

Цель работы: Изучение основ теории сетей Петри, базовых понятий и определений; ознакомление с задачами, возникающими в теории сетей Петри и методами их решения; освоение компьютерных способов представления сетей и алгоритмов машинной обработки.

1. Задание на работу (варианты):

Часть I. Освоение программного комплекса «Сети Петри».

Установить на компьютере программный комплекс. Используя учебное пособие научиться создавать сети Петри различных классов. Освоить полный перечень операций редактирования сетей. Ознакомиться с возможностями программного комплекса «Сети Петри» по расчету и анализу различных классов (типов) сетей.

Часть II. Изучение теории сетей Петри.

Используя установленный программный комплекс и данное учебное пособие изучить три типа сетей Петри (безопасные, оценочные и управляющие), произвести их построение, расчет и анализ.

Работа осуществляется в три этапа, для каждого из типов сетей соответственно (начальная маркировка каждой сети выбирается произвольно, дуги расставляются произвольно на собственное усмотрение):

- 1 Построить безопасную сеть Петри, состоящую из $P1$ позиций и $T1$ переходов, получить матрицу представления сети, произвести расчет сети и анализ.
- 2 Построить оценочную сеть Петри, состоящую из $P2$ позиций и $T2$ переходов, получить матрицу представления сети, произвести расчет сети и анализ.
- 3 Построить управляющую сеть Петри, состоящую из $P3$ позиций, $T3$ переходов, TN макропереходов (содержащих минимум по 2 простым переходам), получить матрицу представления сети, произвести расчет сети и анализ.

Подготовить отчет с распечаткой построенных сетей Петри в графическом и матричном виде, информацией расчета и анализа. Объяснить результаты анализа, сделать выводы по результатам сравнения различных типов сетей.

ВЕДЕНИЕ В СЕТИ ПЕТРИ.

Теория сетей Петри является математической моделью, которая используется для анализа и проектирования дискретных систем. Она состоит из графа, где узлы

представляют состояния системы, а направленные ребра - возможные переходы между этими состояниями.

Существуют различные типы сетей Петри, такие как базовые, временные, стохастические и др. Каждый тип имеет свои особенности и пригоден для решения определенного класса задач.

Оценочные сети Петри являются расширением базовых сетей путем введения маркировок на узлах, которые представляют количество объектов в системе. Это позволяет проводить анализ производительности системы, такой как оценка пропускной способности или времени обработки запросов.

Управляющие сети Петри, или сети Петри с контролем, включают дополнительные элементы управления, такие как условные переходы и таймеры. Они используются для моделирования систем, где необходимо учитывать различные условия и решения, принимаемые в процессе выполнения операций.

Построение, расчет и анализ оценочных и управляющих сетей Петри требуют знаний в области математического моделирования, вычислительной техники и программирования. Существует много программных инструментов, которые позволяют создавать и анализировать сети Петри, такие как CPN Tools, PIPE и Petri Nets World.

Модель - это представление, как правило, в математических терминах наиболее характерных черт изучаемого объекта или системы. Сети Петри это инструмент для математического моделирования и исследования сложных систем. Цель представления системы в виде сети Петри и последующего анализа этой сети состоит в получении важной информации о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. Эта информация может использоваться для оценки моделируемой системы и выработки предложений по ее усовершенствованию.

Сети Петри могут использоваться для моделирования различных систем, включая системы безопасности. Одним из примеров являются сети Петри, используемые для анализа протоколов безопасного обмена информацией.

Для создания безопасной сети Петри необходимо определить конкретные требования и ограничения системы безопасности. Например, можно добавить дополнительные элементы управления, такие как проверка подлинности или шифрование данных, чтобы обеспечить безопасность передачи информации.

Кроме того, для обеспечения безопасности сети Петри требуется использовать безопасные методы программирования, такие как контроль доступа и проверку на наличие ошибок в коде. Также необходимо обеспечить защиту от возможных атак и утечек данных.

В целом, безопасность сети Петри зависит от того, насколько хорошо был разработан и реализован соответствующий протокол безопасности. Для этого можно использовать специализированные методы анализа и тестирования, например, формальную верификацию или тестирование на проникновение.

1. Природа систем, моделируемых сетями Петри.

Сети Петри предназначены для моделирования систем, которые состоят из множества взаимодействующих друг с другом компонент. При этом компонента сама может быть системой. Действиям различных компонент системы присущ параллелизм. Примерами таких систем могут служить вычислительные системы, в том числе и параллельные, компьютерные сети, программные системы, обеспечивающие их функционирование, а также экономические системы, системы управления дорожным движением, химические системы, и т. д.

2. Подходы к проектированию систем с помощью сетей Петри.

В одном из подходов к проектированию и анализу систем сети Петри используются, как вспомогательный инструмент анализа. Здесь для построения системы используются общепринятые методы проектирования. Затем построенная система моделируется сетью Петри, и модель анализируется. Если в ходе анализа в проекте найдены изъяны, то с целью их устранения проект модифицируется. Модифицированный проект затем снова моделируется и анализируется. Этот цикл повторяется до тех пор, пока проводимый анализ не приведет к успеху.

Другой подход предполагает построение проекта сразу в виде сети Петри. Методы анализа применяются только для создания проекта, не содержащего ошибок. Затем сеть Петри преобразуется в реальную рабочую систему.

