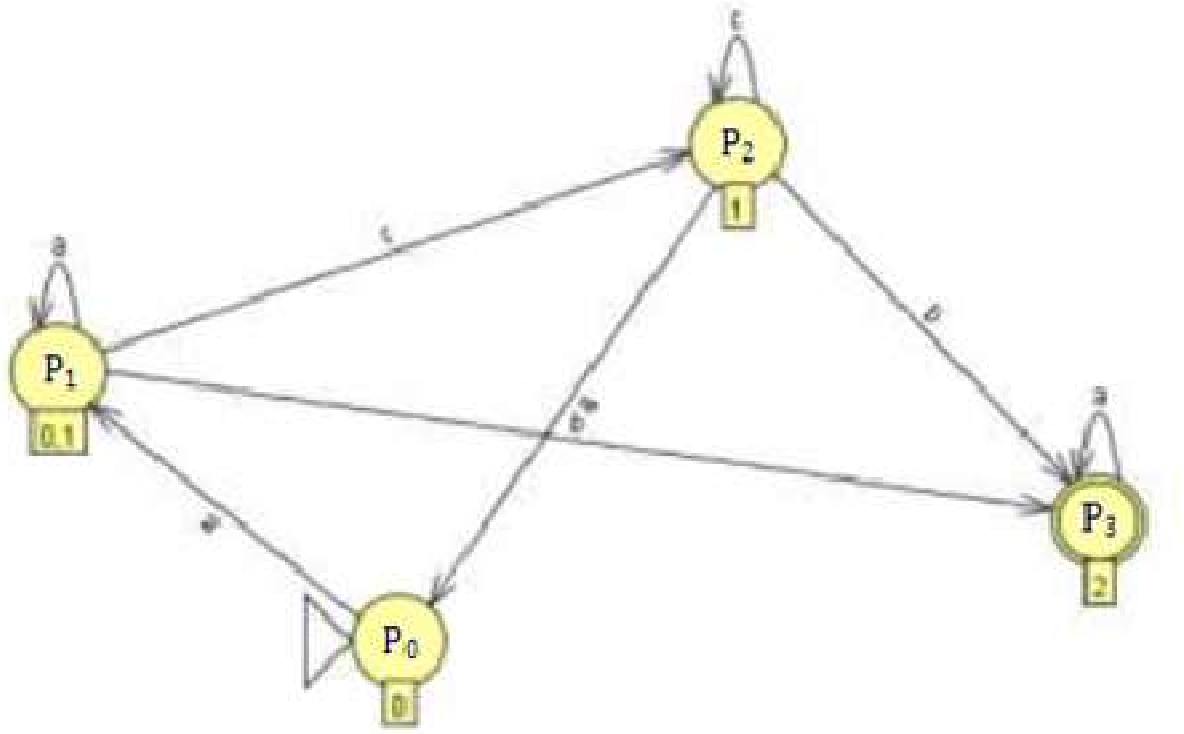
Для удобства при таком преобразовании составляют подобную таблицу, постепенно заполняя её.

Q'		Состояние перехода						
		a		b		c		ε
P_0	**$[q_0]$**	P_1	$[q_0, q_1]$	∅	∅	∅	∅	
P_1	**$[q_0, q_1]$**	P_1	$[q_0, q_1]$	P_2	$[q_2]$	P_3	$[q_1]$	
P_2	**$[q_2]$**	P_2	$[q_2]$	∅	∅	∅	∅	Допуск
P_3	**$[q_1]$**	P_0	$[q_0]$	P_2	$[q_2]$	P_3	$[q_1]$	

Графы, построенные по конечным автоматам:



Граф КА



Граф ДКА (под узлами графа подписаны индексы состояний из графа КА)

Для доказательства эквивалентности автоматов нужно составить цепочку, принадлежащую языку КА, и проверить её на допуск ДКА.

Пример построения грамматики по КА:

Есть недетерминированный конечный автомат КА:

КА = (Q, Σ, δ, q_0, F),

Q = {q_0, q_1, q_2},

Σ = {a, b, c}, F = {q_2}.

δ (q_0, a) = q_1, δ (q_1, c) = q_1 , δ (q_1, b) = q_2 ,

δ (q_2, a) = q_2, δ (q_0, a) = q_0 , δ (q_1, a) = q_0

Тогда, эквивалентная грамматика G=(V_N, V_T, P, S)

1. $V_N \coloneqq Q$;

2. $V_T \coloneqq \sum$;

3. $S \coloneqq q_0$;

4. $P := \emptyset$;

Для правила δ(q_0, a) = {q_0, q_1} выполняются следующие действия:

$P = P \cup \{q_0 \to aq_0, q_0 \to aq_1\} = \emptyset \cup \{q_0 \to aq_0, q_0 \to aq_1\}$

Для правила δ(q_1, c) = {q_1 }:

$$P = P \cup \{q_1 \to cq_1\} = \{q_0 \to aq_0, q_0 \to aq_1\} \cup \{q_1 \to cq_1\} =$$

$$= \{q_0 \to aq_0, q_0 \to aq_1, q_1 \to cq_1\}.$$

Аналогично для всех остальных правил:

$P = P \cup \{q_1 \to bq_2\} = \{q_0 \to aq_0, q_0 \to aq_1, q_1 \to cq_1, q_1 \to bq_2\}$

$P = P \cup \{q_2 \to aq_2\} = \{q_0 \to aq_0, q_0 \to aq_1, q_1 \to cq_1, q_1 \to bq_2, q_2 \to aq_2\}$

$P = P \cup \{q_1 \to aq_0\} = \{q_0 \to aq_0, q_0 \to aq_1, q_1 \to cq_1, q_1 \to bq_2, q_2 \to aq_2, q_1 \to aq_0\}$

Для терминального символа q_2 записывается правило $q_2 \to \mathcal{E}$. Таким образом множество правил получится следующим:

P: {$q_0 \to aq_0$

$q_0 \to aq_1$

$q_1 \to cq_1$

$q_1 \to bq_2$

$q_2 \to aq_2$

$q_1 \to aq_0$

$q_2 \to \mathcal{E}$}

Для доказательства эквивалентности грамматики и КА, по правилам грамматики составляется цепочка и проверяется на допуск КА.

Пример леммы о разрастании:

Дана цепочка z= acaaba;

|z| = 6 > card Q', card Q' = 4

([$\boldsymbol{q_0}$], acaaba) |— ([q_0, q_1], caaba) |— ([q_1], aaba) |— ([$\boldsymbol{q_0}$], aba) |— ([q_0, q_1], ba) |—

|— ([q_2], a) - ([q_2], ξ)

Слово принадлежит ДКА z = ∈ L(ДКА)

Первым повторяется состояние [q_0], следовательно:

1. $u = \emptyset$; $v = aca$; $w = aba$;
2. $|v| \geq 1$
3. $|uv| \leq card\ Q'$
4. При $i = 0$ $z_0 = \mathrm{u}\ \mathrm{v}^0\ \mathrm{w} = uw = \in$ L(ДКА)

   $z_0 = uv = aba \in L$(КА)

   При $i = 2$ $z_2 = \mathrm{u}\ \mathrm{v}^2\ \mathrm{w} \in$ L(ДКА)

   $z_2 = uvvw = acaacaaba \in L$(ДКА) = L(КА)

