

# РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДИАГНОСТИКИ ХРОНИЧЕСКИХ ДИФFUЗНЫХ ПОРАЖЕНИЙ ПЕЧЕНИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

© 2009 Е.Н. Коровин, О.В. Родионов, М.М. Сысоев

*Воронежский государственный технический университет  
Воронежский областной клинический консультативно-диагностический центр*

Предлагается формализация функционирования экспертной системы управления процессом диагностики хронических диффузных поражений печени (ХДПП) на основе алгоритмов и математического аппарата сетей Петри

**Ключевые слова:** заболевания печени, диагностика, динамическая компьютерная томография

Диагностика хронических диффузных поражений печени характеризуется достаточно высокой частотой ошибок, которая, по данным некоторых авторов, связана с тем, что клиническая симптоматика части заболеваний этой группы (хронический гепатит, жировой гепатоз и др.) в типичных случаях слабо выражена, малоспецифична, вследствие чего, нередко остается незамеченной клиницистами, поэтому разработка экспертной системы управления процессом диагностики на основе математических моделей и алгоритмов является достаточно актуальной проблемой.

На основании результатов анализа методов диагностики ХДПП предлагается следующая схема применения общеклинических, стандартных и специальных лучевых, а также КТ и ДКТ исследований пациентов с ХДПП (рис. 1).

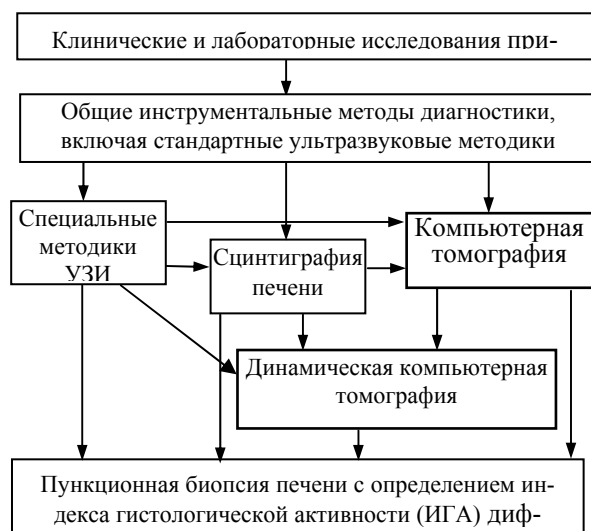


Рис. 1. Схема применения различных методов исследований при ХДПП

Все указанные критерии диагностики (рис. 1) участвуют в процессе формирования вывода при имитации процесса диагностики. Исходя из соображений влияния каждого из них на формирование математических моделей все условия (ситуации), возникающие в ходе функционирования системы,

также предлагается разбить на две группы: 1) условия однозначных диагностических ситуаций; 2) условия неоднозначных диагностических ситуаций. В первой группе условий управление системой диагностики зависит только от текущего состояния, сложившегося на объекте имитации. В этом случае каждой такой ситуации можно поставить в соответствие одно конкретное правило (конкретный диагноз) по генерации вывода. Процесс принятия решений состоит из анализа условий и формирования соответствующего диагноза.

Ко второй группе относятся условия, при которых решение по управлению зависит как от текущего состояния на объекте обследования, так и от внешней среды в целом (возможные изменения состояния пациента и характера течения процесса поражения). Группу неоднозначных условий разделим на две подгруппы, к первой из которых отнесем условия, которые нельзя отнести ни к одному из известных к данному моменту классов (необходимо участие эксперта в обучении системы); ко второй будут относиться классы условий, к каждому из которых применим известный набор правил, однако не исключается участие эксперта для возможного принятия решения.

На основе анализа методов исследований ХДПП был разработан алгоритм моделирования процесса диагностики ХДПП (рис. 2).

