

УДК 615.47

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ПИЕЛОНЕФРИТА БЕРЕМЕННЫХ

Петров С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет». Курск, Россия (305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94) e-mail: [spetrov77@list.ru](mailto:spetrov77@list.ru)

В работе рассматриваются модель прогнозирования развития и течения пиелонефрита беременных и его стадий по входным признакам, а также вопросы повышения качества диагностики и лечения пиелонефрита за счет использования автоматизированных систем поддержки принятия решений, база знаний которых формируется на основе нечетких решающих моделей. Изучены возможности предложенного метода для проведения дифференциальной диагностики воспалительной патологии почек во время беременности. Определена диагностическая ценность прогнозирования гестационного пиелонефрита на основании полученных данных предложенной автоматизированной системы прогнозирования. Выявлены чувствительность, специфичность, вероятность положительного и отрицательного результатов. Установлена взаимосвязь между различными группами признаков и одиночными признаками и их влиянием на развитие заболевания на основании экспериментальных исследований с использованием автоматизированной системы прогнозирования гестационного пиелонефрита.

Ключевые слова: пиелонефрит беременных, система автоматического прогнозирования и диагностики.

## AUTOMATIC DIAGNOSIS AND PROGNOSIS PYELONEPHRITIS PREGNANT

Petrov S.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Southwest State University, Kursk, Russia (305040, Kursk, street. October 50, 94) [spetrov77@list.ru](mailto:spetrov77@list.ru)

In operation the forecasting model of development and the course of pyelonephritis of pregnant women and its stages on input signs are considered. Questions of improvement of quality of diagnostics and treatment of pyelonephritis due to use of automated decision making support systems are considered. The knowledge base of this system is created on the basis of indistinct decisive models. Possibilities of the offered method for carrying out differential diagnosis of inflammatory pathology of kidneys during pregnancy are studied. The diagnostic value of prediction of gestational pyelonephritis based on data retrieved of the offered automated system of prediction is determined. Sensitivity, specificity, probability of the positive and negative results is revealed. Correlation between different groups of signs both single signs and their influence on development of a disease is set. Results are received on the base the pilot studies with use of automated system of prediction of gestational pyelonephritis.

Keywords: pyelonephritis pregnant, automatic prediction and diagnosis.

Пиелонефрит беременных представляет собой наиболее распространенное экстрагенитальное осложнение беременности и является наиболее частым заболеванием в практическом акушерстве и урологии, вызывающим осложнения в течении беременности, у плода и новорожденного [9]. У 16% женщин острый гестационный пиелонефрит осложняет течение беременности [7], в связи с этим вопросы прогнозирования и профилактики пиелонефрита беременных являются актуальными в акушерско-гинекологической практике.

Для совершенствования диагностики, лечения и прогнозирования различных заболеваний в настоящее время широко применяются различные математические методы [1, 2, 3, 5, 6, 8]. Мы предлагаем для прогнозирования риска развития пиелонефрита во время беременности и его течения использовать разработанную на кафедре биомедицинской

инженерии ЮЗГУ математическую модель прогнозирования пиелонефрита по входным признакам [4]. Данная модель распознавания объектов по классам:

- 1) пиелонефрит у беременных не развивается;
- 2) беременная прогностически опасна в развитии пиелонефрита;
- 3) прогнозируется серьезная форма пиелонефрита%
- 4) прогнозируется обструктивный гнойный пиелонефрит.

Модель позволяет получить номер класса объекта  $N_{кл}$ , используя в качестве вектора входных параметров множество нечетких признаков заболевания.

$$X = \{X_k, X_i, \dots, X_n\}; N_{кл} = \psi_{ни}(X)$$

В качестве основных принципов построения математической модели использован логико-лингвистический подход. В основу логико-лингвистической модели положен набор нечетких правил, связывающих между собой нечеткие значения признаков заболевания и соответствующие им классы. Пусть имеются множество входных признаков заболевания  $X = \{X_1, \dots, X_n\}$  и множество классов  $Y = \{y_1, \dots, y_p\}$ , т. е. для  $\forall X_j, j = \overline{1, n}$  определено множество значений входных лингвистических переменных (ЛП)  $U_j$  и для  $Y$  определено множество значений выходных ЛП  $V$ . Процесс распознавания значимых признаков заболевания входного объекта описывается в терминах значений ЛП [7]:

ЕСЛИ  $a_{k11}, a_{k12}, \dots, a_{k1m}$ , ТО  $b_{k1}$  ИНАЧЕ,

ЕСЛИ  $a_{k21}, a_{k22}, \dots, a_{k2m}$ , ТО  $b_{k2}$  ИНАЧЕ,

...