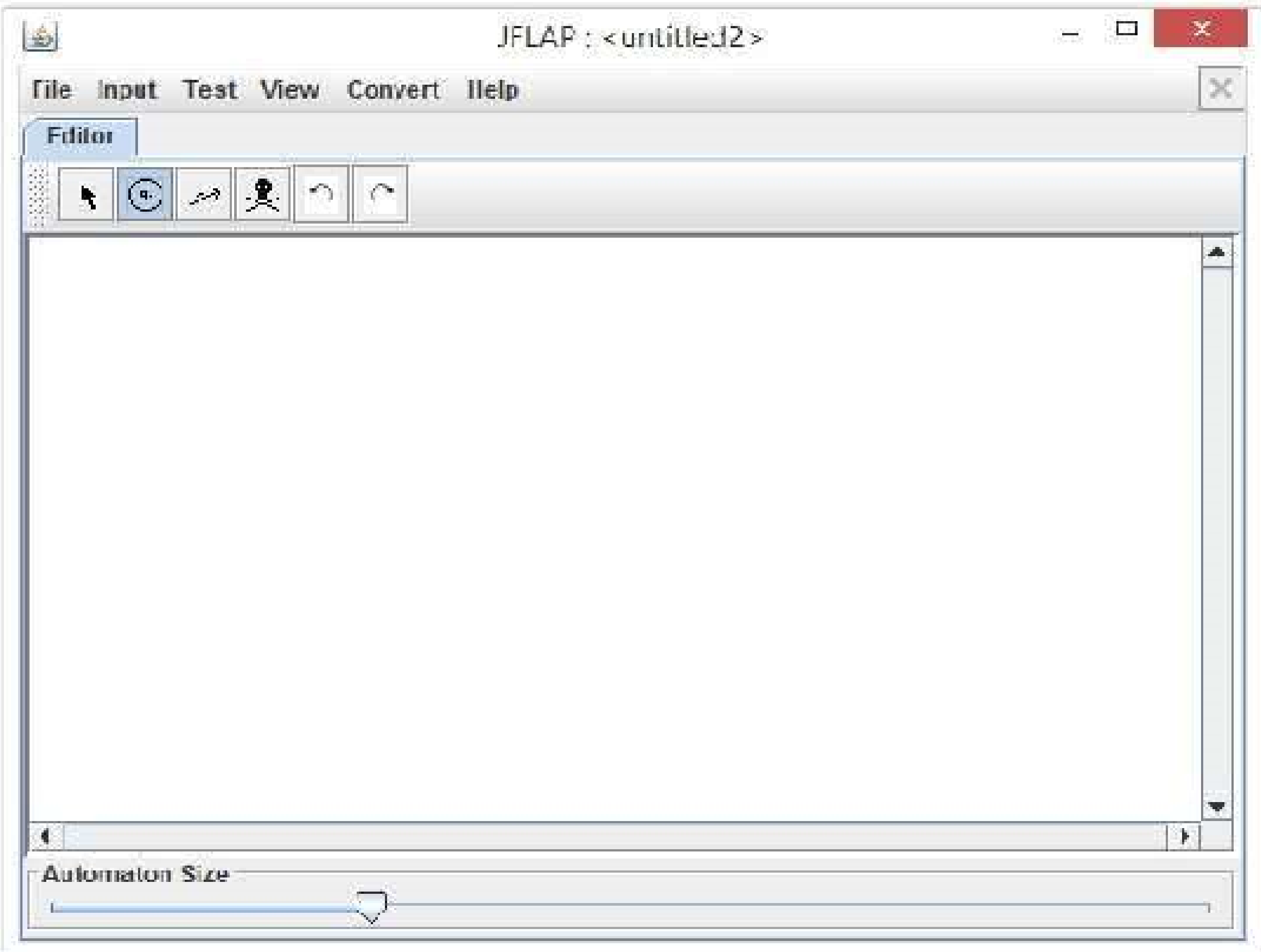
   По индукции доказываем принадлежность языку КА при i = 0 и i =2, как и для i =1 (то есть – просто слово z).

Результат: Условия леммы о разрастании выполняется, и данный регулярный язык является бесконечным L(КА) = {$a^+c^*ba^*$}.

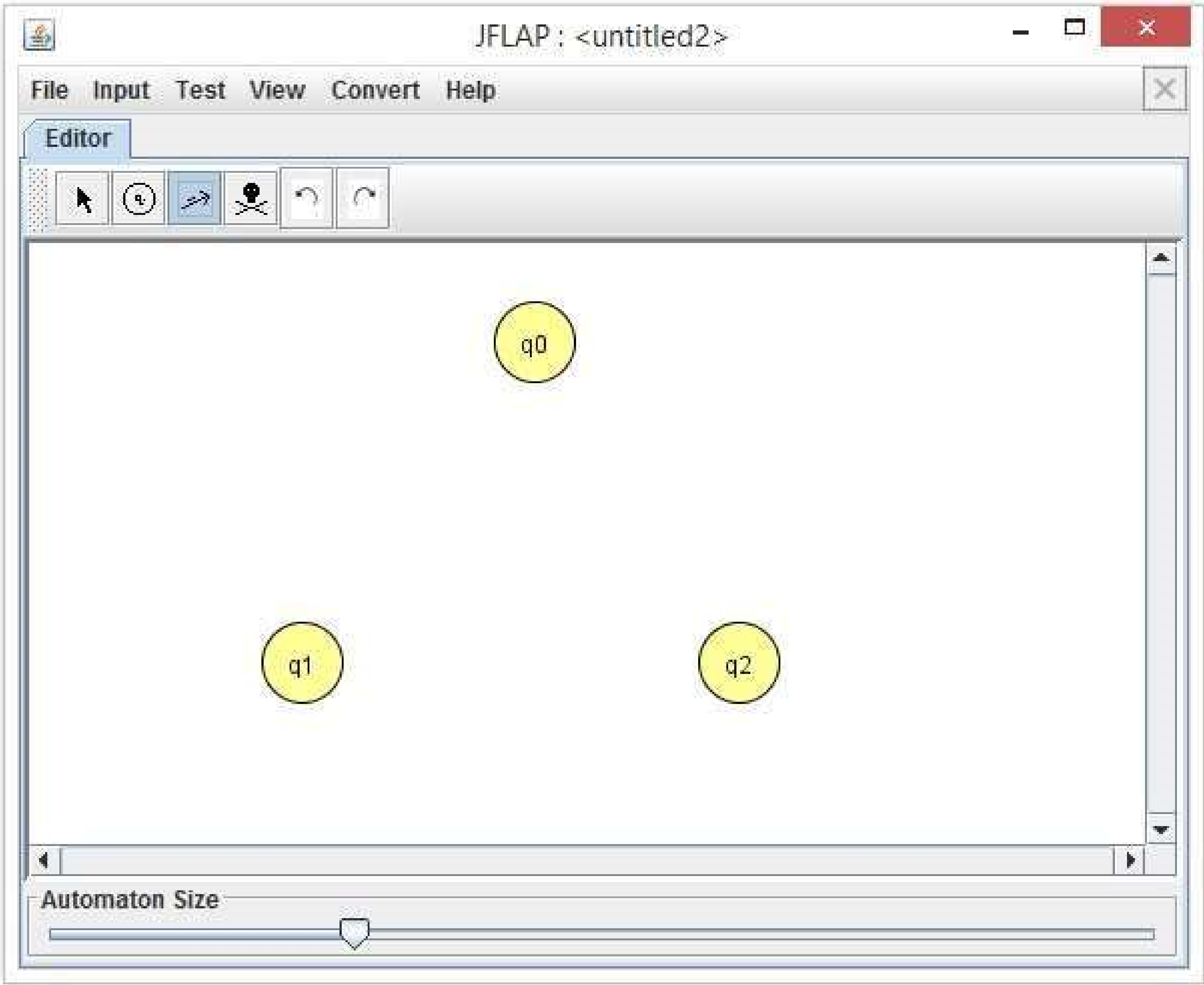
Работа в JFLAP

В главном меню – пункт Finite Automaton.

Далее необходимо добавить существующие состояния (множество Q). В наборе кнопок управления графом нужная кнопка – вторая (State Creator).