Построение структурной модели, основанной на представлении знаний правилами, при помощи которой было бы возможно производить настройку экспертной системы управления процессом диагностики (ЭСУПД) на реальные процессы формирования плана диагностики. Структурная модель должна быть объектно-ориентирована, т.е. должна учитывать следующие факторы: связь конкретных методов исследования с группами поражений печени; условия, при которых возможно применение той или иной совокупности методик; взаимосвязь между сходными по клинко-симптоматическим признакам заболеваниями; наличие методов, позволяющих предотвратить или значительно уменьшить побочные влияния разного рода внешних и внутренних факторов при проведении исследований. Способ вывода должен иметь средства для определения

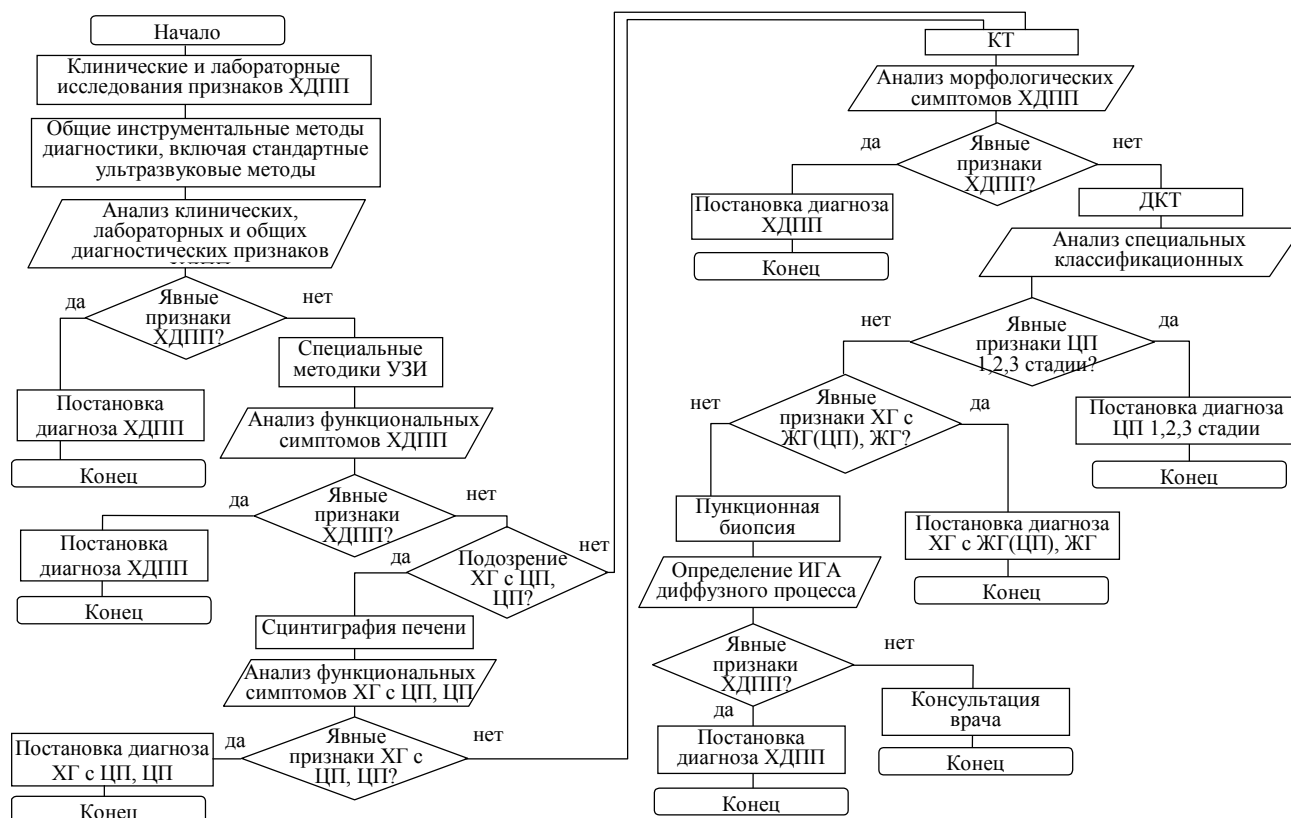


Рис. 2. Алгоритм процесса диагностики ХДПП

наличия классификационных признаков той или иной группы ХДПП путем анализа соответствующих факторов и в зависимости от этого предлагать ту или иную методику исследования.

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 пациента при ХДПП) и управляющие выводы (методики исследования, используемые при проведении методов лучевой диагностики) - соответственно позиции и переходы сети.