В первом случае необходима разработка методов моделирования систем сетями Петри, а во втором случае должны быть разработаны методы реализации сетей Петри системами.

3. Теоретико-множественное определение сетей Петри.

В сетях Петри события и условия представлены абстрактными символами из двух непересекающихся алфавитов, называемых соответственно множеством переходов и множеством мест. В графическом представлении сетей переходы изображаются "барьерами", а места - кружками.

Сеть Петри N является четверкой $N=(P,T,I,O)$, где

$I: T \rightarrow P^*$ - входная функция, сопоставляющая переходу мультимножество его входных позиций;

$O: T \rightarrow P^*$ - выходная функция, сопоставляющая переходу мультимножество его выходных позиций.

4. Маркировка сетей Петри.

Маркировка - это размещение по позициям сети Петри фишек, изображаемых на графе сети Петри точками. Фишки используются для определения выполнения сети Петри. Количество фишек в позиции при выполнении сети Петри может изменяться от 0 до бесконечности.

Маркировка сети Петри $N=(P,T,I,O)$ есть функция, отображающая множество позиций P в множество неотрицательных целых чисел Nat (где число из Nat обозначает количество фишек, помещаемых в соответствующую позицию).

Маркированная сеть Петри $N=(P,T,I,O,)$ определяется совокупностью структуры сети Петри (P,T,I,O) и маркировки Графического представления маркированной сети Петри.

Множество всех маркировок сети Петри бесконечно. Если фишек, помещаемых в позицию слишком много, то удобнее не рисовать фишки в кружке этой позиции, а указывать их количество.

5. Правила выполнения сетей Петри.

Сеть Петри выполняется посредством запусков переходов. Запуск перехода управляется фишками в его входных позициях и сопровождается удалением фишек из этих позиций и добавлением новых фишек в его выходные позиции.

Переход может запускаться только в том случае, когда он разрешен. Переход называется разрешенным, если каждая из его входных позиций содержит число фишек, не меньшее, чем число дуг, ведущих из этой позиции в переход (или кратности входной дуги).

Запуски могут осуществляться до тех пор, пока существует хотя бы один разрешенный переход. Когда не останется ни одного разрешенного перехода, выполнение прекращается.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ

6. События и условия (моделирование систем на основе сетей Петри).

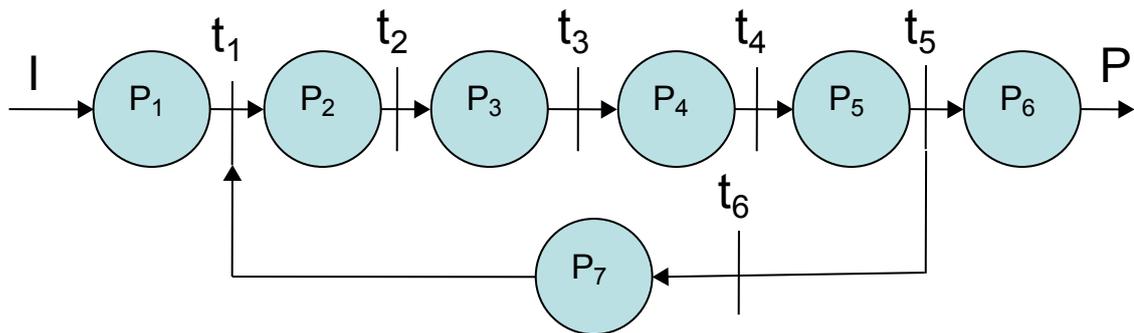
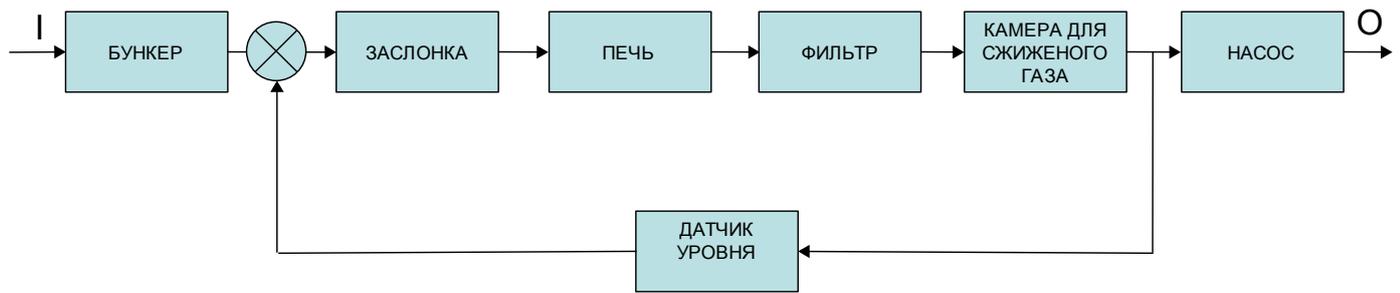
Представление системы сетью Петри основано на двух основополагающих понятиях: событиях и условиях. Возникновением событий управляет состояние системы, которое может быть описано множеством условий. Условие может принимать либо значение "истина", либо значение "ложь".

7. Одновременность и конфликт.

Важная особенность сетей Петри - это их асинхронная природа. В сетях Петри отсутствует измерение времени. В них учитывается лишь важнейшее свойство времени - частичное упорядочение событий.

