СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1034048 A

3(51) G 06 G 7/122

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий Библиотека

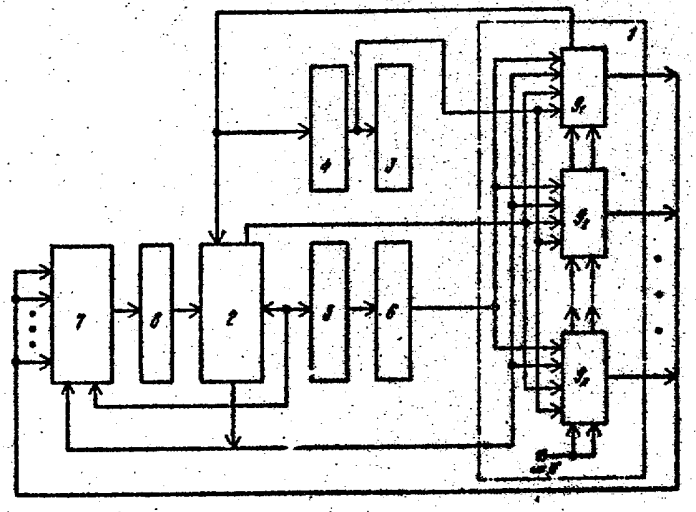
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3409304/18-24
(22) 23.03.82
(46) 07.08.83. Бюл.№29
(72) В.И. Новиков и В.И. Ковшов
(71) Минский радиотехнический институт
(53) 681.325.5(088.8)
(56) 1. Авторское свидетельство СССР № 756421, кл. G 06 G 7/122, 1978.
2. Авторское свидетельство СССР по заявке № 2865035, кл. G 06 G 7/122, 1980 (прототип).

(54)(57) 1. УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРАФОВ, содержащее генератор импульсов, выход которого соединен с входом счетчика, блок моделей вершин, блок формирования топологии, первый управляющий выход которого соединен с первым управляющим входом блока моделей вершин, первый блок памяти, выход которого соединен с входом датчика случайных чисел, выход которого подключен к первому информационному входу блока моделей вершин, второй информационный вход которого соединен с выходом генератора импульсов, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью расширения его функциональных возможностей путем обеспечения возможности моделирования графов с произвольной топологией и упрощения процедуры настройки устройства, в него введены регистр и второй блок памяти, информационный выход которого соединен с входом регистра, выход которого соединен с информационным входом блока формирования топологии, управляющий вход которого соединен с входом генератора импульсов и управляющим выходом блока моделей вершин, информационный выход блока формирования топологии соединен с адресным входом первого блока памяти и информационным входом второго блока памяти, второй управляющий выход блока формирования топологии соединен с управляющим входом второго блока памяти и вторым управляющим входом блока моделей вершин, группа управляющих выходов которого соединена с адресными входами второго блока памяти.

(19) SU (11) 1034048 A



Фиг. 1

2. Устройство по п.1, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что блок моделей вершин содержит n последовательно соединенных моделей вершин, каждая из которых содержит первый и второй триггеры, два элемента И, три элемента ИЛИ, формирователь и счетчик, первый и второй информационные входы которого являются первым и вторым информационными входами модели вершины и соединены соответственно с первым и вторым информационными входами блока моделей вершин, первые входы установки в нуль первого и второго триггеров объединены и являются первым управляющим входом модели вершины, который соединен с первым управляющим входом блока моделей вершин, единичный выход первого триггера подключен к второму управляющему входу счетчика, выход которого соединен со счетным входом второго триггера, единичный выход которого соединен с первыми входами первого элемента ИЛИ и первого элемента И, выход которого подключен к вторым входам установки в нуль первого и второго триггеров и входу формирователя, нулевой выход первого триггера соединен с первыми входами второго элемента ИЛИ и второго элемента И, выход которого подключен к счетному входу первого триггера, первому управляющему входу счетчика и первому входу третьего элемента ИЛИ, второй вход которого соединен с выходом формирователя, второй вход второго элемента И является вторым управляющим входом модели вершины и соединен с вторым управляющим входом блока моделей вершин, вторые входы первого элемента И и первого элемента ИЛИ объединены и являются третьим управляющим входом модели вершины, второй вход второго элемента ИЛИ и третий вход второго элемента И объединены и являются четвертым управляющим входом модели вершины, выход третьего элемента ИЛИ является первым выходом модели вершины и соединен с соответствующим выходом группы выходов блока моделей вершин, выход первого элемента ИЛИ является вторым управляющим выходом модели вершины и соединен с третьим управляющим входом предыдущей модели вершины, выход второго элемента ИЛИ является третьим выходом модели вершины и соединен с четвертым управляющим входом предыдущей модели вершины, третий и четвертый управляющие входы i-й модели вершины объединены и подключены к шине логического нуля, а второй управляющий выход первой модели вершины соединен с первым управляющим выходом блока моделей вершин.