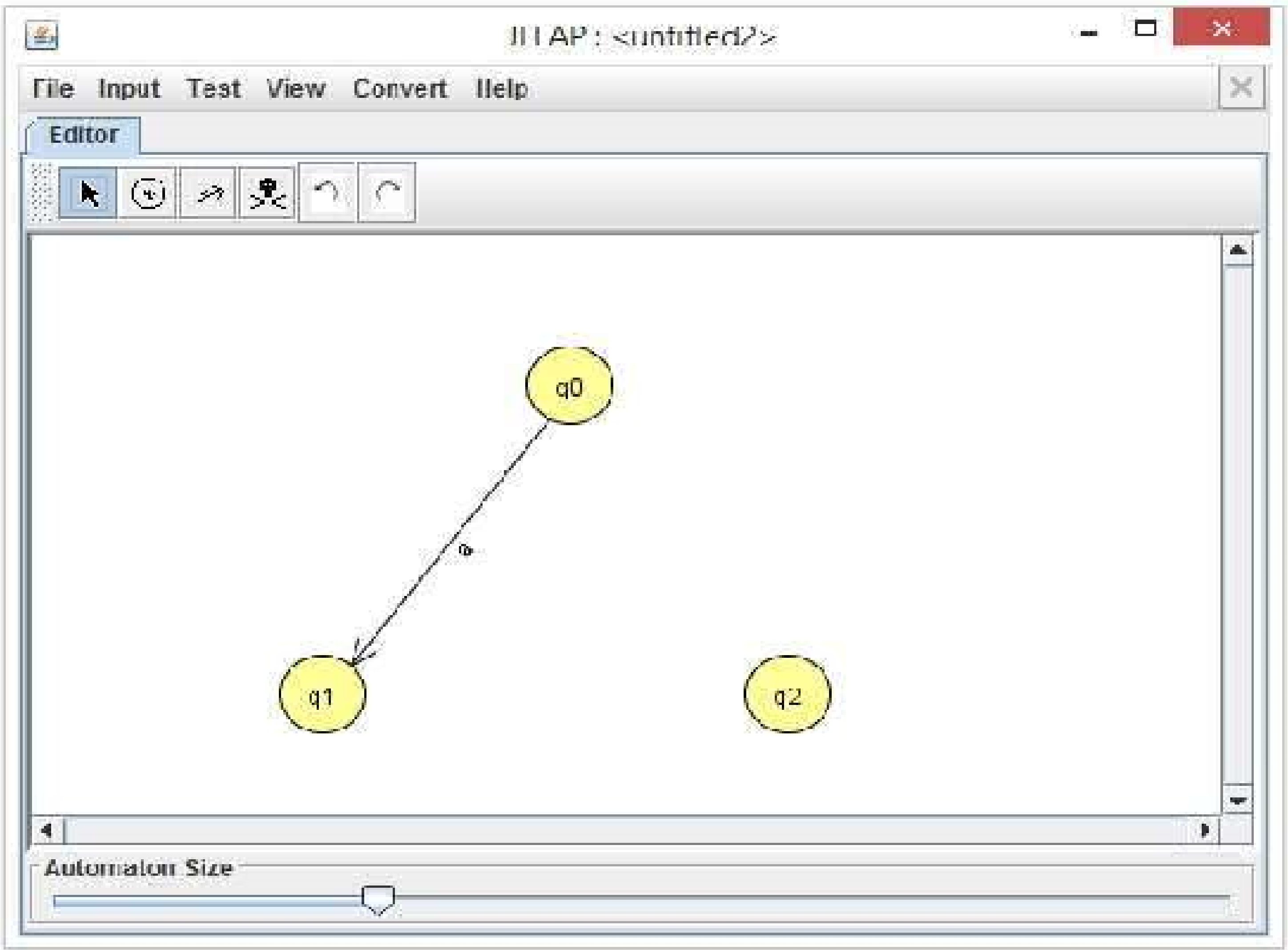
По левому или правому клику в области, предназначенной для графа, будет создаваться новая вершина. В данном случае есть три состояния графа, потому были созданы три вершины.



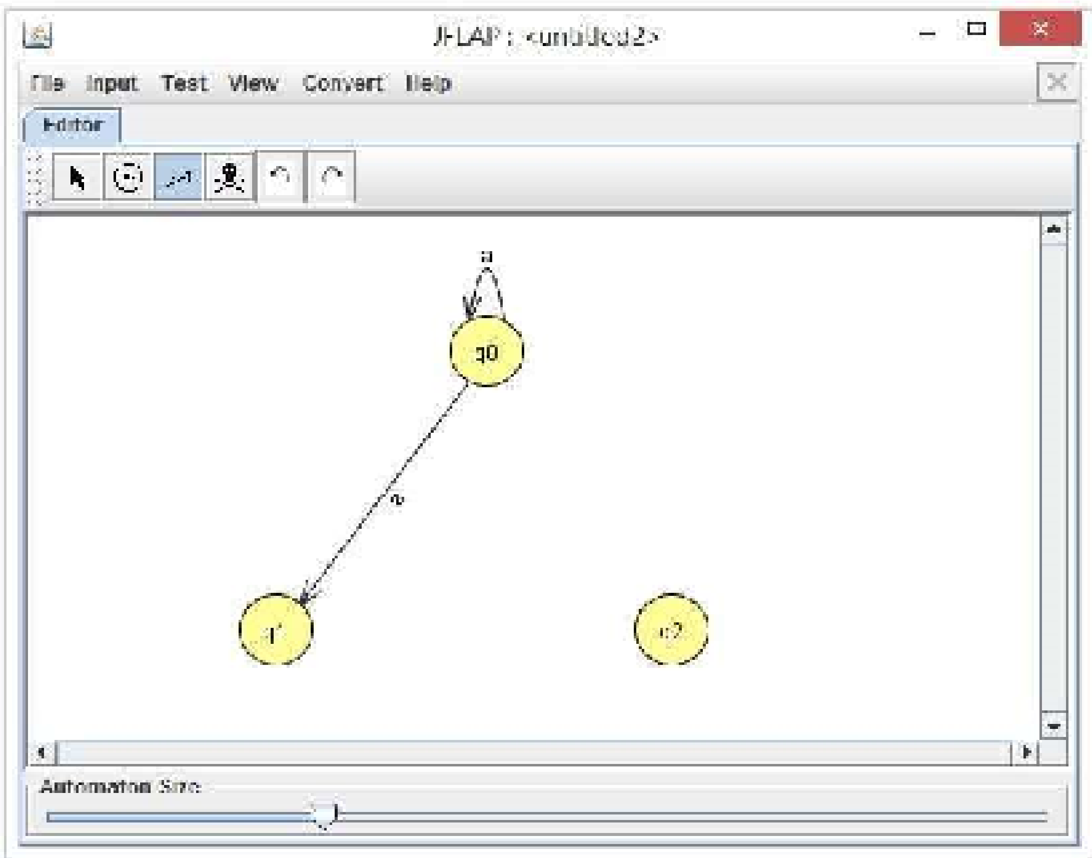
Для удаления вершины есть кнопка Deleter, четвёртая по счёту. Удаляется так же, по правому или левому клику.

Перетаскивать вершины можно в стандартном режиме, это первая кнопка. Перетаскиваются по принципу ярлыков на рабочем столе, то есть – зажать левую кнопку мыши, перетащить в нужное место, отпустить кнопку.

Теперь нужно связать созданные вершины функциями перехода. Для этого используется третья кнопка.



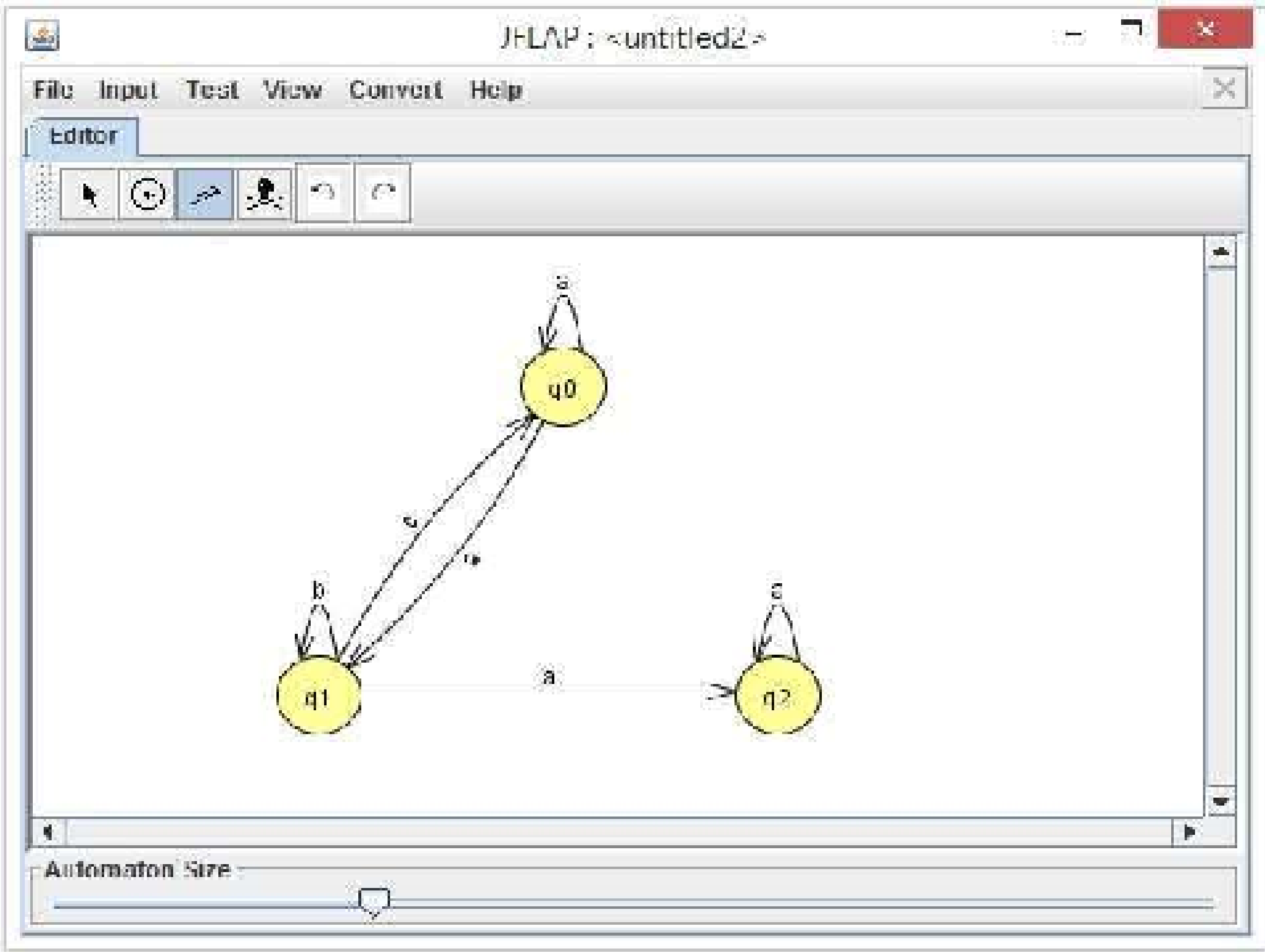
Теперь нужно протянуть линию от текущего в следующее состояние. Появится окошко, куда с клавиатуры вводится символ, по которому осуществляется переход. Для завершения ввода – нажать Enter.