Построение имитационной модели функционирования движения информационных потоков на основе модифицированных сетей Петри происходило по следующим этапам: изучение особенностей задачи «Построение дифференциально-диагностического ряда»; выделение событий, происходящих в исследуемой системе, условий их возникновения и причинно-следственных связей между ними; построение модифицированной сетевой модели для имитации.

Имитационная сетевая модель рассматриваемой задачи диагностики ХДПП показана на рис. 3.

Функциональные назначения условий и переходов указаны в табл. 1.

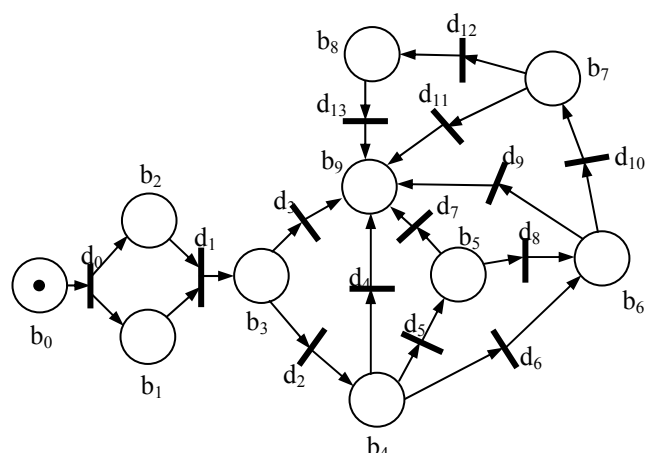


Рис. 3. Графическое изображение сетевой имитационной модели диагностики

Таблица 1  
Функциональные назначения условий и переходов

Наименование позиции	Функциональное значение позиции
b <sub>0</sub>	Начало процесса диагностики ХДПП
b <sub>1</sub>	Клинические исследования признаков ХДПП
b <sub>2</sub>	Лабораторные исследования признаков ХДПП
b <sub>3</sub>	Общие инструментальные методы диагностики, включая стандартные ультразвуковые методы

Продолжение табл. 1

Наименование позиции	Функциональное значение позиции
$b_0$	Начало процесса диагностики ХДПП
$b_1$	Клинические исследования признаков ХДПП
$b_2$	Лабораторные исследования признаков ХДПП
$b_3$	Общие инструментальные методы диагностики, включая стандартные ультразвуковые методы

Маркированная схема процесса диагностики ХДПП может быть описана в виде пятерки  $\langle B, D, I, O, M \rangle$  и является совокупностью сети Петри и маркировки  $M$ .

$$B = \langle b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9 \rangle,$$

$$D = \langle d_0, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}, d_{11}, d_{12}, d_{13} \rangle,$$

$$\begin{aligned} I(d_0) &= \{b_0\}, & O(d_0) &= \{b_1, b_2\}, \\ I(d_1) &= \{b_1, b_2\}, & O(d_1) &= \{b_3\}, \\ I(d_2) &= \{b_3\}, & O(d_2) &= \{b_4\}, \\ I(d_3) &= \{b_3\}, & O(d_3) &= \{b_9\}, \\ I(d_4) &= \{b_4\}, & O(d_4) &= \{b_9\}, \\ I(d_5) &= \{b_4\}, & O(d_5) &= \{b_5\}, \\ I(d_6) &= \{b_4\}, & O(d_6) &= \{b_6\}, \\ I(d_7) &= \{b_5\}, & O(d_7) &= \{b_9\}, \\ I(d_8) &= \{b_5\}, & O(d_8) &= \{b_6\}, \\ I(d_9) &= \{b_6\}, & O(d_9) &= \{b_9\}, \\ I(d_{10}) &= \{b_6\}, & O(d_{10}) &= \{b_7\}, \\ I(d_{11}) &= \{b_7\}, & O(d_{11}) &= \{b_9\}, \\ I(d_{12}) &= \{b_7\}, & O(d_{12}) &= \{b_8\}, \\ I(d_{13}) &= \{b_8\}, & O(d_{13}) &= \{b_9\}. \end{aligned}$$