1

Изобретение относится к вычислительной технике, а именно к специализированным стохастическим моделям, и может быть использовано при моделировании сложных систем, модели которых могут быть представлены ориентированными графами.

Известно устройство для моделирования графов, содержащее генератор импульсов, счетчик, блок моделей вершин, выходы которого подключены к информационным входам блока моделей вершин, выход счетчика подключен к управляющим входам блока моделей вершин, управляющие входы генератора импульсов и блока формирования топологии соединены с управляющим входом устройства [1].

Недостатком указанного устройства является невозможность исследования ориентированных графов, представленных не в ярусно-параллельной форме.

Наиболее близким к предлагаемому является устройство для моделирования графов, содержащее генератор импульсов, выход которого соединен с входом счетчика, блок моделей вершин,

2

блок формирования топологии, выходы которого соединены с группой входов моделей вершин, управляющий вход блока формирования топологии подключен к входу устройства, дешифратор, блок памяти и датчик случайных чисел, выход датчика случайных чисел подключен к первому входу блока моделей вершин, второй вход которого соединен с выходом генератора импульсов, третий вход блока моделей вершин соединен с входом устройства и входом установки в нуль счетчика, первый выход блока моделей вершин подключен к входу дешифратора, выход которого соединен с адресными входами блока памяти, второй выход блока моделей вершин подключен к входу генератора импульсов, каждая модель вершины содержит элемент И, первый и второй счетчики, элемент ИЛИ, триггер, элемент ИЛИ-НЕ, блок памяти и коммутатор.

Устройство обеспечивает параллельное моделирование вершин графа моделями вершин устройства, причем каждая модель вершины последовательно вос-

производит процесс выполнения назначенных ей вершин одного из путей графа [2].

Таким образом, в каждый конкретный момент времени модель вершины может воспроизводить выполнение только одной из вершин пути графа, что в конечном итоге приводит к тому, что известное устройство может применяться только для исследования ярусных графов. Кроме того, настройка устройства связана с решением задачи назначения моделям вершин определенных вершин графа, лежащих на одном пути. Причем некоторая вершина графа может быть назначена только одной модели. Такая задача для сложных графов требует существенных затрат машинного времени.

Цель изобретения - расширение функциональных возможностей устройства путем обеспечения возможности моделирования графов с произвольной топологией и упрощение процедуры настройки устройства.

Для достижения указанной цели в устройство, содержащее генератор импульсов, выход которого соединен с входом счетчика, блок моделей вершин, блок формирования топологии, первый управляющий выход которого соединен с первым управляющим входом блока моделей вершин, первый блок памяти, выход которого соединен с входом датчика случайных чисел, выход которого подключен к первому информационному входу блока моделей вершин, второй информационный вход которого соединен с выходом генератора импульсов, дополнительно введены регистр и второй блок памяти, информационный вход которого соединен с входом регистра, выход которого соединен с информационным выходом блока формирования топологии, управляющий вход которого соединен с входом генератора импульсов и управляющим выходом блока моделей вершин, информационный выход блока формирования топологии соединен с адресным входом первого блока памяти и информационным входом второго блока памяти, второй управляющий выход блока формирования топологии соединен с управляющим входом второго блока памяти и вторым управляющим входом блока моделей вершин, группа управляющих выходов которого соединена с адресными входами второго блока памяти.