Выполнение сети Петри (или поведение моделируемой системы) рассматривается здесь как последовательность дискретных событий, которая является одной из возможных. Если в какой-то момент времени разрешено более одного перехода, то любой из них может стать "следующим" запускаемым.

Переходы в сети Петри, моделирующей некоторую систему, представляют её примитивные события (длительность которых считается равной 0), и в один момент времени может быть запущен только один разрешённый переход.



$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7\}$ – конечное множество событий

В данной системе $P=7$

$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6\}$ – конечное множество переходов

Количество переходов в системе $T=7$

I – входная функция

O – выходная функция

t_1 – в бункере (емкость) имеются ТБО. Данные ТБО нужно переместить в печь для дальнейшего сгорания. Доставка ТБО осуществляется с помощью мусоровозов. Количество отходов в бункере достаточно для обеспечения непрерывной работы системы. Разгрузка отходов в закрытом помещении, что препятствует распространению неприятных запахов и пыли.

t_2 – на данном этапе в бункере имеется заслонка, с помощью которой ТБО поступают в печь. Для того чтобы переместить отходы в печь необходимо заслонку открыть.

t_3 – в печи происходит сгорание отходов при температуре около 1000°C без добавления природного газа. Природный газ используется только для достижения температуры 850°C на стадии пуска и остановки технологической линии. Таким образом, в топочной камере достигается необходимый температурный режим. После

включения вентиляторов дутьевого воздуха, отходы автоматически перемещаются в топочном пространстве и тем самым постоянно перемешиваются. Наблюдение и контроль над всеми процессами осуществляется с помощью видеокамер и электронных приборов. В процессе сжигания все компоненты отходов преобразуются в дымовой газ и пар.

t_4 – в качестве печи и фильтра можно использовать котел-утилизатор. Тепло от образующихся в процессе горения дымовых газов идет на выработку пара в котле. Дымовые газы при этом охлаждаются с 1000°C до 220°C , а пар используется для производства тепловой и электрической энергии. Дымовые газы проходят через фильтр в результате химической реакции образуется сжиженный газ

t_5 – после того как дымовые газы прошли через фильтр, они образуются в сжиженный газ, которые поступают по трубопроводу в камеру для сжиженного газа. В камере установлен датчик уровня. После того как в камере для сжиженного газа уровень достиг определенной отметки, сигнал подается на заслонку в результате чего заслонка закрывается и подача ТБО прекращается.

t_6 – после того как подача ТБО прекратилась, на насос поступает сигнал. Насос начинает откачивать сжиженный газ в резервуар для дальнейшего использования. Сжиженный газ может быть использован для производства тепловой и электрической энергии.

Вывод: в ходе выполнения работы были изучены сети Петри, а также рассмотрены на примере САУ переработки твердых бытовых отходов.

Сети Петри (СП) являются примером семантических сетей, представленных разновидностью ориентированных двудольных графов. Двудольный граф включает вершины двух типов: позиции (обозначаются кружками – состояния, условия, сущности, документы) и переходы (обозначаются планками – действия, процессы, операции, функции). Сеть Петри может быть формально представлена как совокупность множеств:

$$N = (P, T, G, \Omega),$$

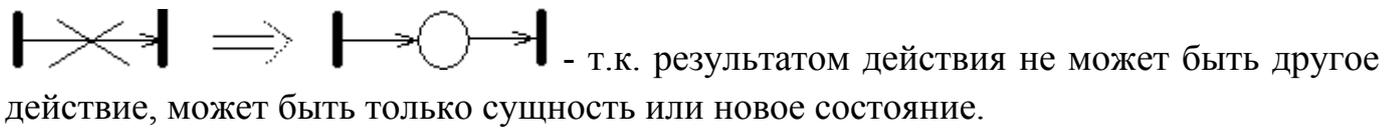
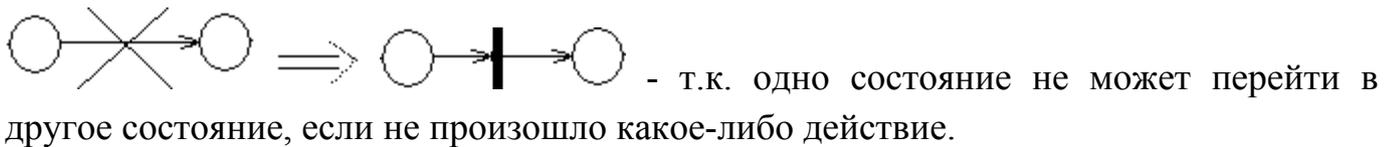
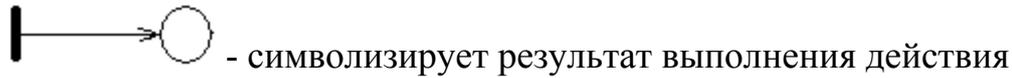
где $P = \{p_1, p_2 \dots p_n\}$ – множество всех позиций (n – количество позиций),

$T = \{t_1, t_2 \dots t_m\}$ – множество переходов (m – количество переходов),

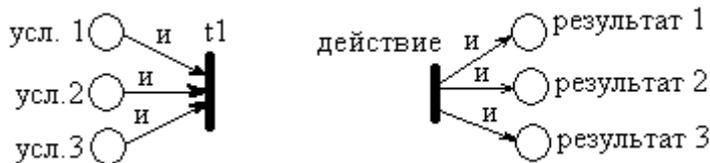
$G = (G_{p-t}, G_{t-p})$ – множество дуг сети:

$G_{p \rightarrow t} = (p \times t)$, $G_{t \rightarrow p} = (t \times p)$ – множества дуг, ведущих соответственно от переходов к позициям и от позиций к переходам (дуг, соединяющих однородные вершины, не существует),

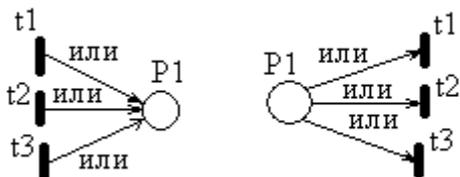
$\Omega = \{\omega_1, \omega_2 \dots \omega_k\}$ – множество весов дуг (k – количество дуг).



Если в переход входит несколько дуг, они символизируют условие для выполнения действия и связаны союзом «и».



Если в состояние входит несколько дуг, они символизируют одно из действий, выполнение которого приведет к наступлению данного состояния и связаны союзом «или».



Каждая позиция может быть маркирована, т.е. содержать некоторое количество маркеров (фишек, точек, меток). P_i

Маркер – знак выполнения соответствующего условия и имеет смысл указания мощности потоков.

Если обозначить количество фишек, находящихся в позиции p_i , как m_i , то маркировка всей сети: $M = \{m_1, m_2 \dots m_n\}$. Тогда полное определение сети Петри, включая данные о начальной маркировке, можно записать в виде

$$PN = (N, M_0),$$

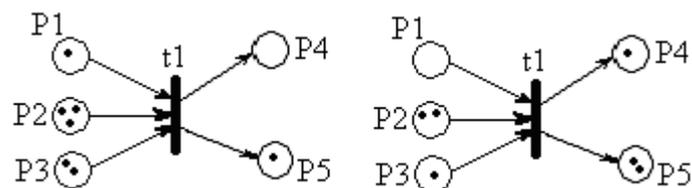
где M_0 – начальная маркировка сети.

При выполнении условий переходы срабатывают, действия выполняются.

Правила срабатывания переходов:

Переход срабатывает только в том случае, если во всех входных позициях имеется достаточное количество меток (по меньшей мере, по одной). При срабатывании перехода из входных позиций изымаются метки (в случае взвешенной СП изымается количество меток, соответствующее весам дуг, связывающих входные позиции с данным переходом), а во входные – добавляются (для взвешенной СП – также соответственно весам дуг).

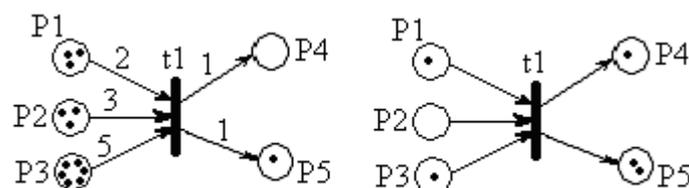
При срабатывании перехода из всех выходных позиций изымается по одному маркеру и помещается по одному маркеру во входные позиции. Это символизирует результат выполнения действия.



Веса дуг символизируют количество маркеров, которые переходят по ним.

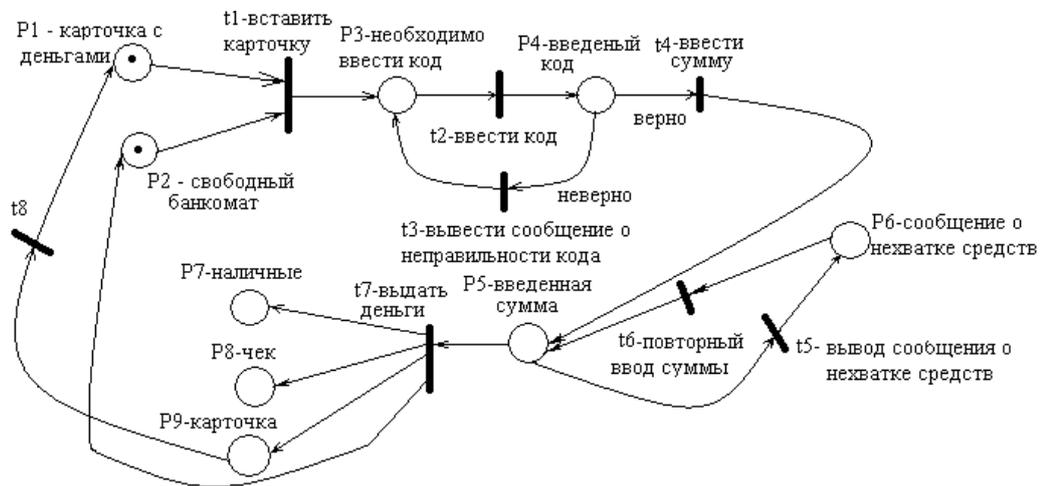
Правила переходов для взвешенной цепи Петри:

Для срабатывания перехода необходимо, чтобы во всех входных позициях количество маркеров было не меньше весов соответствующих дуг.



При моделировании процессов принятия решений с помощью СП ее позиции интерпретируют собой некоторые условия, состояния, значения переменных и т.д. Переходы интерпретируют собой логические предложения (принятие решений), соответствующие выполнению действий, при этом входные позиции – условия выполнения действий, выходные позиции – результат выполнения действий. Действие (переход) связано с принятием какого-либо решения, которое инициировано определенными условиями и результатом которого является новое состояние (условие).