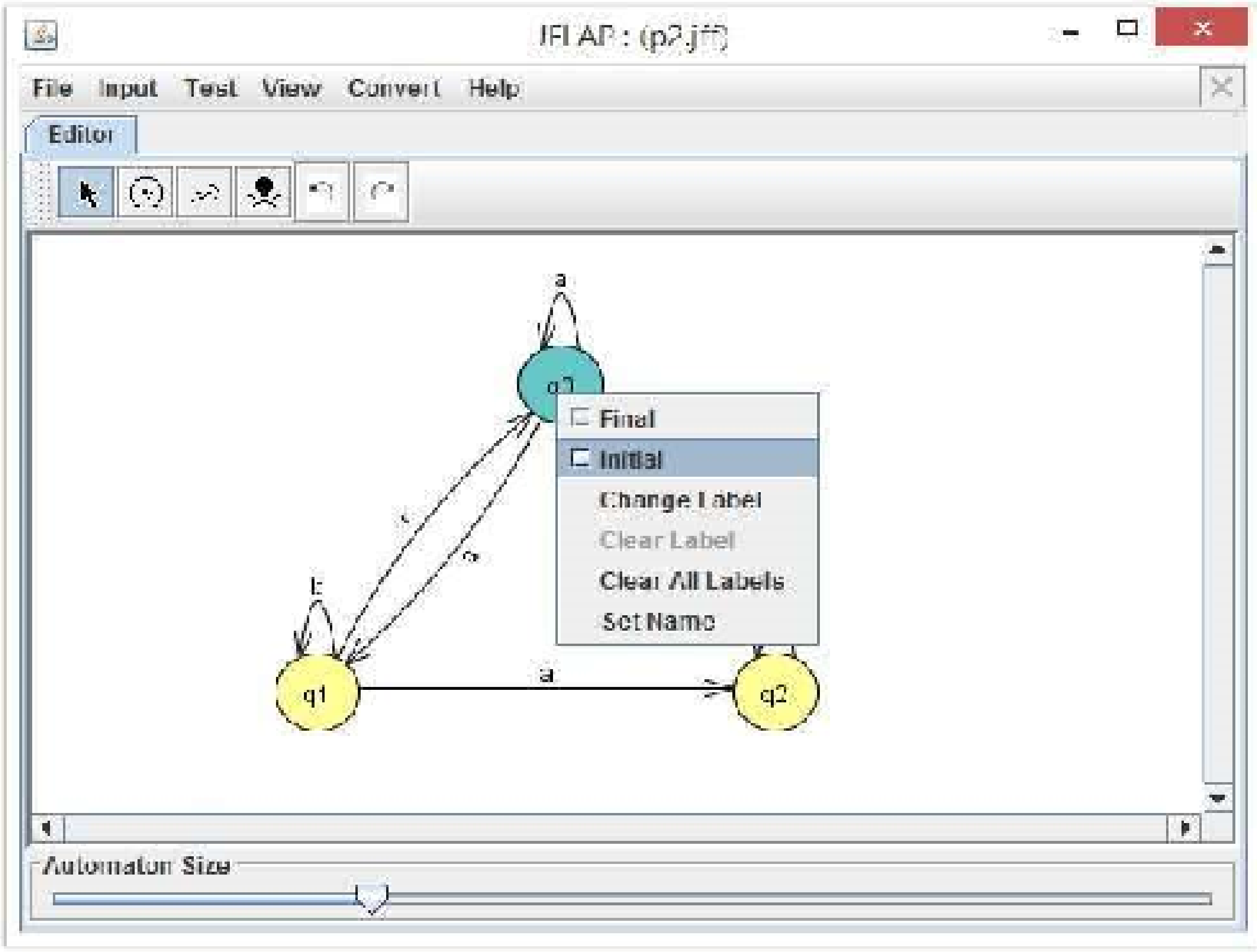
Чтобы сделать «петлю», нужно просто нажать на вершину, и никуда не тянуть курсор.

Кстати, Deleter так же работает и для рёбер графа.

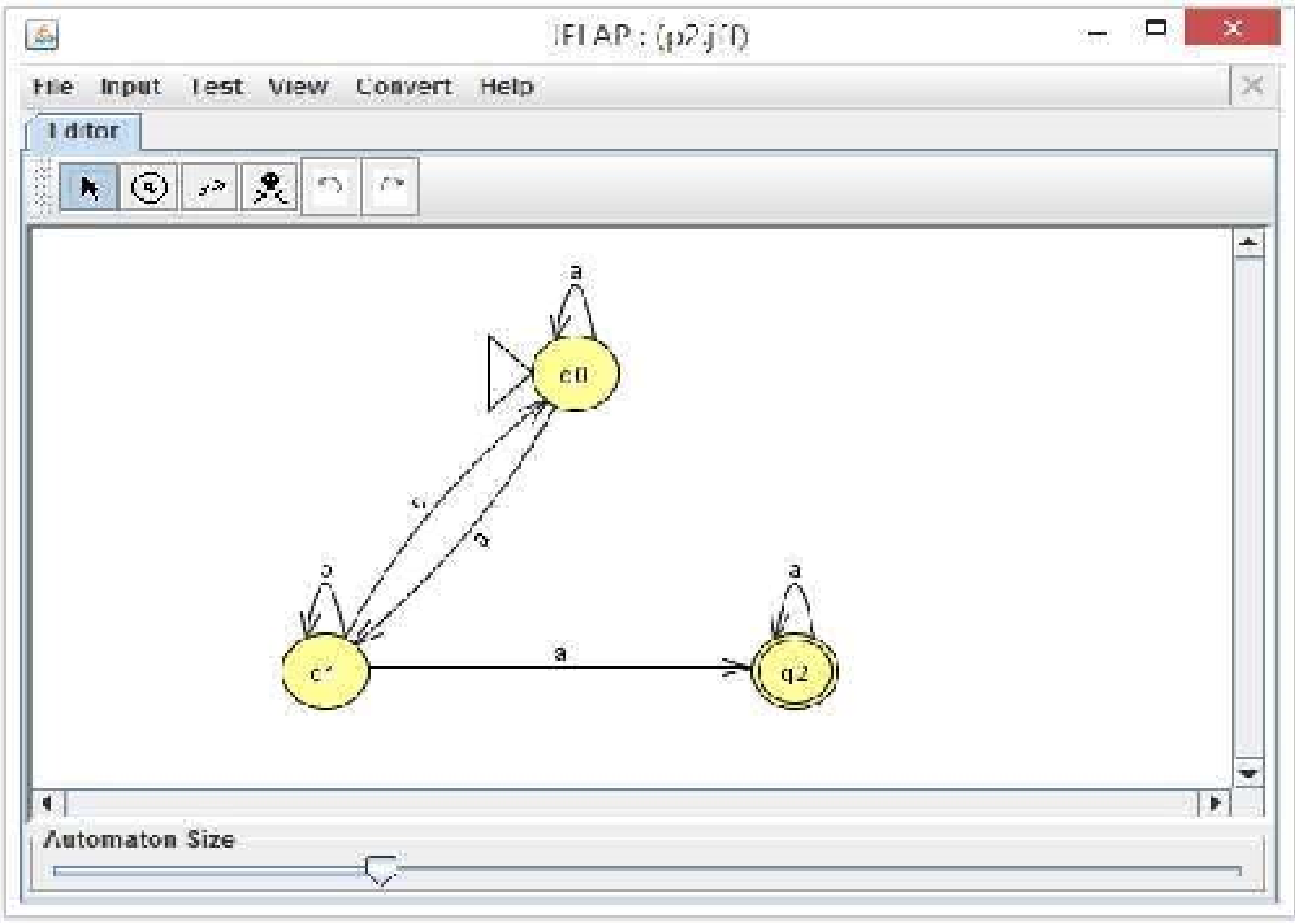
Получился такой вид КА:



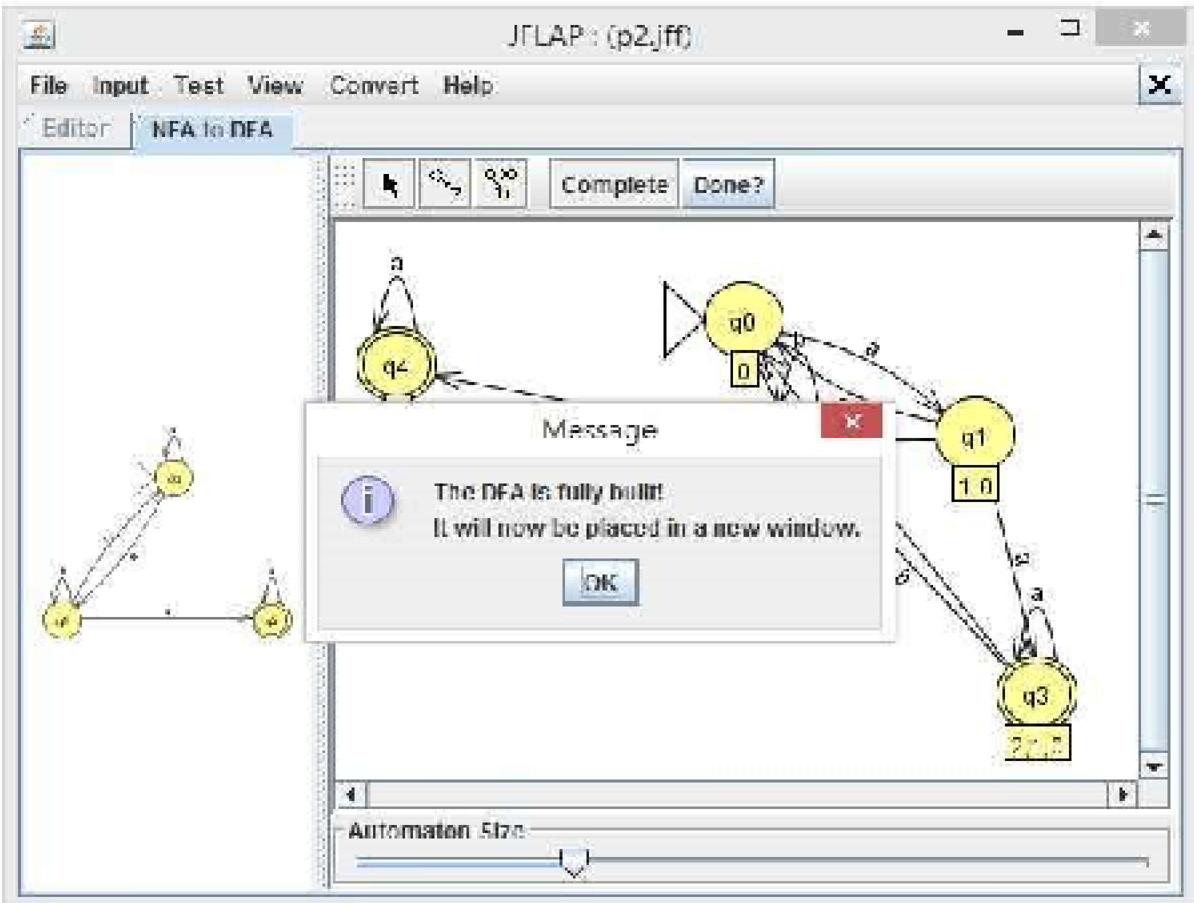
Теперь необходимо обозначить начальные и конечные состояния КА. Для этого, в стандартно режиме (первая кнопка) нужно нажать правой кнопкой мыши на нужную вершину, и отметить, это начальное (Initial) или конечное (Final) состояние.



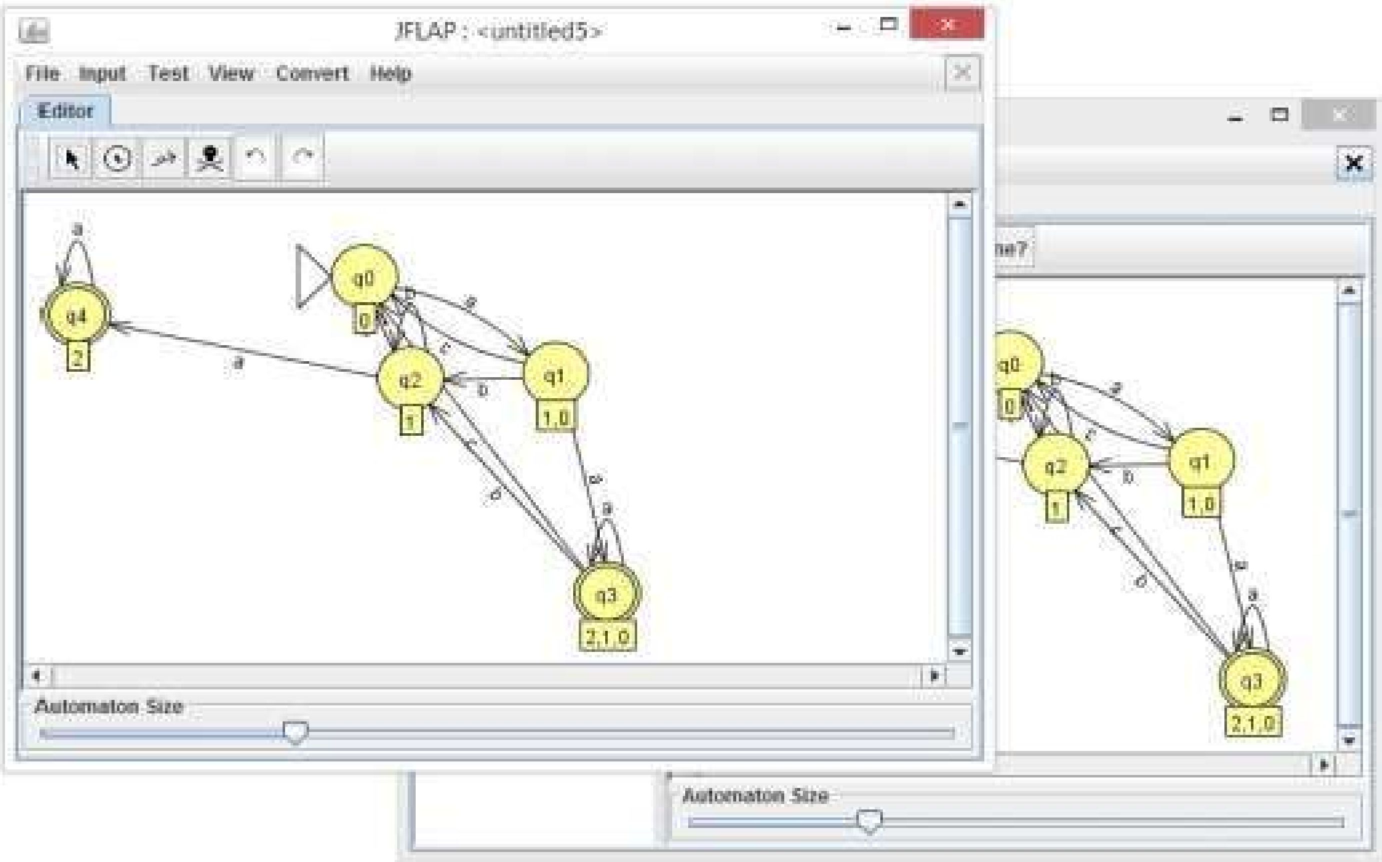
Конечный вид КА, который получился в итоге:



Теперь этот недетерминированный конечный автомат можно сконвертировать в детерминированный. Для этого есть функция в меню “Convert” -> “Convert to DFA”. Тут нужно нажать кнопку “Complete”, после чего должен построиться ДКА. Теперь можно нажать кнопку “Done?”. Если конвертирование прошло успешно, появится всплывающее окно с надписью “The DFA is fully built!”, что сообщает об успешности операции.