Кроме того, блок моделей вершин содержит n последовательно соединенных моделей вершин, каждая из которых содержит первый и второй триггеры, два элемента И, три элемента ИЛИ, формирователь и счетчик, первый и второй информационные входы которого являются первым и вторым информационными входами модели вершины и соединены соответственно с первым и вторым информационными входами блока моделей вершин, первые входы установки в нуль первого и второго триггеров объединены и являются первым управляющим входом модели вершины, который соединен с первым управляющим входом блока моделей вершин, единичный выход первого триггера подключен к второму управляющему входу счетчика, выход которого соединен со счетным входом второго триггера, единичный выход которого соединен с первыми входами первого элемента ИЛИ и первого элемента И, выход которого подключен к вторым входам установки в нуль первого и второго триггеров и входу формирователя, нулевой выход первого триггера соединен с первыми входами второго элемента ИЛИ и второго элемента И, выход которого подключен к счетному входу первого триггера, первому управляющему входу счетчика и первому входу третьего элемента ИЛИ, второй вход которого соединен с выходом формирователя, второй вход второго элемента И является вторым управляющим входом модели вершины и соединен с вторым управляющим входом блока моделей вершин, вторые входы первого элемента И и первого элемента ИЛИ объединены и являются третьим управляющим входом модели вершины, второй вход второго элемента ИЛИ и третий вход второго элемента И объединены и являются четвертым управляющим входом модели вершины, выход третьего элемента ИЛИ является первым выходом модели вершины и соединен с соответствующим выходом группы выходов блока моделей вершин, выход первого элемента ИЛИ является вторым управляющим выходом модели вершины и соединен с третьим управляющим входом предыдущей модели вершины, выход второго элемента ИЛИ является третьим выходом модели вершины и соединен с четвертым управляющим входом предыдущей модели вершины, третий и четвертый управляющие входы n-й модели вершины объединены и подключены к шине логического нуля, а второй управляющий выход первой модели вершины соединен с первым управляющим выходом блока моделей вершин.

На фиг.1 изображена структурная схема устройства для моделирования графов, на фиг.2 - функциональная схема модели вершины, на фиг.3 - возможный вариант структурной схемы блока формирования топологии, на фиг.4 - граф, на примере которого рассматривается работа устройства.

Устройство содержит блок 1 моделей вершин, блок 2 формирования топологии, счетчик 3, являющийся таймером, генератор 4 импульсов, первый блок 5 памя-

ти, датчик 6 случайных чисел, второй блок 7 памяти, регистр 8. Блок 1 моделей вершин содержит n моделей 9_1 -9_n вершин, каждая из которых содержит первый триггер 10, второй триггер 11, счетчик 12, первый элемент ИЛИ 13, первый элемент И 14, формирователь 15, второй элемент ИЛИ 16, второй элемент И 17 и третий элемент ИЛИ 18. Блок 2 формирования топологии содержит первый блок 19 памяти, счетчик 20, второй блок 21 памяти, коммутатор 22, датчик 23 случайных событий и генератор 24 импульсов.

Блок 1 моделей вершин предназначен для имитации процесса выполнения вершин. В процессе моделирования графа каждой активной, выполняемой в данный момент вершины графа назначается определенная модель 9. При этом в устройстве нет жесткого закрепления определенных моделей вершин за вершинами графа. Назначение некоторой модели 9 вершин определенной вершины графа осуществляется автоматически при поступлении единичного импульса на второй управляющий вход блока 1. При этом среди всех свободных, т.е. не занятых в данный момент моделированием, моделей 9 выбирается модель с наибольшим номером. На i-м информационном выходе блока 1 (i-номер выбранной модели вершины) появляется единичный сигнал, а в счетчик 12 этой модели записывается поступающее на первый информационный вход блока 1 случайное время выполнения вершины графа, назначенной данной модели 9. Если в некоторый момент времени в j-й модели 9 завершилось выполнение назначенной ей вершины графа, то на j-м информационном выходе блока 1 и на его управляющем выходе появляется единичный сигнал. По единичному сигналу, пришедшему на первый управляющий вход блока 1, j-я модель 9 освободится и ей вновь может быть назначена любая другая активная вершина графа.

Блок 2 формирования топологии предназначен для моделирования топологий графа. Для этого в блоке 21 памяти каждой i-й вершине графа отведена определенная i-я область ячеек, расположенных последовательно в порядке возрастания адресов. Число ячеек в i-й области соответствует числу дуг, выходящих из i-й вершины графа. Информация, характеризующая каждую дугу, выходящую из i-й вершины графа, записывается в одну ячейку блока 21 памяти и содержит номер вершины, в которую входит данная дуга, вероятность появления данной дуги и признак, значение которого равно единице для последней ячейки каждой области и нулю - для всех остальных ячеек области.