Начальная маркировка схемы  $M_0 = \{1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$ . При такой начальной разметке схемы единственным готовым к срабатыванию является переход  $d_0$ , срабатывание которого ведет в смене разметки  $M_0 \xrightarrow{d_0} M_1$ , где  $M_1 = \{0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$ . Далее срабатывает переход  $d_1$ , что приводит к новой маркировке  $M_2 = \{0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$ . При разметке  $M_2$  возможно срабатывание переходов  $d_2$  или  $d_3$ , в зависимости от того какой переход сработает получим  $M_3^I = \{0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0\}$  или  $M_3^{II} = \{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1\}$ . Если  $d_2$  получаем  $M_3^I$  и процесс продолжается, а если  $d_3$ , то  $M_3^{II}$  и в этом случае ни один из переходов не может быть запущен и выполнение сети прекращается. Построение сети организовано таким образом, что какие бы переходы не срабатывали в итоге получится маркировка  $M_n = \{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1\}$ , т.е. последним будет событие  $b_9$  – постановка диагноза ХДПП.

Разработанная модификация сетей Петри, правила их функционирования и алгоритмическая поддержка имитации функционирования процесса диагностики позволяют: проводить формирование функциональной модели СД; отслеживать текущее состояние системы диагностики и проводить генерацию вариантов управления путем имитации.

Таким образом, предложенная методика формализации процессов функционирования системы диагностики ХДПП на основе математического аппарата сетей Петри и экспертных систем способствует ее эффективному применению методов лучевой диагностики при исследовании хронических диффузных поражений печени с учетом текущего состояния пациента и условий внешней среды.

После построения предложенной логической модели планирования диагностики появляется возможность идентификации структуры комплексного обследования для вновь поступившего больного. В сложившейся ситуации требуется разработка такого алгоритмического аппарата, который имел бы средства для: определения принадлежности состояния больного к одной из групп заболеваний (формирование множества классификационных признаков) на основании данных, получаемых при первичном осмотре; корректировки множества полученных классификационных признаков путем проведения метода КТ диагностики; получения дифференциального диагноза.

Таким образом, в данном случае имеет место планирование процесса оценки эффективности под наблюдением врача-эксперта, роль которого заключается в корректировке информации в ходе КТ исследования.

На практике ЭСУПД была включена как часть в АСУ Воронежского областного клинического консультативно-диагностического центра с использованием клинической информации гепатологического отделения Воронежской городской клинической больницы № 12 и данных компьютерной томографии отдела лучевой диагностики для автоматизации процесса комплексного обследования.

Во время функционирования ЭСУПД в рамках комплекса решались задачи настройки на реальную диагностическую ситуацию, генерации вариантов управляющих выводов. Интерфейс ЭС УПД ХДПП с представлением результатом клинического обследования, биохимического анализа и данных КТ, ДКТ представлен на рис. 4.

Использование разработанного методического комплекса позволило значительно повысить качество диагностики за счет предложенного метода динамического сканирования при одновременном болюсном внутривенном введении контрастного вещества, что позволило получить экономический эффект в результате получения наиболее достоверных данных о стадиях ХДПП в исследуемом периоде.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунаевский О.А. Дифференциальная диагностика заболеваний печени. Л.: Медицина, 1985. 163 с.
2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 263 с.
3. Сысоев М.М., Петросян С.Л., Черняев Е.П. Моделирование процесса выбора лучевых методов

