

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В УРГЕНТНОЙ ГИНЕКОЛОГИИ

© 2013 Е.И. Новикова

Воронежский государственный технический университет

В статье представлены алгоритмы диагностики ургентной гинекологии на основе имитационного моделирования

Ключевые слова: имитационное моделирование, сеть Петри

Проблема повышения качества и эффективности оказания медицинской помощи больным тесно связана с вопросами диагностики заболеваний, как первичного и неотъемлемого этапа любого лечебного процесса. От своевременности и точности постановки диагноза в решающей степени зависит тактика и результативность врачебной помощи и, следовательно, здоровье и жизнь пациенток. Особенно сказанное относится к женщинам с острой хирургической патологией. Постановка клинического диагноза, являющегося конечной целью диагностического обследования, опирается на совокупность диагностических данных, составляющих содержание всех этапов диагностического процесса.

При поступлении пациентки с острой патологией проведение полного обследования из-за дефицита времени и тяжести ее состояния в большинстве случаев является невозможным.

Острые гинекологические заболевания в 90 % случаев наблюдаются у женщин среднего репродуктивного возраста (25—35 лет), что обуславливает необходимость проведения органосохраняющих операций.

Одним из средств повышения эффективности диагностики данных патологий является автоматизация обработки диагностических данных с использованием современных технологий, а также создание компьютерной системы поддержки принятия решений, которая принимала бы во внимание большой объем диагностической информации и исключала ошибки субъективного характера.

На начальном этапе настоящего исследования рассмотрены различные нозологические формы ургентной гинекологии. Для детального исследования с анализом всей совокупности диагностических признаков использовалась подгруппа ургентных заболеваний представленная на рис. 1.

Решение по управлению, полученное при помощи ЭС, может не всегда устраивать врача принимающего решение, кроме того могут возникать случаи, когда ситуация при помощи этих средств либо не может быть описана, либо отнесена к какому-либо классу. Чтобы в таких ситуациях врач не оказался в безысходном положении, требуется разработка такого математического аппарата, который имел бы средства для:

1) определения принадлежности состояния больной к одной из групп заболеваний на основании данных, получаемых при первичном осмотре;

2) корректировки множества полученных классификационных признаков путем проведения методов диагностики;

3) выявления множеств дифференциально-диагностических признаков, позволяющих построить дифференциальный ряд заболеваний для определения окончательного диагноза, путем имитационного моделирования диагностического процесса.

Для выполнения трех вышеуказанных пунктов требуется рассмотреть, процесс диагностики, который состоит из взаимосвязанных дискретных событий - опроса пациентки (выявление жалоб, данных анамнеза заболевания), процедур осмотра для выявления общего и локального статуса, планирования проведения общих и специальных методик, определения характера заболевания пациентки. А также множества им подобных событий, определяемых спецификой конкретного заболевания и метода исследования.

Для того чтобы событие могло произойти, необходимо выполнение соответствующих ему условий. Взаимосвязь событий и условий их возникновения (например, связь применяемой методики с условиями ее выполнения) легко описывается при помощи теоретического аппарата сетей Петри.