Схема принятия решений при попытке получить деньги из банкомата.



Начальная маркировка СП есть начальное состояние системы.

Таким образом, если осуществить начальную маркировку СП, то использованием формальных правил можно описать логику работы системы и произвести анализ ее работоспособности. Переходы меток описываются **графом достижимости** (ГД), у которого каждой вершине соответствует определенная маркировка, а каждой дуге – переход, который срабатывает при данной маркировке.

Таким образом, граф достижимости представляется как

$$GD = (V, E),$$

где V – массив (множество) вершин (маркировок, соответствующих вершинам):

$$V = \{M_1, M_2 \dots M_q\},$$

M_i – i -я маркировка, q – количество маркировок;

$E = \{e_1, e_2 \dots e_p\}$ – массив дуг, связывающих вершины (p – количество дуг).

Каждая дуга представляется как совокупность $e_i = \{\alpha_1, \alpha_2, T\}$, где α_1 и α_2 – номера начальной и конечной вершин графа; $T = \{t_1, t_2, \dots t_k\}$ – массив переходов, соответствующий дуге; k – количество одновременно срабатывающих переходов при переходе от одной маркировки к другой.

Алгоритм построения графа по исходной СП:

1. За исходную берется маркировка M_0 и ей присваивается метка «новая».
2. Для каждой «новой» маркировки выполнять следующие операции:
 - 2.1. определяются все переходы, которые могут быть запущены, а также все возможные комбинации этих переходов.
 - 2.2. Для каждого разрешенного перехода или комбинации переходов производятся следующие действия:

2.2.1. Определяется маркировка M' , которая образуется при срабатывании данного перехода (комбинации переходов).

2.2.2. Просматриваются все маркировки в графе достижимости на пути от M' к начальной M_0 . Если на пути находится маркировка M_i , элементы которой меньше соответствующих элементов маркировки M' , то эти элементы m_i заменяются на символ « ∞ » (бесконечность), проводится дуга от новой маркировки к M_i и подписывается номером перехода.

2.2.3. Просматриваются все маркировки графа. Если находится маркировка $M_i = M'$ во всех элементах, то проводится дуга от новой маркировки к M_i и подписывается номером перехода.

Если в п.п. 2.2.2 и 2.2.3 маркировки не найдены, то создается новая вершина графа, которой соответствует маркировка M' , проводится дуга от новой маркировки к M' , помечается номером перехода, а самой M' присваивается метка «новая».

Граф строится до тех пор, пока существуют маркировки с меткой «новая».

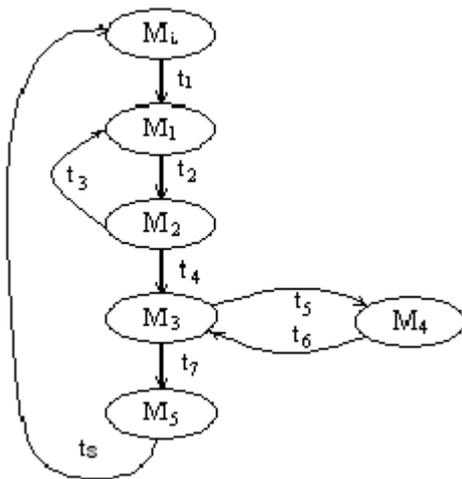


Таблица 4.3

	($P_1 P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 P_9$)
M_0	(110000000)
M_1	(001000000)
M_2	(000100000)
M_3	(000010000)
M_4	(000001000)
M_5	(010000111)

M_6	(110000110)

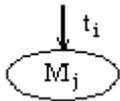
$$M_0 < M_6$$

$$110000000 < 110000110$$

Переполнение в $P_7, P_8 \Rightarrow M_0 = (110000\omega\omega 0)$

С помощью ГД могут быть определены свойства СП и, в конечном счете, моделируемой системы. К ним относятся:

- **живость** (отсутствие в графе достижимости тупиковых состояний);



- тупик. Сеть неживая. В реальной системе нет тупиковых состояний.

- **ограниченность** (сеть ограничена, если символ « ω » не входит ни в одну вершину графа), т.е. в реальной моделируемой системе нет бесконечного накопления какой-нибудь сущности;
- **безопасность** (сеть безопасна, если в маркировки входят только «0» и «1») – физически безопасность означает отсутствие зацикливаний;
- **правильность** (если сеть безопасная и живая, то она правильная);
- **обратимость** (сеть обратима, если в графе имеется хотя бы одна дуга, направленная к начальной маркировке M_0);
- **пассивность переходов** (переход t_i пассивен, если он не соответствует ни одной дуге графа достижимости, т.е. в реальной системе действие соответствующее этому переходу никогда не будет выполнено);
- **число возможных состояний** $N_{\text{сост.}}$.

Сеть Петри называется **k-ограниченной**, если в любом состоянии в любой позиции скапливается не более k фишек.

Любая система должна представляться правильной сетью.