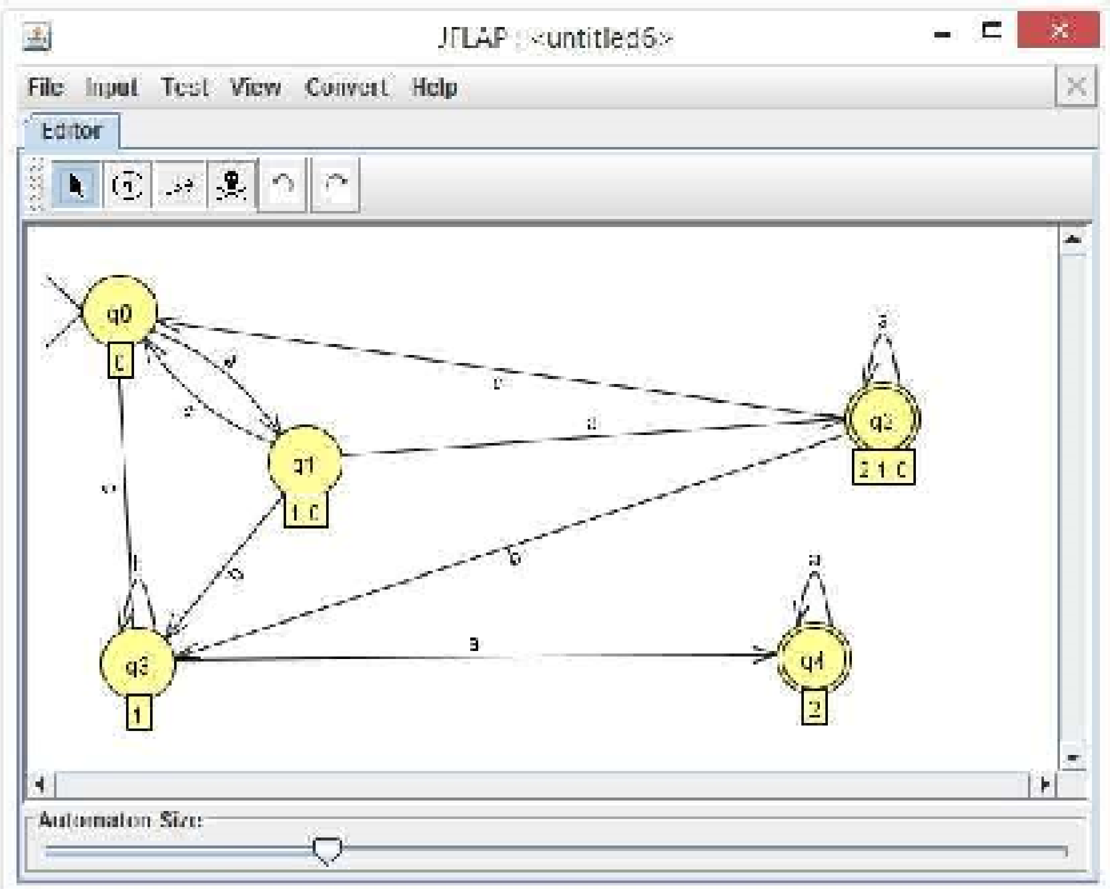
После нажатия “ОК” – ДКА откроется в новом окне.



Если построение ДКА не было завершено, во всплывающем окне появится сообщение: “The DFA has not been completed.”. В этом случае нужно нажать “OK”, и ещё раз нажать кнопку “Complete”, после чего снова нажать “Done?”.

Обычно, автоматически построенный граф ДКА получается трудночитаемым. В стандартном режиме (первая кнопка) можно разместить вершины удобным способом.

Например, так:

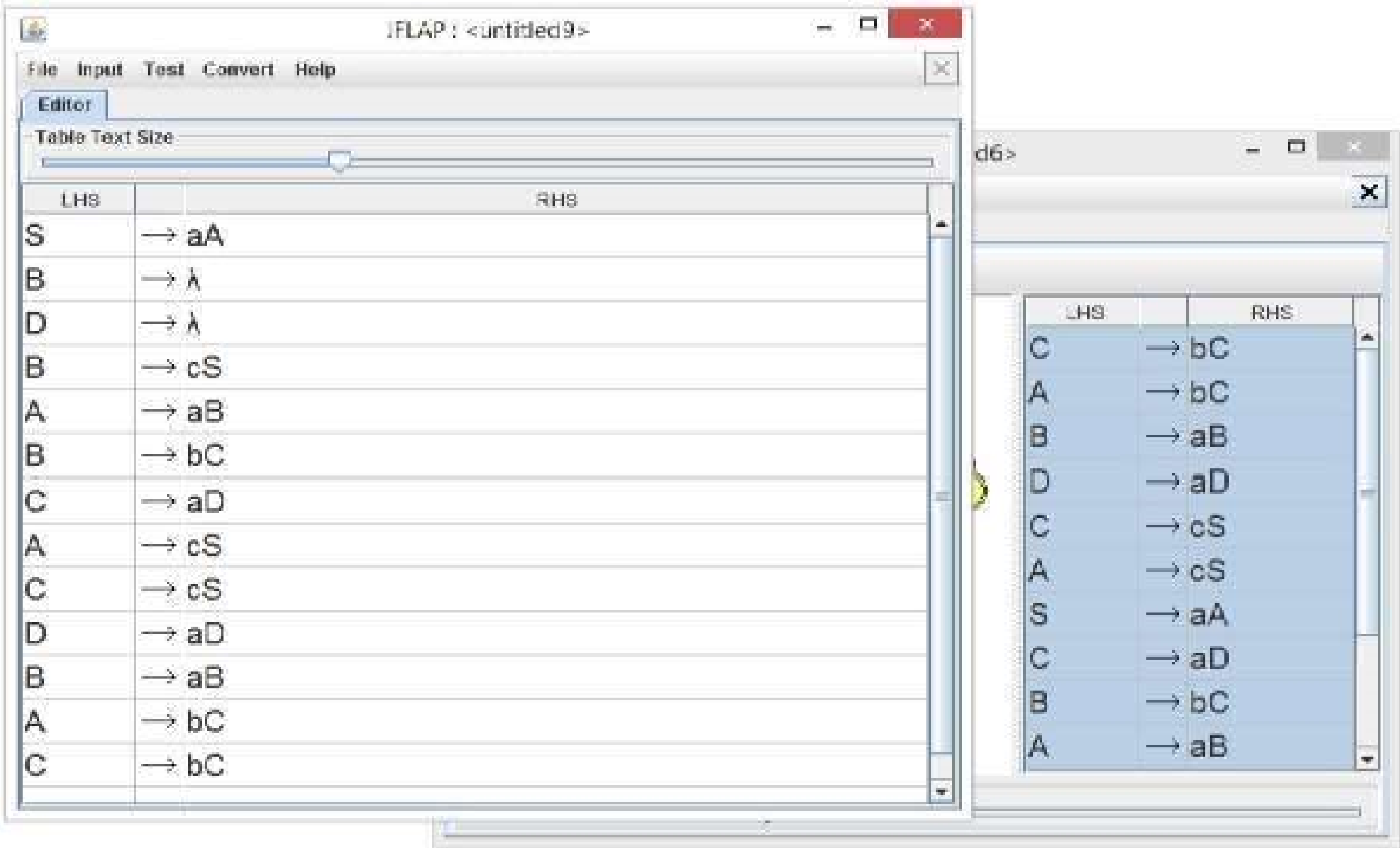


Теперь можно преобразовать полученный конечный автомат в регулярную грамматику. Для этого есть функция в меню “Convert” -> “Convert to Grammar”.