ЕСЛИ  $a_{kp1}, a_{kp2}, \dots, a_{kpm}$ , ТО  $b_{kp}$ ,

где  $a_{kij} \in U_j \forall i = 1, \dots, p, b_{ki} \in V \forall i = 1, \dots, p$ .

Значениям ЛП  $a_{kij} \in U_j$  соответствуют нечеткие подмножества  $A_{kij}$  с функциями принадлежности  $\mu_{A_{kij}} \in F(X_j)$ , а значениям ЛП  $b_{ki} \in V$  – нечеткие подмножества  $B_{ki}$  с функциями принадлежности  $\mu_{B_{ki}} \in F(Y)$ , где  $F(X_j)$  и  $F(Y)$  – множества нечетких подмножеств, определенных на базовых множествах  $X_j$  и  $Y$ . Процедура распознавания пиелонефрита беременных и диагностики перехода из серьезной стадии в гнойную построена на основе нечеткого логического вывода, в результате которого вычисляется значение ЛП  $b'_k \in V$  при новом наборе вектора значений входных ЛП  $a'_k = (a'_{k1}, \dots, a'_{km}) \in U^m$ . При этом  $a'_k$  соответствует нечетким подмножествам  $\mu_{A'_k} : X_j \rightarrow [0, 1]$ , а  $b'_k$  – выводимому нечеткому соответствию  $\mu_{B'_k} \in F(Y)$ . Нечеткое соответствие  $\mu_{B'_k} \in F(Y)$  определено с помощью композиционного правила вывода [10]:

$$\mu_{B_k} = \mu_{A_k} \circ \Phi$$

В терминах функций принадлежности нечеткое соответствие равно [6, 10]:

$$\mu_{B_k} = \bigvee_{x_1 \in X_1} \dots \bigvee_{x_m \in X_m} \left( \left( \bigwedge_{j \in I} \mu_{A_j}(x_j) \right) \wedge \left( \bigvee_{i \in P} \left( \bigwedge_{j \in I} \mu_{A_{kij}}(x_j) \right) \wedge \mu_{B_{ki}}(y) \right) \right)$$

Для повышения точности прогнозирования гестационного пиелонефрита и его стадии использована степень важности  $\chi_k$  признака заболевания. Степень важности является нечеткой функцией принадлежности, вычисляется для каждого признака заболевания и позволяет определить значимость влияния каждого признака заболевания при определении пиелонефрита и его стадий [8]. Функции принадлежности  $\mu_B$  множества исходных серозной и гнойной стадии гестационного пиелонефрита определяется как:

$$\mu_B = \bigvee_{k=1}^{\nu} (\mu_{B_k} \wedge \chi_k),$$

где  $\nu$  — количество признаков и симптомов гестационного пиелонефрита;

$\chi_k$  — степень важности признака заболевания.

Решение при распознавании о том, что в данном случае гестационного пиелонефрита вероятен исход: «у больной серозный пиелонефрит», «у больной прогнозируется гнойный пиелонефрит» — принимается при выполнении следующего равенства:

$$\mu_B(y_j) = \sup \mu_B,$$

где  $y_j (j = 1, \dots, p)$  вероятный исход гестационного пиелонефрита, математическая модель принимает следующий вид:

$$F_{mi}(X) = N_{kl} = j, \text{ если } \mu_B(y_i) = \sup \mu_B.$$

На основе математической модели распознавания течения пиелонефрита разработан обобщенный алгоритм работы автоматической системы прогнозирования пиелонефрита беременной. Алгоритм работы системы прогнозирования пиелонефрита беременной представлен на рисунке 1. Прогнозирование течения заболевания выполняется в два этапа: обучение и распознавание.