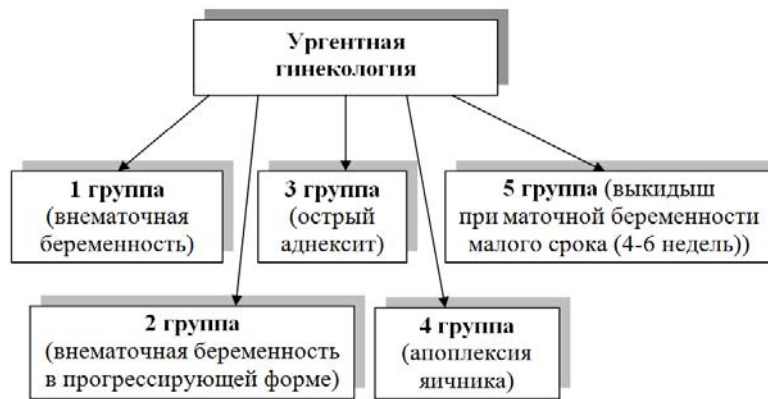


Рис. 1. Обобщенная структура ургентной гинекологии

В связи с этим предлагается сетевая модель, в которой причинно-следственная связь описывается при помощи структуры, которая напоминает построение сети Петри. Узлами такой сети являются классы условий (наборы классификационных признаков заболеваний, выявленных у пациентки) и управляющие выводы (методики исследования, используемые при проведении методов лучевой диагностики) - соответственно, позиции и переходы сети. Отличие от традиционной сети Петри заключается в том, что наличие инцидентов (как входных, так и выходных) между управляющими выводами (переходами) и условиями (позициями) зависит еще от того, к какому классу (группе заболеваний) принадлежат условия (наборы классификационных признаков) сложившейся на объекте управления ситуации (т.е. признаки, выявленные у больной на предыдущих этапах исследования).

В работе использовалась модификация сетей Петри для построения функциональной модели диагностической системы. Особенность модифицированной сети заключается в том, что она является: временной, то есть учитывает продолжительность срабатывания переходов; приоритетной, то есть имеет средства для разрешения конфликтных ситуаций.

Модификация сетей Петри представляется в виде совокупности множеств:

$$N = (d, b, I, O, \Delta t, K, \mu_0),$$

где d - множество переходов (методик), которые могут возникнуть в процессе диагностики;

b - множество позиций (классификационных признаков заболеваний), каждое из которых соответствует определенному подмножеству переходов (методик) в качестве пред- или постусловий (признаков заболеваний) выполнения той или иной методики;

I - функция входных инцидентов – условий по возможности выполнения той или иной методики при заданном наборе классификационных признаков;

O - функция выходных инцидентов – способность методики генерировать данные (наборы классификационных признаков) по мере ее применения;

Δt - интервал времени имитации;

K - множество времен окончания обработки переходов (методик), возбужденных (проводимых) в текущий момент времени;

μ_0 - начальная маркировка модифицированной сети Петри (исходная диагностическая ситуация).

Имитационная сетевая модель рассматриваемой задачи диагностики заболеваний ургентной гинекологии представлена на рис. 2.

Рассмотрим подробно структуру данной сети. Маркированная схема процесса диагностики заболеваний ургентной гинекологии описана в виде пятерки $\langle B, D, I, O, M \rangle$ и является совокупностью сети Петри и маркировки M .

$$B = \langle b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9, b_{10}, b_{11}, b_{12}, b_{13} \rangle,$$

$$D = \langle d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}, d_{11}, d_{12}, d_{13}, d_{14}, d_{15}, d_{16}, d_{17}, d_{18}, d_{19}, d_{20} \rangle.$$

Под переходами будем понимать события, происходящие в лечебно-диагностической системе (выполнение диагностических, аналитических и вспомогательных операций), а также события, обладающие фиксированной продолжительностью, соответственно, позиции будут представлять собой условия, выполнение которых влечет за собой реализацию переходов.

Функциональные назначения позиций указаны в таблице 1, а входные и выходные позиции переходов – в таблице 2.

Для представления динамических свойств объекта вводится функция маркировки M . При

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ...

начальной разметке схемы $M_I = \{1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$ единственным готовым к срабатыванию является переход d_1 , срабатывание которого ведет к смене разметки $M_I \xrightarrow{d_1} M_2$, где $M_2 = \{0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$.

Построение сети организовано таким образом, что какие бы переходы не срабатывали, в итоге получится маркировка $M_n = \{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1\}$, то есть последним будет событие b_{10} – постановка диагноза заболевания ургентной гинекологии.

Разработанная модификация сетей Петри, правила их функционирования и алгоритмическая поддержка имитации функционирования процесса диагностики позволяют:

1. Отслеживать текущее состояние системы диагностики;
2. Проводить вариацию диагностических мероприятий.