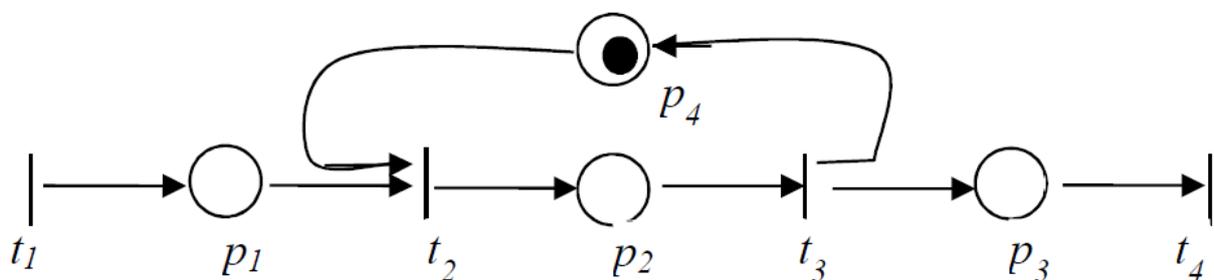
Для рассмотренного примера можно сделать вывод, что сеть правильная, обратимая и без пассивных переходов.

Практическое значение и наиболее ясную интерпретацию имеют два вида СП:

- 1) **Маркированные графы** – каждая позиция такой СП должна иметь не более одного входного и одного выходного перехода, т.е. в реальной системе нет выбора последующих действий;
- 2) **А-сети** (автоматные сети) – каждый переход такой СП должен иметь не более одной входной и одной выходной позиции (так моделируются различные автоматические устройства).

СП моделируют очень широкий класс логических задач. Существует много разновидностей сетей. Главное их достоинство – возможность анализировать логический процесс по избыточным моделям. Кроме того, формализованные методы анализа СП в сочетании с возможностью декомпозиции дают возможность решать очень сложные задачи принятия решений.

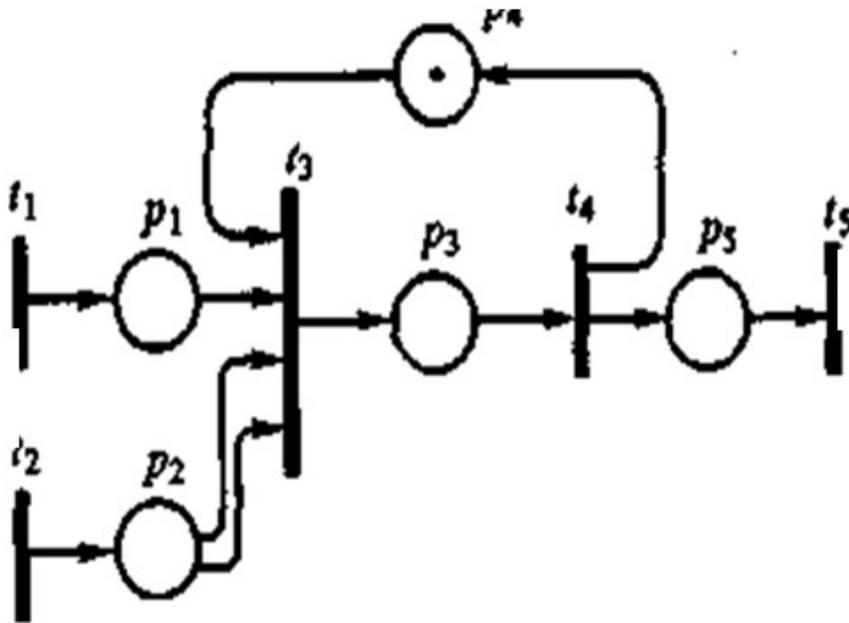
Построить сеть Петри, моделирующую работу рабочей станции, обслуживающей группу пользователей. Пользователь присылает заявку на обработку задания. Если станция свободна, она начинает обработку задания. После выполнения задания станция передает обслуженную заявку, освобождается и либо начинает обрабатывать новую заявку (если заявка поступила), либо ждет поступления новой заявки.



- t1- поступила заявка на обработку; p1- задание ждет освобождения станции;
- t2- задание начинает обрабатываться ; p2- задание обрабатывается ;
- t3- конец обработки задания ; p3- задание ожидает очереди на выход ;
- t4- передача выполненной заявки ; p4- рабочая станция свободна ;

Позиция p4 показывает, свободна ли рабочая станция. Наличие метки в позиции указывает на то, что станция свободна. Как только задание начинает обрабатываться, срабатывает переход t2, и маркировка позиции обнуляется. После окончания обработки запускается переход t3 и позиция p4 вновь получает метку. Таким образом, пока не сработает переход t3, новая заявка не может быть обработана.

Требуется описать с помощью сети Петри функционирование системы из предприятий А, В и С. Предприятия А и В поставляют узлы Х1 и Х2 соответственно, а на предприятии С происходит сборка, в каждый сборочный узел входит один узел Х1 и два узла Х2. На рис. 2.10 предприятиям А, В и С соответствуют переходы t_1 , t_2 и t_3 .



Срабатывание перехода t_3 происходит только в том случае, если, во-первых, в позиции p_1 имеется метка, а в позиции p_2 - не менее двух меток, что означает поступление от предприятия А и В соответствующих комплектующих, и, во-вторых, имеется метка в позиции p_4 , что означает, что предприятие С закончило сборку предыдущего изделия и готово приступить к сборке следующего. Пока очередное изделие не будет собрано, метки в p_4 не будет, следовательно, запросы, пришедшие во входные позиции p_1 и p_2 , вынуждены ожидать срабатывания перехода t_4 . Переходам t_1 , t_2 и t_3 поставлены в соответствие процедуры вычисления задержек срабатывания. Задержки в первых двух переходах равны интервалам времени между появлениями готовых узлов, задержка в t_3 равна времени сборки изделия.