Уменьшенный на единицу начальный адрес i-й области блока 21 записан в ячейке с адресом i блока 19. В нулевой ячейке блока 19 записан уменьшенный на единицу начальный адрес области ячеек блока 21 памяти, в которой хранится информация о начальных вершинах графа.

Структура загрузки блока 19 памяти для графа, изображенного на фиг.4, приведена в табл.1.

Структура загрузки блока 21 памяти приведена в табл.2.

Символом P_{ij} на фиг.4 обозначена вероятность существования дуги от вершины i к вершине j.

Блок 2 формирования топологии работает при наличии единичного сигнала на его управляющем входе. При поступлении номера i некоторой вершины графа на информационный вход блока 2 он определяет и последовательно выдает на информационный выход номера вершин, в которые входят дуги, выходящие из i-й вершины графа. При этом номер каждой вершины, появляющийся на информационном выходе, сопровождается единичным синхронизирующим сигналом на втором управляющем выходе блока 2. Если будут обработаны все дуги, выходящие из i-й вершины графа, то на первом управляющем выходе блока 2 появляется единичный сигнал.

Генератор 4 вырабатывает импульс с фиксированным периодом следования только при нулевом сигнале на входе.

Датчик 6 случайных чисел формирует случайные времена выполнения вершин графа. Значения вероятностей $\{F_i(t)\}$, настраивающие датчик 6 на формирование случайного времени t_i, подчиняющегося функции распределения $F_i(t)$, выполнения вершины графа с номером i, записываются в i-ю страницу блока 5 памяти.

Блок 7 памяти предназначен для хранения текущего назначения модели 9 вершины определенной вершине графа. Для этого i-й модели 9 ставится в соответствие ячейка с адресом i блока 7, в которой хранится номер вершины графа, выполнение которой осуществляется в i-й модели 9 вершины.

Блок 7 памяти работает в режиме записи информации, поступающей на информационный вход, если на его управляющий вход поступает единичный сигнал. Если сигнал на управляющем входе нулевой, то блок 7 работает в режиме считывания информации. Адрес, по которому производится обращение к устройству, поступает на его адресный вход в унитарном коде.

Триггеры 10 и 11 каждый имеют два входа сброса, объединенные по схеме И (не показана) и счетный вход.

Счетчик 12 имеет объединенные по схеме И (не показано) счетный, вычитающий и управляющий входы, информационный вход и управляющий вход, объединенные по схеме И (не показано).

Счетчик 20 имеет информационный и счетный суммирующий входы.

Коммутатор 22 передает информацию с информационного входа на выход при наличии единичного сигнала на управляющем входе.

Датчик 23 случайных событий вырабатывает единичный сигнал с вероятностью, значение которой поступает на его вход из блока 21 памяти. Генератор 24 вырабатывает импульсы с фиксированным периодом следования только при единичном сигнале на входе.

Устройство работает следующим образом(при выполнении графа согласно фиг.4).

Перед началом моделирования устанавливаются в нулевое состояние триггеры и счетчики всех моделей вершин, кроме модели с номером N, триггеры 10 и 11 которой устанавливаются в единичное состояние, сбрасывается также счетчик 3, содержимое ячейки с адресом n устройства 7 должно быть нулевым.