Таблица 1

Функциональные назначения позиций

Наименование позиции	Функциональное значение позиции
b0	Начало процесса диагностики
b1	Бимануальное обследование признаков заболеваний
b2	Лабораторно-клинические исследования признаков заболеваний
b3	Трансвагинальное ультразвуковое исследование
b4	Трансабдоминальное ультразвуковое исследование
b5	Функциональные тесты
b6	Рентгеноскопия
b7	Гистероскопия
b8	Кульдоскопия
b9	Лапароскопия
b10	Анализ симптоматики и постановка диагноза

Таблица 2

Входные и выходные позиции переходов

Входные позиции	Выходные позиции	Входные позиции	Выходные позиции
$I(d_1)=\{b_0\}$	$O(d_1)=\{b_1, b_2\}$	$I(d_{10})=\{b_6\}$	$O(d_{10})=\{b_{10}\}$
$I(d_2)=\{b_1, b_2\}$	$O(d_2)=\{b_4\}$	$I(d_{11})=\{b_6\}$	$O(d_{11})=\{b_8\}$
$I(d_3)=\{b_1, b_2\}$	$O(d_3)=\{b_3\}$	$I(d_{12})=\{b_6\}$	$O(d_{12})=\{b_9\}$
$I(d_4)=\{b_4\}$	$O(d_4)=\{b_5\}$	$I(d_{13})=\{b_7\}$	$O(d_{13})=\{b_8\}$
$I(d_5)=\{b_3\}$	$O(d_5)=\{b_5\}$	$I(d_{14})=\{b_7\}$	$O(d_{14})=\{b_9\}$
$I(d_6)=\{b_5\}$	$O(d_6)=\{b_6\}$	$I(d_{15})=\{b_7\}$	$O(d_{15})=\{b_{10}\}$
$I(d_7)=\{b_5\}$	$O(d_7)=\{b_7\}$	$I(d_{16})=\{b_9\}$	$O(d_{16})=\{b_{10}\}$
$I(d_8)=\{b_4\}$	$O(d_8)=\{b_{10}\}$	$I(d_{17})=\{b_8\}$	$O(d_{17})=\{b_{10}\}$
$I(d_9)=\{b_3\}$	$O(d_9)=\{b_{10}\}$		

Теоретическим аппаратом сетей Петри также воспользуемся для описания связи определенного набора признаков ургентной гинекологии с постановкой диагноза по наличию или отсутствию этих признаков.

На рис. 3 представлена имитационная сетевая модель диагностики заболеваний ургентной гинекологии по классификационным признакам. Узлами такой сети являются классы условий (наборы классификационных признаков заболеваний, выявленных у пациентки) и управляющие выводы (наличие или отсутствие набора признаков у пациентки) – соответственно позиции и переходы сети.

Как и предыдущая сеть, маркированная схема процесса диагностики ургентной гинекологии, описывается в виде пятерки $\langle B, D, I, O, \mu \rangle$ и является совокупностью сети Петри и маркировки μ , где B – множество условий (позиций) – признаков, используемых в ходе исследования, D – множество классов правил – наличие совокупности признаков, I – множество входных функций, O – множество выходных функций.

$$B = \langle b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, \dots, b_{32} \rangle,$$

$$D = \langle d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, \dots, d_{27} \rangle.$$