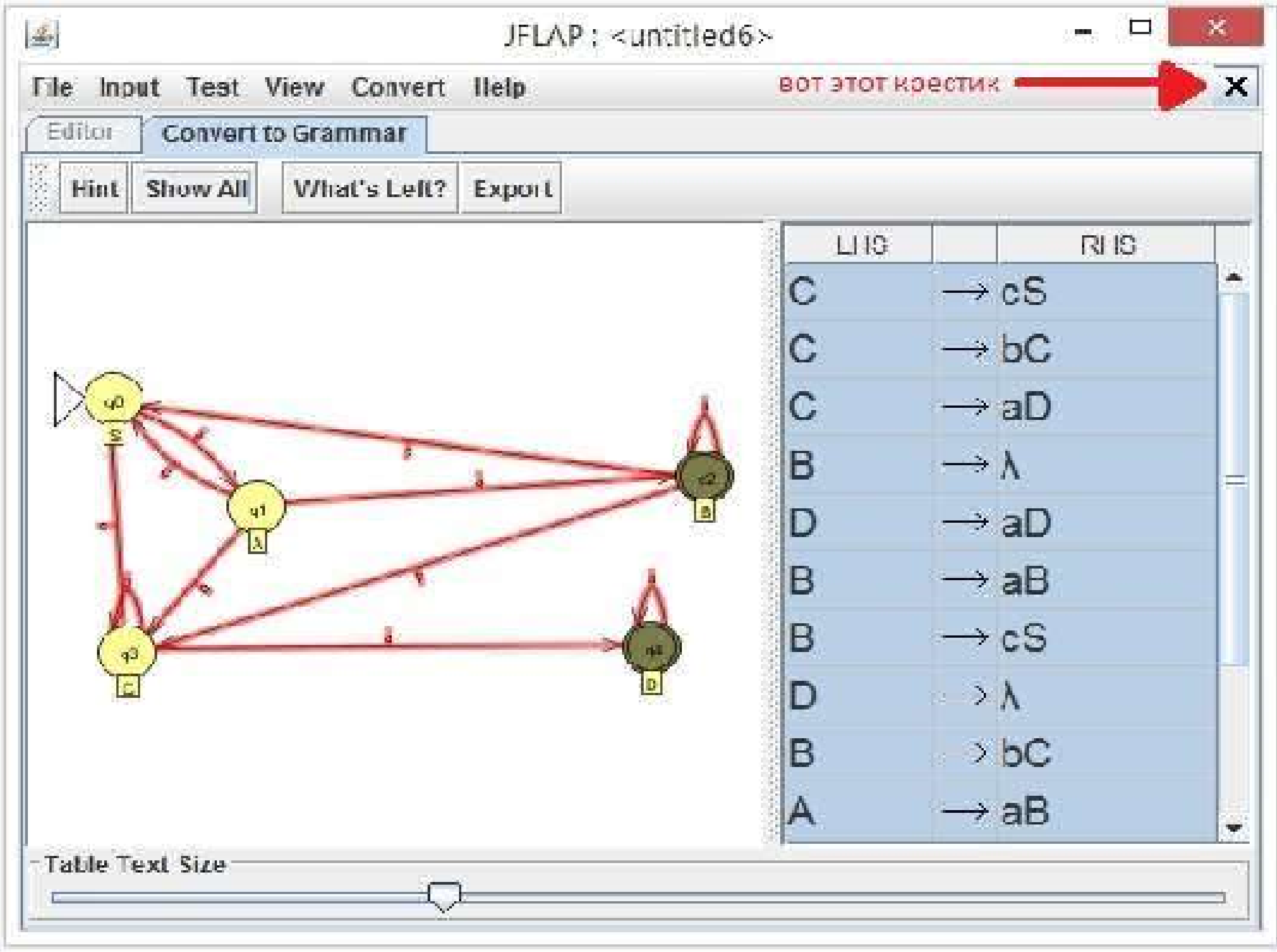
После этого, если нажать кнопку “Show All” – в правой части окна появится список правил.

«λ» в западной литературе – пустой символ, в российской литературе обозначается как **«ε»**.

Для полноценной работы с построенной грамматикой, после нажатия “Show All” нужно нажать кнопку “Export”. Правила грамматики откроются в новом окне.

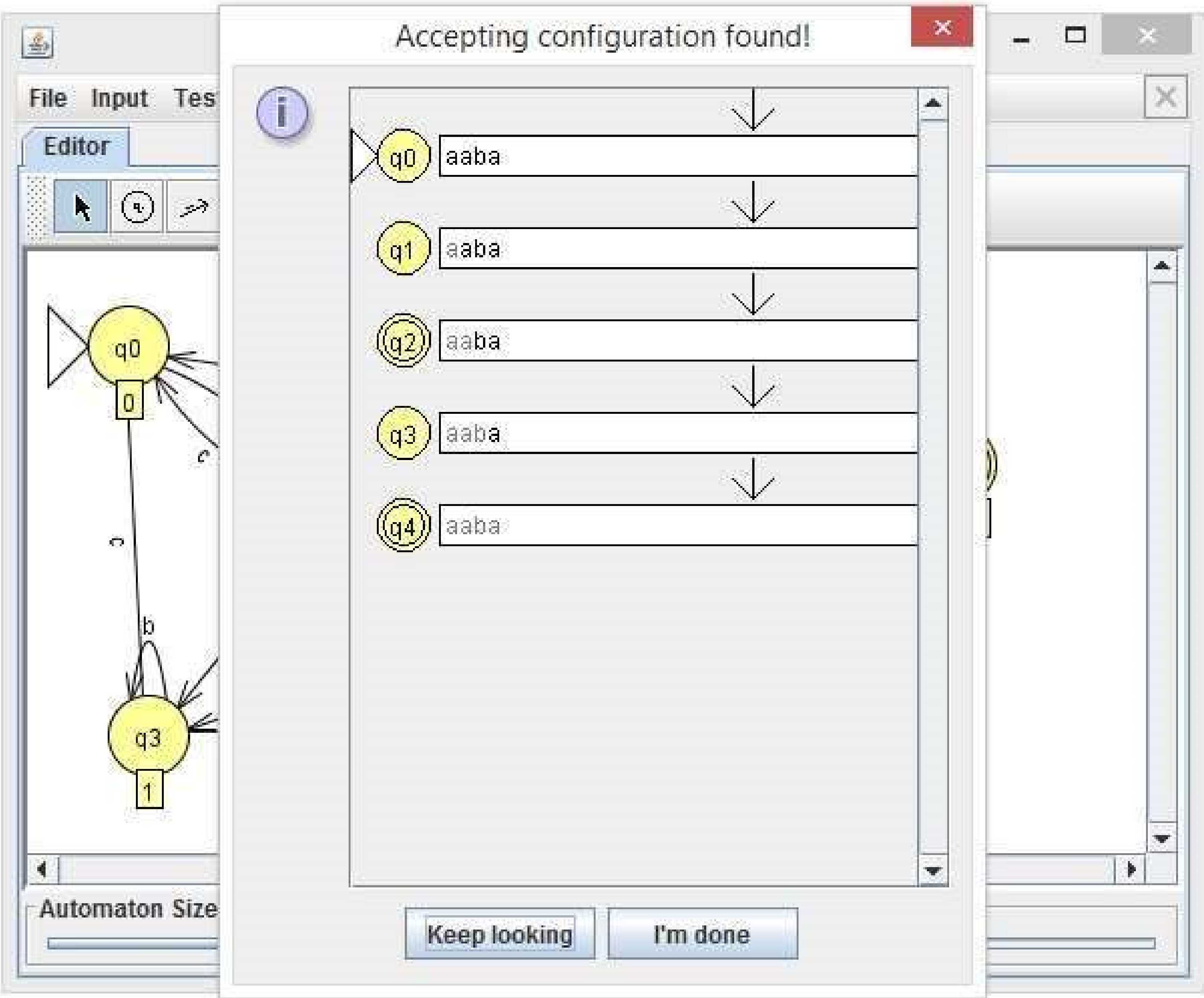


После конвертирования ДКА в грамматику, для продолжения работы с ДКА, вкладку с конвертированием нужно закрыть, нажав на крестик (x) в верхнем правом углу.



Проверка цепочки на принадлежность КА выполняется аналогично регулярной грамматике – “Input” – “Fast Run”, и в открывшемся окне вводится слово, подлежащее проверке. Допустим, “aaba”.

Заголовок окна гласит: “Accepting configuration found”, что означает существование допускающей конфигурации КА. Для закрытия окна – кнопка “I’m done”.



Задание:

1. Представить заданный конечный автомат в виде графа.
2. Является ли данный конечный автомат детерминированным?
3. Если конечный автомат является недетерминированным, построить эквивалентный ему конечный детерминированный автомат.
4. Построить регулярную грамматику эквивалентную данному конечному автомату.
5. Придумать цепочку на основе алфавита Σ, по виду которой можно сказать, что она не подходит под общий вид цепочек, допускаемых данным конечным автоматом (следовательно, не допускается данным конечным автоматом). Попытайтесь для этой цепочки написать последовательность

конфигураций $(q_0, x) \vdash (q_{i1}, x_1) \vdash (q_{i2}, x_2) \vdash \ldots \vdash (q_f, \varepsilon)$, где $q_f \in F$, чтобы убедиться, что автомат не допускает цепочку.