В практике моделирования объектов часто приходится решать задачи, связанные с формализованным описанием и анализом причинно-следственных связей в сложных системах, где одновременно параллельно протекает несколько процессов. Самым распространенным в настоящее время формализмом, описывающим структуру и взаимодействие параллельных систем и процессов, являются сети Петри (англ. PetriNets), предложенные К. Петри.

Основные соотношения. Теория сетей Петри развивается в нескольких направлениях: разработка математических основ, структурная теория сетей, различные приложения (параллельное программирование, дискретные динамические системы и т. д.).

Формально сеть Петри (*N-схема*) задается четверкой вида $N = \langle B, D, I, O \rangle$,

где B — конечное множество символов, называемых позициями, $B \neq \emptyset$;

D — конечное множество символов, называемых переходами, $D \neq \emptyset, B \cap D \neq \emptyset$;

I — входная функция (прямая функция инцидентности), $I: B \times D \rightarrow \{0, 1\}$;

O — выходная функция (обратная функция инцидентности), $O: D \times B \rightarrow \{0, 1\}$.

Таким образом, входная функция I отображает переход d_j в множество входных позиций $b_i \in I(d_j)$, а выходная функция O отображает переход d_j в множество выходных позиций $b_i \in O(d_j)$. Для каждого перехода $d_j \in D$ можно определить множество входных позиций перехода $I(d_j)$ и выходных позиций перехода $O(d_j)$ как

$$I(d_j) = \{b_i \in B \mid I(b_i, d_j) = 1\}, \quad i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}, n = |B|, m = |D|.$$

$$O(d_j) = \{b_i \in B \mid O(d_j, b_i) = 1\},$$

Аналогично, для каждого перехода $b_i \in B$ вводятся определения множества входных переходов позиции $I(b_i)$ и множества выходных переходов позиции $O(b_i)$:

$$I(b_i) = \{d_j \in D \mid I(d_j, b_i) = 1\},$$

$$O(b_i) = \{d_j \in D \mid O(b_i, d_j) = 1\}.$$

Графически *N-схема* изображается в виде двудольного ориентированного мультиграфа, представляющего собой совокупность позиций и переходов (рис. 1).

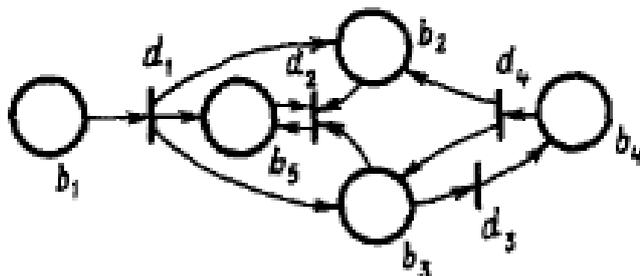


Рис. 1. Графическое изображение N - схемы

Как видно из этого рисунка, граф *N-схемы* имеет два типа узлов: позиции и переходы, изображаемые 0 и 1 соответственно. Ориентировочные дуги соединяют позиции и переходы, причем каждая дуга направлена от элемента одного множества (позиции или перехода) к элементу другого множества (переходу или позиции). Граф *N-схемы* является мультиграфом, так как он допускает существование кратных дуг от одной вершины к другой.

Возможные приложения. Приведенное представление *N-схемы* может использоваться только для отражения статики моделируемой системы (взаимосвязи событий и условий), но не позволяет отразить в модели динамику функционирования моделируемой системы.

$$\begin{aligned}
 N &= \langle B, D, I, O \rangle, \\
 B &= \langle b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 \rangle, \\
 D &= \langle d_1, d_2, d_3, d_4 \rangle, \\
 I(d_1) &= \{b_1\}, & O(d_1) &= \{b_2, b_3, b_5\}, \\
 I(d_2) &= \{b_2, b_3, b_5\}, & O(d_2) &= \{b_5\}, \\
 I(d_3) &= \{b_3\}, & O(d_3) &= \{b_4\}, \\
 I(d_4) &= \{b_4\}, & O(d_4) &= \{b_2, b_3\}.
 \end{aligned}$$

Для представления динамических свойств объекта вводится функция маркировки (разметки) $M: B \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$. Маркировка M есть присвоение неких абстрактных объектов, называемых метками (фишками), позициям *N-схемы*, причем количество меток, соответствующее каждой позиции, может меняться. При графическом задании *N-схемы* разметка отображается помещением внутри вершин-позиций соответствующего числа точек (когда количество точек велико, ставят цифры). Маркированная (размеченная) *N-схема* может быть описана в виде пятерки $N_M = \langle B, D, I, O, M \rangle$ и является совокупностью сети Петри и маркировки M .

Функционирование *N-схемы* отражается путем перехода от разметки к разметке. Начальная разметка обозначается как $M_0: B \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$. Смена разметок происходит в результате срабатывания одного из переходов $d_j \in D$ сети. Необходимым условием срабатывания перехода d_j является $b_i \in I(d_j) \{M(b_i) \geq 1\}$, где $M(b_i)$ — разметка позиции b_i . Переход d_j , для которого выполняется указанное

условие, определяется как находящийся в состоянии готовности к срабатыванию или как возбужденный переход.