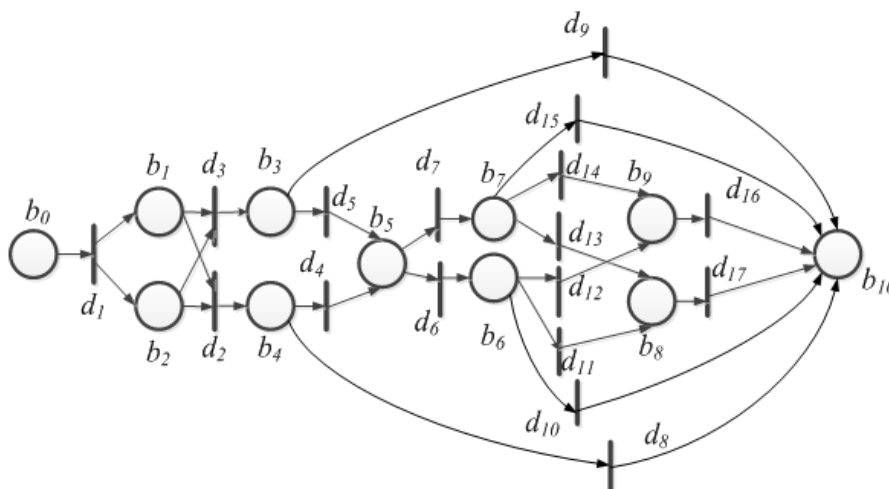


Рис. 2. Сетевая имитационная модель для процесса диагностики ургентной гинекологии

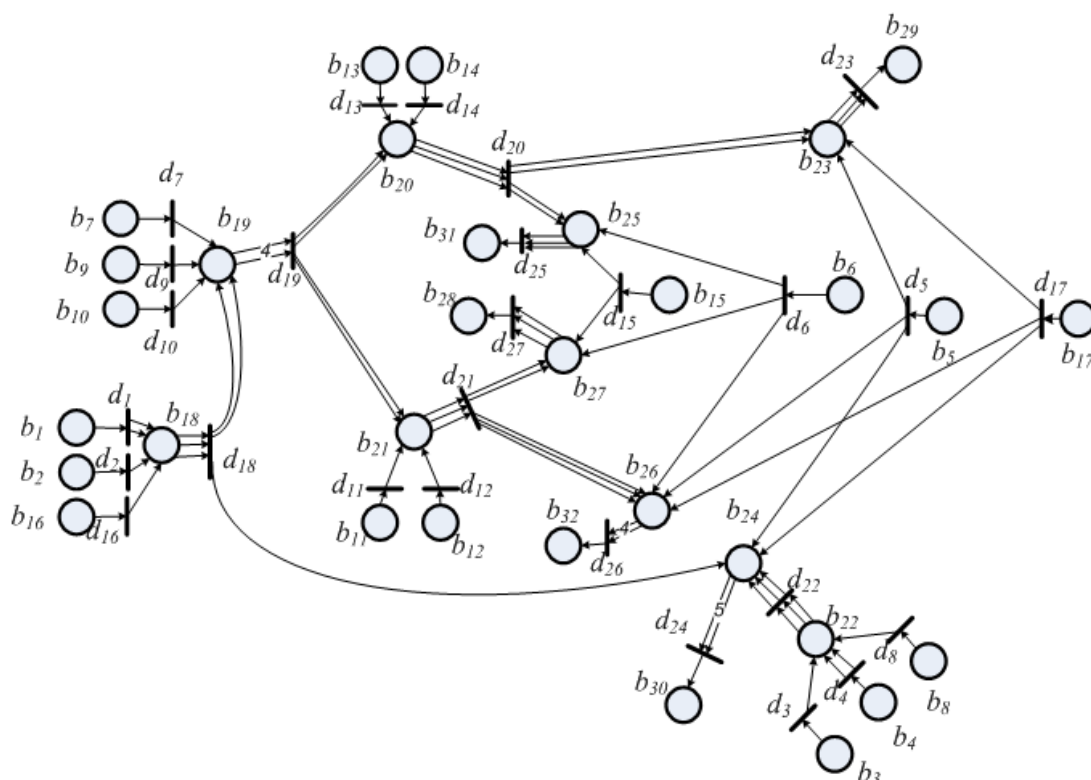


Рис. 3. Графическое изображение сетевой имитационной модели диагностики в ургентной гинекологии

Функциональные назначения позиций указаны в таблице 3, а входные и выходные позиции переходов – в таблице 4.

