

УДК 004.652

## МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ ПЕТРИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

А.С. МИТРОХИН

*ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет», г. Пенза*

---

*Ключевые слова и фразы:* информатизация медицины; информационная поддержка медицины; моделирование информационных систем; сети Петри.

*Аннотация:* Описываются результаты применения теории сетей Петри для моделирования распределенных информационных процессов в современных медицинских системах, рассмотренные на примере организации экспертной информационной поддержки медицинской диагностики.

---

Информационные процессы в современной медицине приобретают все более распределенный характер. Сейчас это касается не только задач здравоохранения в целом или медицинской статистики, но и задач информатизации медицинских объединений, отдельных лечебных учреждений и, наконец, самого лечебно-диагностического процесса.

С одной стороны, этому способствует развитие и удешевление аппаратно-программных средств и каналов связи, с другой – политика государства, стремящегося укрепить здоровье нации, и достаточно активная коммерциализация медицины.

Любая информационная система, а особенно не имеющая достаточной практики применения, требует предпроектного моделирования. Организация медицинской информационной системы (МИС), кроме того, имеет ряд особенностей, и лишь в последнее время предпринимаются попытки дать само определение медицинского технологического процесса [3].

Являясь достаточно сложной распределенной системой, МИС требует соответствующего аппарата моделирования.

В настоящей статье описываются отдельные результаты работы автора, посвященной этой задаче.

Промоделируем работу медицинского центра, консультирующего своих сотрудников в удаленно расположенных филиалах, мобильных госпиталях, врачей работающих по вызову, врачей скорой помощи (или в ряде других случаев, требующих оперативного получения кон-

сультаций свободного на данный момент специалиста – профессионала). Особенно важна организация такого информационного обмена в экстренных случаях, угрожающих здоровью человека.

Для построения модели используем двухуровневую вложенную сеть Петри. В настоящее время модернизированный И.А. Ломазовой формализм сетей Петри [1; 2] представляется для этого случая наиболее оптимальным решением.

Определим некоторое множество практикующих (лечащих) врачей, периодически нуждающихся в консультациях экспертов-профессионалов. Эксперты – это заведомо определенный конечный состав (конечное множество) специалистов, имеющих в системе статус эксперта.

Врач обращается к экспертам (делает запрос по сети), удаленно соединяется со свободным экспертом, какое-то время получает консультацию и освобождает эксперта. Если в момент обращения все эксперты заняты, включается режим ожидания освобождения эксперта.

В общем случае количество обращающихся к экспертам лечащих врачей определим как неограниченное, а количество экспертов конечным. Такой случай характерен, например, для глобальной сети медицинского сообщества.

Далее перейдем к обозначениям и понятиям, используемым в теории сетей Петри.

Обозначим экспертов множеством  $E$ , имеющем  $K$  экспертов.

Работа (действия) лечащего врача будет описываться элементарной сетью Петри (ЭС), а действия экспертов будут описываться (моделироваться) уже системной сетью (СС), которая является сетью Петри высокого уровня.

Для этой сети выберем фишки (маркеры) следующих типов: черные для межпозиционных условий, другого цвета – для экспертов, и сетевые фишки – для лечащих врачей.

Обозначим позиции в сети ЭС, моделирующей действия врача, следующим образом:

D0 – к лечащему вручу поступил пациент;

D1 – лечащий врач готов начать работу с пациентом;

D2 – лечащий врач нуждается в консультации эксперта;

D3 – лечащий врач обращается за консультацией;

D4 – лечащий врач работает под руководством эксперта (получает консультацию);

D5 – лечащий врач закончил работу.

В системной сети, моделирующей действия экспертов, позиции будут иметь следующие обозначения:

S0 – центр готов к работе (есть доступ врачей к сообществу экспертов);

S1 – лечащие врачи, обратившиеся за консультацией (сделавшие запрос);

S2 – лечащие врачи, получающие консультацию эксперта (получившие доступ);

S3 – количество оказанных консультаций;

S4 – эксперты, не задействованные в консультационной работе;

S5 – лечащие врачи, получившие консультацию и освобождающие экспертов.

Для описанных условий вложенная сеть (системная сеть и элементарные сети) в состоянии начальной разметки показана на рис. 1.

Сеть СС – сеть высокого уровня, поэтому дуги в ней обозначаются выражениями. Переменная  $e$  может иметь значения из множества элементарных сетей (сетей абонентов системы), а переменная  $d$  соответствует цветной фишке, обозначающей эксперта.