Так как триггер 11 модели 9 с номером n находится в единичном состоянии, то сигнал логической единицы, пройдя через элементы ИЛИ 13 всех моделей 9 вершин, появится на управляющем выходе блока 1, запретит работу генератора 4, запустит блок 19 на считывание и разрешит работу генератора 24. Одновременно с этим в силу того, что на инверсном входе элемента И 14 модели с номером n присутствует сигнал логического нуля, а на первом входе этого элемента - сигнал логической единицы, элемент И 14 срабатывает, сигнал с его выхода поступает на вход формирователя 15, который на выходе выдает единичный сигнал малой длительности. Этот сигнал, пройдя через элемент ИЛИ 18, поступает на n-й адресный вход блока 7 памяти. Так как на управляющем входе блока 7 памяти присутствует сигнал логического нуля, то из ячейки с адресом n считывается число 0, которое записывается в регистр 8 и поступает на адресный вход блока 19 памяти. Из ячейки памяти с адресом 0 считывается число 0, которое записывается в счетчик 20. Единичный сигнал с выхода генератора 24 увеличивает на единицу содержимое счетчика 20 и из ячейки с адресом 1 блока 21 памяти считывается информация о начальной вершине графа. Номер начальной вершины равный единице поступает на информационный вход коммутатора 22, значение вероятности появления дуги $P_{11}=1$ поступает на вход датчика 23 случайных чисел. На выходе последнего появляется единичный сигнал, который поступает также на управляющий вход коммутатора 22, который, срабатывая, вызывает появление на информационном выходе блока 2 кода начальной вершины графа. Единичный признак ячейки, считанный из блока 21, переключает блок 7 памяти в режим записи и поступает на второй вход элемента И 17 всех моделей 9. Однако в силу того, что триггер 10 модели 9 с номером n установлен в единичное состояние, а триггеры 10 всех остальных моделей 9 сброшены, срабатывает только элемент И 17 модели 9 с номером $(n-1)$. Единичный сигнал с выхода этого элемента устанавливает триггер 10 этой модели в единичное состояние, разрешает прием информации в счетчик 12 этой же модели 9 и, пройдя через элемент ИЛИ 18 $(n-1)$-й модели 9, поступает на $(n-1)$-й адресный вход блока 7. На информационном входе блока 7 присутствует номер 1-й начальной вершины графа, который и записывается в ячейку с адресом $(n-1)$ блока 7. Номер 1-й начальной вершины графа с второго выхода блока 2 поступает в блок 5 и вызывает считывание из его первой страницы некоторого значения из $\{F_1(t)\}$. Датчик 6 вырабатывает случайное число t_1, которое поступает на информационные входы счетчиков 12 всех моделей 9, но записывается лишь в счетчик 12 $(n-1)$-й модели 9.

Единичный сигнал с первого управляющего выхода блока 2 поступает на первые входы сброса триггеров 10 и 11 всех моделей 9, но сбросятся только триггеры модели 9 с номером n, так как только у них присутствует сигнал логической единицы на вторых входах сброса. Теперь на единичном выходе триггера 11 n-й модели 9 присутствует сигнал логического нуля, который, пройдя через элементы ИЛИ 13 всех моделей 9, появится на управляющем выходе блока 2, запретит работу генератора 24 и разрешит работу генератора 4.

На этом кончается процедура приема новых вершин к выполнению, в результате которой занятой моделированием выполнения вершины оказалась только модель 9 с номером $(n-1)$. Все остальные модели свободны.

В процессе выполнения вершины происходит уменьшение содержимого счетчика 12 модели 9 с номером $(n-1)$ и увеличение содержимого счетчика 3. Как только содержимое счетчика 12 $(n-1)$-й модели 9 станет равным нулю, на его

выходе отрицательного переноса появится единичный сигнал, который установит триггер 11 модели 9(и-1) в единичное состояние. Единичный сигнал с выхода триггера 11 этой модели 9, пройдя через элементы ИЛИ 13 всех моделей 9, номера которых меньше (и-1), появится на управляющем выходе блока 1, запретит работу генератора 4 и разрешит работу генератора 24.

Процедура выполнения вершин окончена и вновь начинается процедура приема вершин к выполнению.

Из ячейки с адресом (и-1) блока 7 памяти считывается число 1, которое записывается в регистр 8. Из ячейки с адресом 1 блока 19 памяти считывается число 1, которое записывается в счетчик 20. Содержимое его по сигналу с генератора 24 увеличивается на единицу и из ячейки с адресом 2 блока 21 памяти считывается информация о второй вершине графа. Второй вершине графа назначается и-я модель 9 в счетчик 12 этой модели записывается случайное число t_2, выработанное датчиком 6, а в ячейку с адресом и блока 7 памяти записывается число 2. Затем по единичному сигналу с генератора 24 содержимое счетчика 20 увеличивается на единицу и из ячейки с адресом 3 блока 21 памяти считывается информация о третьей вершине графа, которой назначена (и-2)-я модель 9, в счетчик 12 которой будет записано случайное число t_3. В ячейку с адресом (и-2) блока 7 памяти записывается число 3. Затем сбрасываются триггеры 10 и 11 модели 9 с номером (и-1) и она становится свободной.

На этом кончается процедура приема к выполнению новых вершин графа, в результате которой занятыми моделированием выполнения вершин оказались модели 9 с номерами и и (и-2). Вновь начинается процедура выполнения активных вершин.

Код в счетчике 3 в каждый момент времени содержит текущее значение модельного времени.