Таблица 3

Функциональные назначения позиций

Наименование позиции	Функциональное значение позиции
b1	Острая, схваткообразная и ноющая боли
b2	Нарушение менструального цикла
b3	Нагрубание молочных желез
b4	Воспаление придатков
b5	Слабость
b6	Головокружение
b7	Тошнота, рвота
b8	Рези при мочеиспускании
b9	Повышение температуры
b10	Низкое АД
b11	Изменение размера матки
b12	Ярко-кровенные выделения
b13	Геморрагический шок
b14	Кровотечение
b15	Кожные покровы бледные
b16	Раздражение брюшины
b17	Потеря сознания
b18	Наличие признака b1 и одного из признаков b2, b16
b19	Наличие признака b18 и любое сочетание двух признаков из b7, b9, b10
b20	Наличие признака b19 и одного из признаков b13, b14
b21	Наличие признака b19 и одного из признаков b11, b12
b22	Наличие признака b4 и одного из признаков b3, b8

Продолжение табл. 3

Наименование позиции	Функциональное значение позиции
b23	Наличие признака b20 и одного из признаков b5, b17
b24	Наличие признака b22 и любое сочетание двух признаков из b5, b17, b18
b25	Наличие признака b20 и одного из признаков b6, b15
b26	Наличие признака b21 и одного из признаков b5, b6, b17
b27	Наличие признака b21 и одного из признаков b6, b15
b28	ВМБ
b29	ВМБ в прогрессирующей форме
b30	Острый аднексит
b31	Апоплексия яичника
b32	Выкидыш при маточной беременности малого срока (4-6 недель)

Начальная маркировка схемы имеет несколько вариантов. Это зависит от наличия признаков заболеваний у пациентки. Присутствие какого-либо одного признака недостаточно для определения заболевания.

Например, если у пациентки присутствуют следующие признаки и симптомы: острая, схваткообразная или ноющая боль, нарушение менструального цикла, воспаление придатков, головокружение, рези при мочеиспускании, потеря сознания. В связи с этим начальная разметка сети Петри будет следующей: $\mu_0\{1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$.

Входные и выходные позиции переходов

Входные позиции	Выходные позиции	Входные позиции	Выходные позиции
$I(d_1) = \{b_1\}$	$O(d_1) = \{b_{18}, b_{18}\}$	$I(d_{15}) = \{b_{15}\}$	$O(d_{15}) = \{b_{25}, b_{27}\}$
$I(d_2) = \{b_2\}$	$O(d_2) = \{b_{18}\}$	$I(d_{16}) = \{b_{16}\}$	$O(d_{16}) = \{b_{18}\}$
$I(d_3) = \{b_3\}$	$O(d_3) = \{b_{22}\}$	$I(d_{17}) = \{b_{17}\}$	$O(d_{17}) = \{b_{23}, b_{24}, b_{26}\}$
$I(d_4) = \{b_4\}$	$O(d_4) = \{b_{22}, b_{22}\}$	$I(d_{18}) = \{b_{18}, b_{18}, b_{18}\}$	$O(d_{18}) = \{b_{19}, b_{19}, b_{24}\}$
$I(d_5) = \{b_5\}$	$O(d_5) = \{b_{23}, b_{24}, b_{26}\}$	$I(d_{19}) = \{b_{19}, b_{19}, b_{19}, b_{19}\}$	$O(d_{19}) = \{b_{20}, b_{20}, b_{21}, b_{21}\}$
$I(d_6) = \{b_6\}$	$O(d_6) = \{b_{25}, b_{26}, b_{27}\}$	$I(d_{20}) = \{b_{20}, b_{20}, b_{20}\}$	$O(d_{20}) = \{b_{23}, b_{23}, b_{25}, b_{25}\}$
$I(d_7) = \{b_7\}$	$O(d_7) = \{b_{19}\}$	$I(d_{21}) = \{b_{21}, b_{21}, b_{21}\}$	$O(d_{21}) = \{b_{26}, b_{26}, b_{26}, b_{27}, b_{27}\}$
$I(d_8) = \{b_8\}$	$O(d_8) = \{b_{22}\}$	$I(d_{22}) = \{b_{22}, b_{22}, b_{22}\}$	$O(d_{22}) = \{b_{24}, b_{24}, b_{24}\}$
$I(d_9) = \{b_9\}$	$O(d_9) = \{b_{19}\}$	$I(d_{23}) = \{b_{23}, b_{23}, b_{23}\}$	$O(d_{23}) = \{b_{29}\}$
$I(d_{10}) = \{b_{10}\}$	$O(d_{10}) = \{b_{19}\}$	$I(d_{24}) = \{b_{24}, b_{24}, b_{24}, b_{24}, b_{24}\}$	$O(d_{24}) = \{b_{30}\}$
$I(d_{11}) = \{b_{11}\}$	$O(d_{11}) = \{b_{21}\}$	$I(d_{25}) = \{b_{25}, b_{25}, b_{25}\}$	$O(d_{25}) = \{b_{31}\}$
$I(d_{12}) = \{b_{12}\}$	$O(d_{12}) = \{b_{21}\}$	$I(d_{26}) = \{b_{26}, b_{26}, b_{26}, b_{26}\}$	$O(d_{26}) = \{b_{32}\}$
$I(d_{13}) = \{b_{13}\}$	$O(d_{13}) = \{b_{20}\}$	$I(d_{27}) = \{b_{27}, b_{27}, b_{27}\}$	$O(d_{27}) = \{b_{28}\}$
$I(d_{14}) = \{b_{14}\}$	$O(d_{14}) = \{b_{20}\}$		