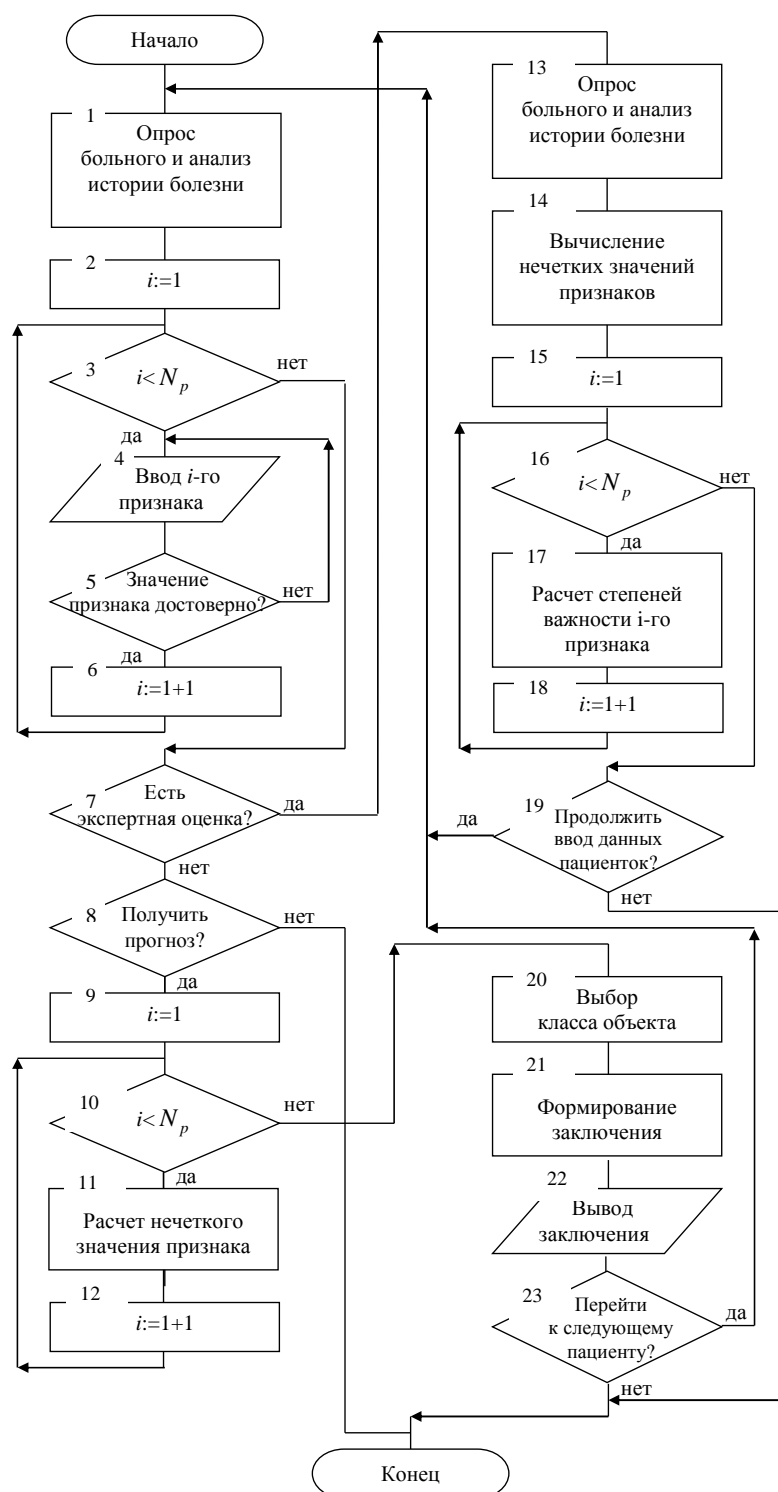


Рис. 1. Алгоритм работы системы прогнозирования гестационного пиелонефрита

На этапе обучения вводятся карты пациенток с уже известным развитием пиелонефрита беременных и указывается, к какому классу принадлежит объект, т.е. происходит обучение. На этапе распознавания по введенной карте обследованного вычисляется функция принадлежности входного объекта классам и принимается решение о принадлежности входного объекта тому или иному классу. Обобщенный алгоритм системы прогнозирования пиелонефрита позволяет по признакам заболевания определить класс, к