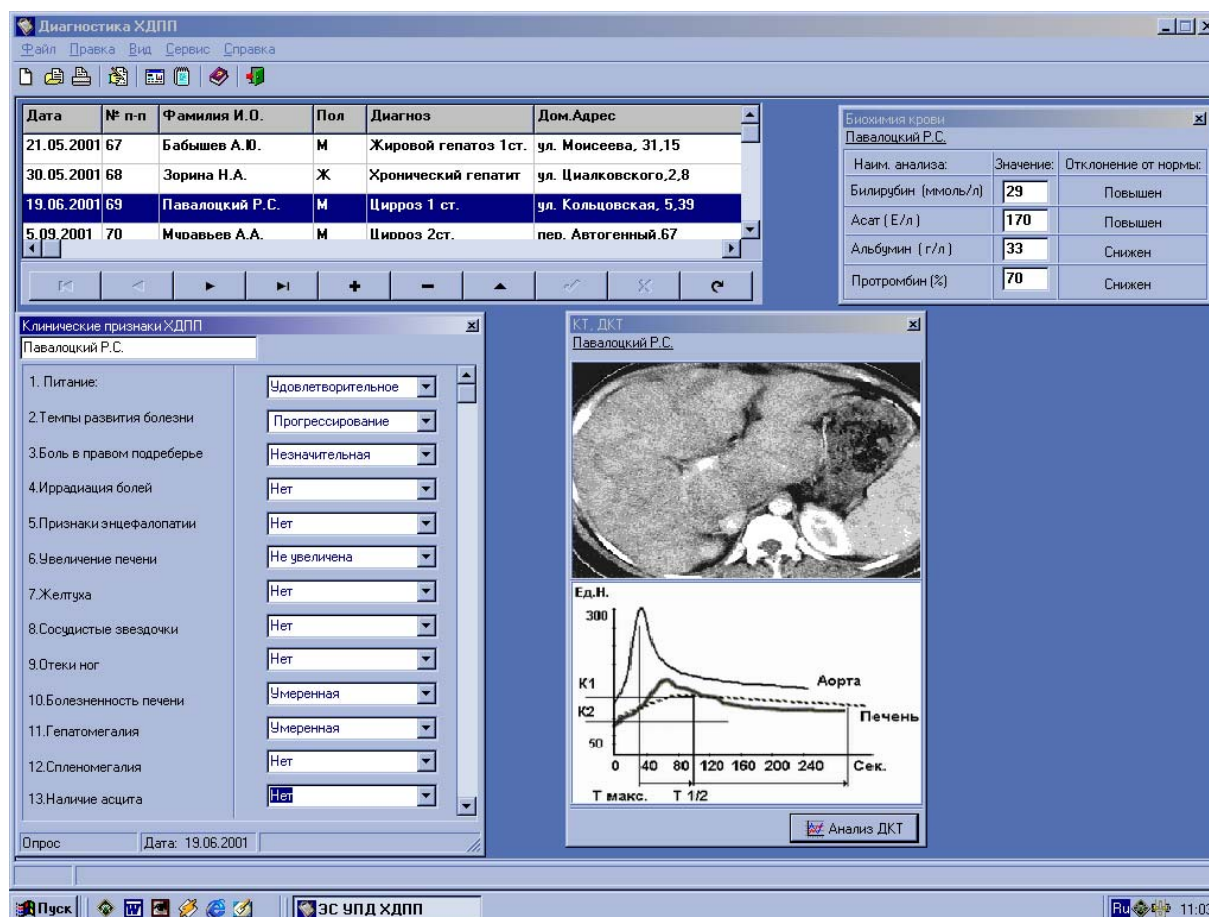


Рис. 4. Интерфейс ЭС УПД ХДПП

диагностики при хронических диффузных поражениях печени // Прикладные задачи моделирования и оптимизации: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГТУ, 2001. С. 29-36.

4. Коровин Е.Н., Родионов О.В., Сысоев М.М. Имитационное моделирование процесса диагностики хронических диффузных поражений печени на основе сетей Петри // Прикладные задачи моделирования и оптимизации: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГТУ, 2002. С. 62-67.

5. Коровин Е.Н., Родионов О.В., Сысоев М.М. Анализ клинических признаков диагностики хронических диффузных поражений печени // Компьютеризация в медицине: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГТУ, 2002. С. 135-140.

# DEVELOPMENT OF THE EXPERT CONTROL SYSTEM BY PROCESS DIAGNOSTICS CHRONIC DIFFUSE LESIONS OF THE LIVER ON THE BASIS OF DATA OF THE DYNAMIC COMPUTER TOMOGRAPHY

E.N. Korovin, O.V. Rodionov, M.M. Sysoev

*Voronezh state technical university  
Voronezh regional clinical consultative  
diagnostic center*

Formalization of functioning of an expert control system by process of diagnostics chronic diffuse lesions of a liver (CDLL) on the basis of algorithms and the mathematical device of Petri net is offered

**Keywords:** diseases of baking, diagnostics, dynamic computer tomography