При разметке μ_0 последовательно срабатывают переходы $d_1, d_2, d_4, d_6, d_8, d_{17}$. Это приводит к разметке $\mu_{11}\{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 3, 1, 1, 1, 2, 1, 0, 0, 0, 0, 0\}$.

При такой разметке срабатывают переходы d_{18} и d_{22} , что приводит к маркировке $\mu_{12}\{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 0, 0, 0, 1, 5, 1, 2, 1, 0, 0, 0, 0, 0\}$.

Далее может сработать только один переход d_{24} , срабатывание которого приведет к окончательной разметке $\mu_{13}\{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 2, 1, 0, 0, 1, 0, 0\}$, что соответствует диагнозу «Острый аднексит».

На основе разработанной сети Петри было протестировано 10 пациенток. Из всех пациенток, для которых была применена данная методика постановки диагноза, лишь одной пациентки был поставлен неправильный диагноз. Таким образом, достоверность постановки диагноза по данной модели составила 90 %.

Разработанные имитационные модели легли в основу создания информационно-программного обеспечения системы диагностики заболеваний urgentной гинекологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Новикова Е.И. Характеристика информативности методов диагностики urgentной гинекологии / Е.И. Новикова, Е.В. Чернова // Интеллектуальные информационные системы: тр. всеросс. конф. Воронеж: ВГТУ, 2012. С.176-177.
- Новикова Е.И. Исследование и анализ гинекологических заболеваний требующих оказания неотложной помощи / Е.И. Новикова, Е.В. Чернова // Интеллектуальные информаци-

онные системы: тр. всеросс. конф. Воронеж: ВГТУ, 2012. С.160-161

3. Новикова Е.И. Алгоритмизация и управление процессом диагностики гинекологических заболеваний на основе многовариантного моделирования / Е.И. Новикова, О.В. Родионов // монография. Воронеж: ВГТУ, 2012. 132 с.

4. Новикова Е.И. Разработка решающих правил для прогнозирования диагноза опухолей матки и яичников / Е.И. Новикова, О.В. Родионов, М.В. Фролов // Вестник Воронеж: ВГТУ, 2006. Т. 2. № 7. С. 27 – 30.

5. Новикова Е.И. Алгоритмизация и управление процессом диагностики гинекологических заболеваний на основе многовариантного моделирования / Е.И. Новикова, О.В. Родионов, А.Ю. Фаустова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. М. 2007. Т. 6 № 2. С. 434-438.

6. Новикова Е.И., Родионов О.В., Коровин Е.Н. Моделирование биомедицинских систем. Воронеж: ВГТУ. 2008. 196 с.

APPLICATION PETRI NETS FOR DECISION SUPPORT IN EMERGENCY GYNECOLOGY

E.I. Novikova

Voronezh State Technical University

The paper presents the algorithms for diagnosis of urgent gynecology based simulation

Keywords: simulation, Petri net