Широкие функциональные возможности устройства обеспечиваются тем, что оно позволяет исследовать вероятностные графы с любыми заданными законами распределения времени выполнения вершин графа и любыми вероятностными появлениями его дуг. При этом случайные веса вершин и дуг формируются аппаратурно. Устройство позволяет также исследовать графы с произвольной топологией, в том числе с петлями и контурами.

Упрощение работы с устройствами обеспечивается тем, что ликвидируется этап предварительного анализа моделируемого графа и решение задачи назначения модели вершин определенных вершин графа. Процедура назначения выполняется автоматически в процессе функционирования устройства.

Таблица 1

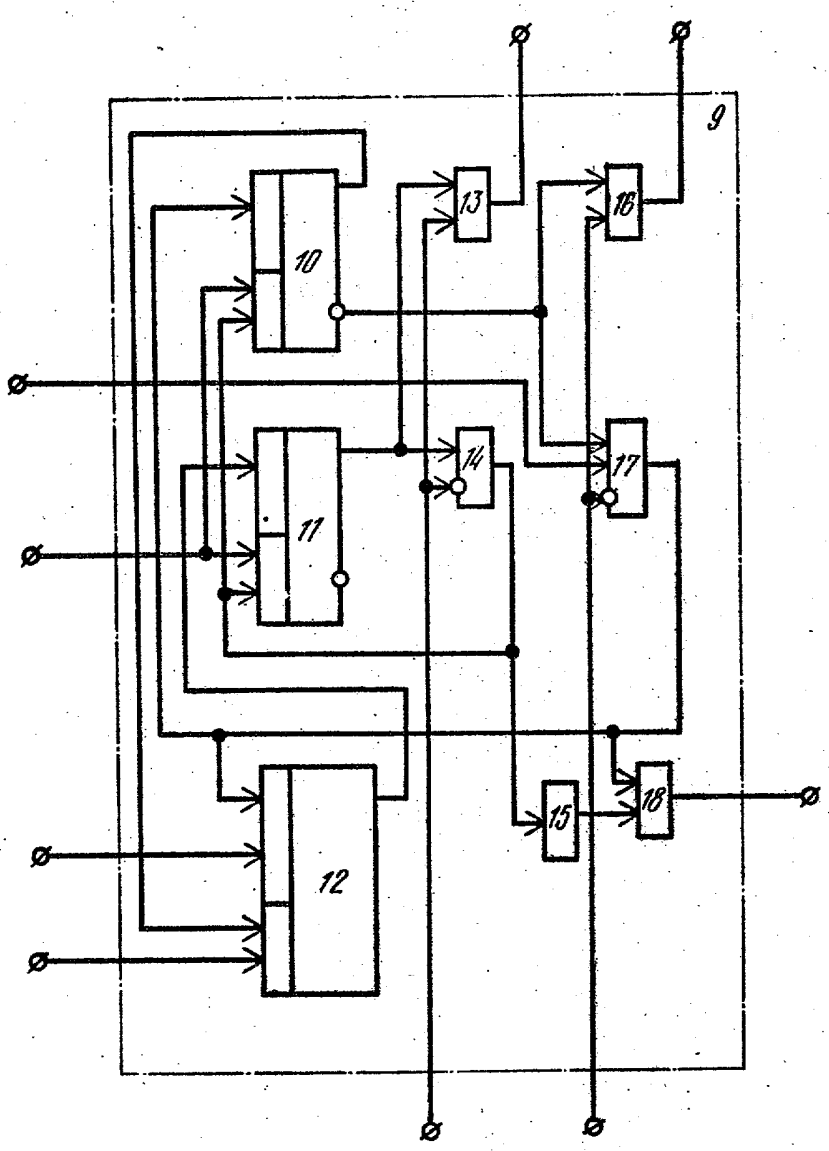
Адрес ячейки	Содержание ячейки
0	0
1	1
2	3
3	5
4	7
5	10
6	14