Срабатывание перехода d_j изменяет разметку сети $M(b) = (M(b_1), M(b_2), \dots, M(b_n))^2$ на разметку $M'(b)$ по следующему правилу:

$$M'(b) = M(b) - I(d_j) + O(d_j),$$

т. е. переход d_j изымает по одной метке из каждой своей входной позиции и добавляет по одной метке в каждую из выходных позиций. Для изображения смены

$$M \xrightarrow{d_j} M'$$

разметки M на M' применяют обозначение

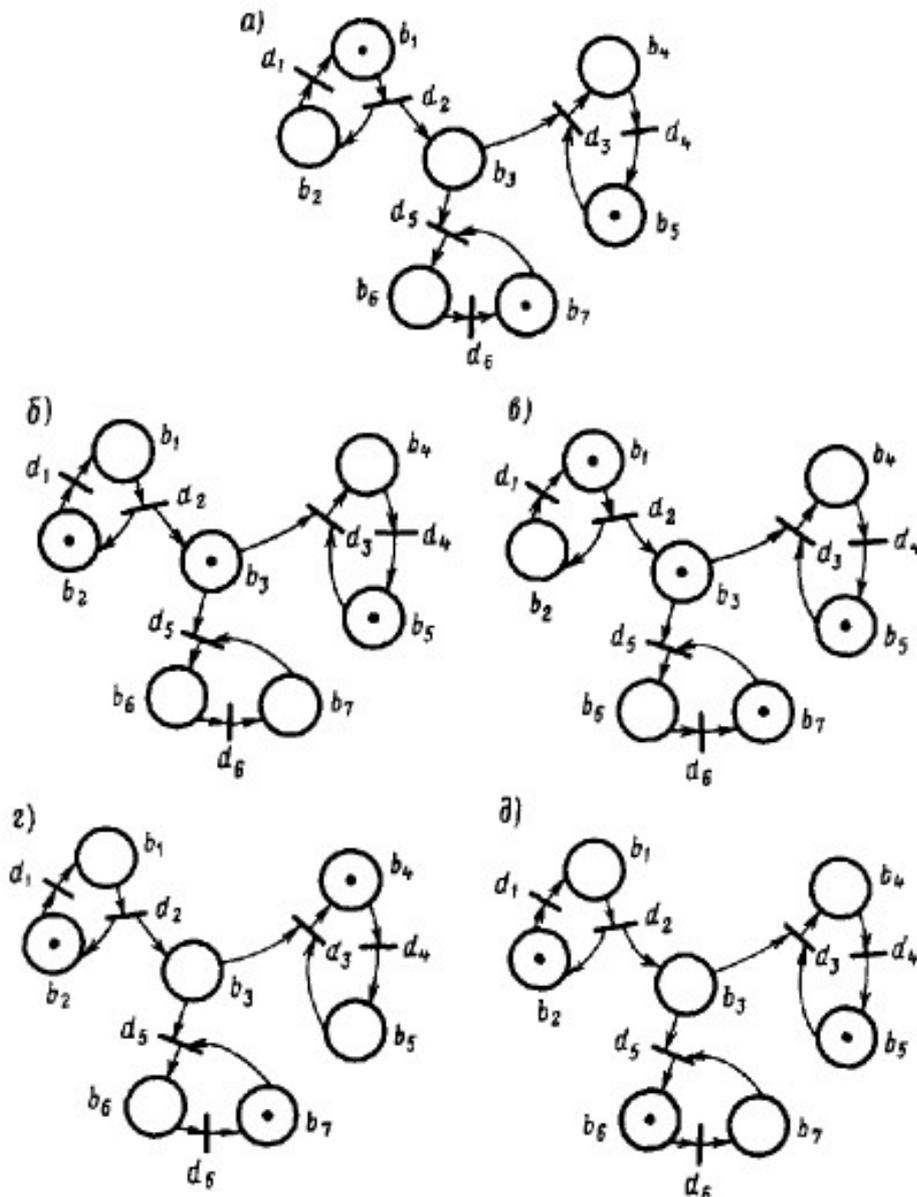


Рис. 2. Пример функционирования размеченной N - схемы

Рекомендуется задание лабораторной работы выполнить с применением CASE-средства RastarUMLDiagrammer. При создании нового файла выбрать в качестве его типа «Flowchart». Внешний вид сетей Петри представлен на рис. 1, 2. Пояснение по наименованиям состояний, переходов и условий следует представить в виде текстового файла MSWord.

Список литературы

- 1 Дж. Ван Гиг. Прикладная общая теория систем. –М.: Мир, 1981. -336 с. –Кн.1. - С. 336 – 733.
- 2 Диалектика и системный анализ. –М.: Наука, 1986. -336 с.
- 3 Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. –М.: СИНЕГ, 2000. -520 с.
- 4 Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ: учеб. пособие для вузов. –М.: Высшая школа, 1989.
- 5 Кирюшин О.В. Построение системного проекта с использованием IDEF-технологии: учеб. пособ. –Уфа: УГНТУ, 2000. -32 с.
- 6 Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирования систем. / пер. с англ. -М.: Мир, 1984. -264 с., ил.
- 7 <http://ru.itmodeling.wikia.com>