Константы  $D$  определяют состояние (разметку) сети ЭС, при которой в позиции  $D$  имеется только одна фишка. Дуге, у которой нет обозначения, соответствует константа 1 (в классической теории сетей Петри это означает, что она перемещает одну черную фишку).

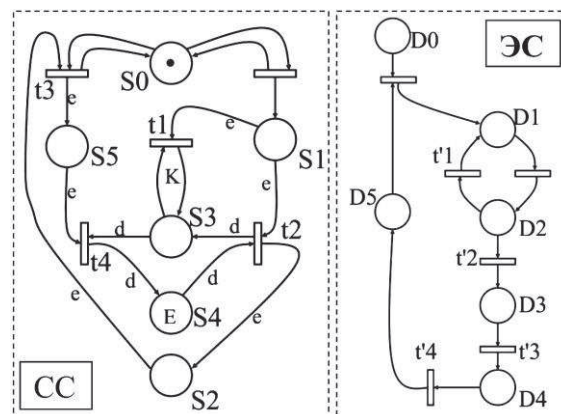
В элементарной сети есть только одна черная фишка D1 («лечащий врач готов начать лечение пациента»), D0 в начальной разметке фи-

шек не имеет («у врача нет пациентов, при лечении которых ему необходима консультация»). Так как в начальной разметке СС фишек нет, элементарная сеть (поведение врача) в системной сети экспертов описывается переменными и постоянными, имеющимися в системной сети.

Из теории вложенных сетей Петри следует, что переход в сети любого вида, не обозначенный меткой, может срабатывать независимо, причем для системной сети по известным правилам сетей Петри высокого уровня. При этом сетевые фишки работают как простые (без внутренней структуры), а разметка сетевой фишки при срабатывании независимого перехода в СС не меняет.

В ЭС аналогичные переходы тоже срабатывают независимо, но при вложенной организации сетей даже после срабатывания перехода в ЭС и получения новой разметки в системной сети она будет на прежнем месте.

При моделировании информационного обмена в рассматриваемой системе централизованной консультационной поддержки практикующих медиков одним из условий является то, что работа сетевого центра и работа врачей-абонентов должна быть максимально синхронизирована, исключая «простои» высококвалифицированных экспертов и задержки принятия решений. Как раз вложенные сети Петри учитывают необходимость такой синхронизации. На схемах, приводимых в настоящей



**Рис. 1.** Вложенная сеть Петри, моделирующая удаленный информационно-диагностический процесс: S0 подтверждает условие: «есть доступ к экспертам» (черная фишка одна), S4 (наличие свободных экспертов) соответствует множеству  $E$  из  $K$  фишек одного цвета

статье, переходы помечены парами символов  $t$  и  $t'$ , для системной и элементной сети соответственно. Это синхронно срабатывающие переходы.

В рамках настоящей статьи построена начальная разметка сети, но даже ее предварительный анализ демонстрирует работоспособность модели.

Таким образом, показана возможность применения формализма вложенных сетей Петри при моделировании поставленной в начале статьи задачи организации информационного обмена в распределенном процессе удаленной экспертной медицинской диагностики.

Следует отметить, что применимость такой модели при проектировании информационных

медицинских систем не ограничивается только описанной ситуацией. С помощью этого математического аппарата может быть, например, промоделирован процесс, при котором сам пациент обращается за консультацией врача (в том числе используя все более активно развивающуюся систему удаленной записи на прием – «электронной регистратуры»). В этом случае действия пациента так же могут быть промоделированы элементной сетью общей сети. Такой же подход может быть применен и при моделировании процесса построения системы эффективного использования диагностического оборудования, например, при работе передвижных пунктов лечебно-диагностической помощи.

### **Литература**

1. Котов, В.Е Сети Петри / В.Е. Котин. – М. : Наука, 1984. – 432 с.
2. Ломазова, И.А. Моделирование мультиагентных систем вложенными сетями Петри / И.А. Ломазова // Программные системы: Теоретические основы и приложения : ФИЗМАТЛИТ, 1999. – С. 143–156.
3. Назаренко Г.И. Основы теории медицинских технологических процессов / Г.И. Назаренко, Г.С. Осипов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 144 с.

### **References**

---

#### **Modelling Using Petri Nets of Distributed Processes of Information Support for Medical Diagnostics**

A.S. Mitrokhin

*Penza State University, Penza*

*Key words and phrases:* informatization of medicine; medical information support; modeling of information systems; Petri nets.

*Abstract:* We describe the results of the theory of Petri nets for modeling of distributed information processes in modern healthcare systems, considered by the example of the organization of expert information support for medical diagnosis.

---

© А.С. Митрохин, 2011