Таблица 2

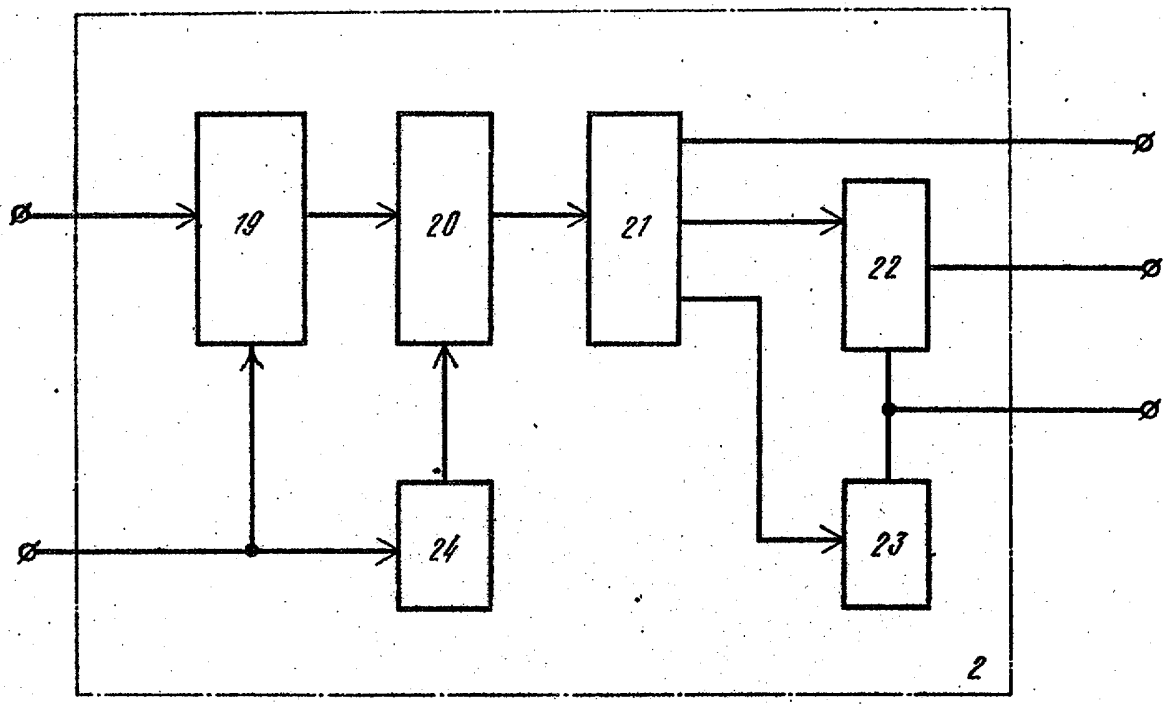
Адрес ячейки	Содержимое ячейки		Признак
	Номер вершины	Вероятность дуги	
1	1	1	1
2	2	1	0
3	3	1	1
4	4	0,9	0
5	5	1	1
6	1	0,4	0

Продолжение табл. 2

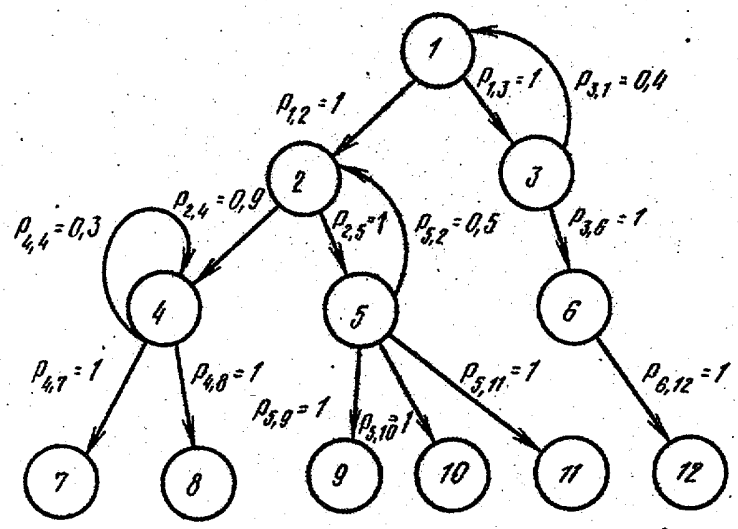
Адрес ячейки	Содержимое ячейки		Признак
	Номер вершины	Вероятность дуги	
7	6	1	1
8	4	0,3	0
9	7	1	0
10	8	1	1
11	2	0,5	0
12	9	1	0
13	10	1	0
14	11	1	1
15	12	1	1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Составитель С.Назаров
Редактор Л. Филь Техред А.Бабинец Корректор А. Ильин

Заказ 5627/52 Тираж 706 Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4