6. Для заданного конечного автомата КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$ построить 5 цепочек, допускаемых этим автоматом. Длина цепочки должна быть не меньше, чем количество состояний во множестве Q плюс 2.
7. Написать общий вид цепочек, допускаемых данным конечным автоматом.
8. Для каждой построенной цепочки «x» написать последовательность конфигураций такую, что $(q_0, x) \vdash (q_{i1}, x_1) \vdash (q_{i2}, x_2) \vdash \ldots \vdash (q_f, \varepsilon)$, где $q_f \in F$.
9. Для каждой из 5 построенных цепочек построить представление z = uvw, удовлетворяющее свойствам леммы о разрастании.
10. Проверить результаты выполнения предыдущих пунктов в **JFLAP.**

Вариант № 1

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, c, b\}$, $F = \{q_2\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, c) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_2, b) = q_3$,
$\delta\ (q_3, a) = q_1$.

Вариант № 2

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_4\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_1, b) = q_3$,
$\delta\ (q_2, c) = q_3$,
$\delta\ (q_3, a) = q_3$,
$\delta\ (q_3, b) = q_4$.

Вариант № 3

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_4\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_1$,
$\delta\ (q_1, a) = q_2$,
$\delta\ (q_2, b) = q_2$,
$\delta\ (q_2, b) = q_3$,
$\delta\ (q_3, b) = q_4$,
$\delta\ (q_3, a) = q_1$

Вариант № 4

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_0, a) = q_2$,
$\delta\ (q_1, b) = q_1$,
$\delta\ (q_1, a) = q_2$,
$\delta\ (q_2, a) = q_1$,
$\delta\ (q_2, b) = q_3$

Вариант № 5

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_0, b) = q_0$,
$\delta\ (q_1, a) = q_2$,
$\delta\ (q_1, a) = q_3$,
$\delta\ (q_2, a) = q_3$,
$\delta\ (q_2, b) = q_0$.

Вариант № 6

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_4\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_2, b) = q_3$,
$\delta\ (q_3, a) = q_1$,
$\delta\ (q_2, a) = q_4$

Вариант № 7

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta(q_0, a) = q_1$,
$\delta(q_1, b) = q_2$,
$\delta(q_2, b) = q_3$,
$\delta(q_3, a) = q_1$,
$\delta(q_2, b) = q_2$,
$\delta(q_1, a) = q_1$.

Вариант № 8

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta(q_0, a) = q_1$,
$\delta(q_1, b) = q_2$,
$\delta(q_2, b) = q_0$,
$\delta(q_3, a) = q_4$,
$\delta(q_4, a) = q_0$,
$\delta(q_2, a) = q_3$,
$\delta(q_1, b) = q_1$.

Вариант № 9

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_4\}$.
$\delta(q_0, a) = q_1$,
$\delta(q_1, b) = q_2$,
$\delta(q_2, c) = q_0$,
$\delta(q_1, b) = q_3$,
$\delta(q_3, a) = q_4$,
$\delta(q_3, b = q_0$.

Вариант № 10

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta(q_0, a) = q_1$,
$\delta(q_1, b) = q_2$,
$\delta(q_2, c) = q_3$,
$\delta(q_3, a) = q_1$,
$\delta(q_1, b) = q_1$,
$\delta(q_0, b) = q_2$.

Вариант № 11

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta(q_0, a) = q_1$,
$\delta(q_1, b) = q_2$,
$\delta(q_2, c) = q_0$,
$\delta(q_1, a) = q_3$,
$\delta(q_0, b) = q_2$,
$\delta(q_2, c) = q_3$.

Вариант № 12

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_2\}$.
$\delta(q_0, b) = q_0$,
$\delta(q_0, a) = q_1$,
$\delta(q_1, c) = q_1$,
$\delta(q_1, a) = q_2$,
$\delta(q_3, a) = q_1$,
$\delta(q_3, a) = q_3$,
$\delta(q_2, a) = q_3$.

Вариант № 13

КА = (Q, $\sum$, δ, q_0, F),
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_0, b) = q_1$,
$\delta\ (q_1, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, a) = q_2$,
$\delta\ (q_1, b) = q_3$,
$\delta\ (q_2, a) = q_2$,
$\delta\ (q_2, b) = q_3$.

Вариант № 14

КА (Q, $\sum$, δ, q_0, F),
$Q = \{q_0, q_1, q_2\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_2\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_0, b) = q_1$,
$\delta\ (q_1, c) = q_1$,
$\delta\ (q_1, c) = q_2$,
$\delta\ (q_2, a) = q_0$,
$\delta\ (q_1, a) = q_1$

Вариант № 15

КА = (Q, $\sum$, δ, q_0, F),
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_2, a) = q_2$,
$\delta\ (q_2, b) = q_3$,
$\delta\ (q_2, c) = q_0$.

Вариант № 16

КА (Q, $\sum$, δ, q_0, F),
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_2, a) = q_2$,
$\delta\ (q_2, b) = q_3$,
$\delta\ (q_0, b) = q_0$

Вариант № 17

КА (Q, $\sum$, δ, q_0, F),
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_1$,
$\delta\ (q_2, b) = q_3$,
$\delta\ (q_1, a) = q_2$,
$\delta\ (q_2, a) = q_0$.

Вариант № 17

КА (Q, $\sum$, δ, q_0, F),
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_1$,
$\delta\ (q_2, b) = q_3$,
$\delta\ (q_1, a) = q_2$,
$\delta\ (q_2, a) = q_0$.

Вариант № 18

$KA = (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_2, a) = q_2$,
$\delta\ (q_3, a) = q_3$,
$\delta\ (q_2, b) = q_3$.

Вариант № 19

$KA = (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_2\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_0, b) = q_0$,
$\delta\ (q_1, b) = q_1$,
$\delta\ (q_2, b) = q_2$.

Вариант № 20

$KA = (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_2, a) = q_2$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_2, c) = q_3$,
$\delta\ (q_3, c) = q_3$.

Вариант № 21

$KA = (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_2, c) = q_3$,
$\delta\ (q_3, c) = q_3$,
$\delta\ (q_2, a) = q_2$.

Вариант № 22

$KA = (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_2\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_1, b) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_0, b) = q_1$,
$\delta\ (q_1, a) = q_0$,
$\delta\ (q_2, b) = q_1$.

Вариант № 23

$KA = (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_2\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_0, b) = q_0$,
$\delta\ (q_2, b) = q_2$,
$\delta\ (q_1, a) = q_0$.

Вариант № 24

$KA = (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_2\}$.
$\delta(q_0, b) = q_0$,
$\delta(q_0, b) = q_1$,
$\delta(q_1, b) = q_2$,
$\delta(q_0, a) = q_0$,
$\delta(q_2, a) = q_2$,
$\delta(q_1, a) = q_1$.

Вариант *№ 25*

$KA= (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_2\}$.
$\delta(q_0, a) = q_0$,
$\delta(q_0, a) = q_1$,
$\delta(q_1, a) = q_2$,
$\delta(q_1, b) = q_1$,
$\delta(q_2, a) = q_3$,
$\delta(q_3, a) = q_1$.

Вариант № 26

$KA = (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta(q_0, a) = q_1$,
$\delta(q_1, b) = q_1$,
$\delta(q_1, a) = q_2$,
$\delta(q_0, a) = q_0$,
$\delta(q_2, c) = q_3$,
$\delta(q_3, c) = q_3$

Вариант № 27

$KA = (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta(q_0, a) = q_1$,
$\delta(q_1, b) = q_2$,
$\delta(q_1, a) = q_3$,
$\delta(q_0, b) = q_2$,
$\delta(q_2, b) = q_3$,
$\delta(q_1, a) = q_1$.

Вариант № 28

$KA = (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_3\}$.
$\delta(q_0, a) = q_0$,
$\delta(q_0, a) = q_1$,
$\delta(q_1, a) = q_1$,
$\delta(q_1, c) = q_2$,
$\delta(q_1, b) = q_3$,
$\delta(q_0, b) = q_2$,
$\delta(q_2, b) = q_3$.

Вариант № 29

$KA = (Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2\}$,
$\sum = \{a, b\}$, $F = \{q_2\}$.
$\delta(q_0, a) = q_1$,
$\delta(q_0, a) = q_0$,
$\delta(q_1, b) = q_1$,
$\delta(q_1, a) = q_2$,
$\delta(q_2, b) = q_2$,
$\delta(q_2, a) = q_0$.

Вариант № 30

КА = $(Q, \sum, \delta, q_0, F)$,
$Q = \{q_0, q_1, q_2\}$,
$\sum = \{a, b, c\}$, $F = \{q_2\}$.
$\delta\ (q_0, a) = q_1$,
$\delta\ (q_1, c) = q_1$,
$\delta\ (q_1, b) = q_2$,
$\delta\ (q_2, a) = q_2$,
$\delta\ (q_0, a) = q_0$,
$\delta\ (q_1, a) = q_0$.