которому он принадлежит. На основе алгоритма разработано программное обеспечение системы прогнозирования пиелонефрита беременной. Программное обеспечение (ПО) системы прогнозирования пиелонефрита беременной, предназначенное для автоматической обработки результатов обследования и прогнозирования течения заболевания, позволяет осуществлять ввод данных о пациентке, полученных в результате обследования, заносить признаковое описание пациента в базу данных (БД) и прогнозировать развитие пиелонефрита у беременной. Реализованы функции: просмотр списка пациенток и признаков заболевания, удаление/добавление пациенток в БД. Интерфейс пользователя ПО представляет собой набор свойств из трех диалоговых окон. В окне «Карта больного» ведется ввод фамилии пациентки, возраста, пола и признаков заболевания, разбитых на группы. Большинство признаков имеют значения «есть/нет» и задаются установкой «галочки» перед признаком. При нажатии кнопки «Добавить в архив» идет их запись в БД. Прогноз развития гестационного пиелонефрита в процентах и вероятность развития гнойной формы выводятся во всплывающем окне на экране при нажатии кнопки «Прогноз». Вкладка «архив» нужна для работы с БД. Вверху окна выводится заголовок таблицы – список признаков под номерами. Тело таблицы имеет значения признаков и фамилии пациенток.

**Результаты.** Система автоматизированного прогнозирования гестационного пиелонефрита содержит БД, состоящую из 250 больных. Тестирование системы осуществлялось путем прогнозирования гестационного пиелонефрита и его форм у больных, у которых диагноз гестационный пиелонефрит и его осложнения были достоверно верифицированы с помощью референтных методов (УЗИ, лабораторные, клинко-биохимические и др.), либо путем морфологического изучения гистологического материала, полученного во время операции. Определялись чувствительность, специфичность, вероятность положительного и отрицательного результатов. Анализ данных показывает высокую чувствительность системы прогнозирования. Высокая специфичность предложенного метода показывает, что положительный результат дает основание для проведения дифференциальной диагностики. Полученные данные показывают, что предложенная автоматизированная система прогнозирования гестационного пиелонефрита обладает высокой диагностической ценностью прогнозирования (чувствительность – 70,65%, специфичность – 97%, прогностическая значимость положительного результата – 91%, отрицательного результата – 90,9%).

Экспериментальные исследования с использованием автоматизированной системы позволили установить взаимосвязь между различными группами признаков и одиночными признаками и их влиянием на развитие заболевания.

**Выводы.** Созданы теоретические основы повышения достоверности результатов прогнозирования и диагностики гестационного пиелонефрита путем создания матмодели прогнозирования, основанной на математическом аппарате нечеткой логики. На основе матмодели создана автоматизированная система, достоверно улучшившая прогнозирование и диагностику пиелонефрита при беременности.

### Список литературы

1. Агарков Н.М., Будник И.В. Рационализация диагностики неспецифического сальпингофорита на основе анализа информативности и моделирования клинико-лабораторных показателей // Российский медицинский журнал . — 2012. — № 4. — С. 46–49.
2. Гонтарев С.Н., Фролов М.В., Луценко В.Д., Коломиец И.В., Афанасова Е.П. Диагностическая значимость и моделирование параметров гемограммы и гомеостаза при остром сальпингофорите // Научные ведомости Белгородского государственного университета. — 2013. — № 11(154), Вып. 22/1. — С. 106–113.
3. Коцарь А. Г. , Серегин С. П., Новиков А. В. Автоматизированная система поддержки принятия решения урологом по прогнозированию и профилактике камнеобразования при мочекаменной болезни // Урология. — 2013. — № 5. — С. 16–20.
4. Коцарь А.Г., Серегин С.П., Новиков А.В., Шульга Л.В., Яковлев А.П. Синтез нечетких решающих правил прогнозирования эффективности литолиза уратных камней почек // Научные ведомости Белгородского государственного университета. — 2013. — № 11(154), Вып. 22/1. — С. 138–139.
5. Луценко В.Ф., Татьянаенко Т.Н., Стародубцева Е.В., Мишустин В.Н. Анализ и прогнозирование качества жизни после хирургического лечения // Научные ведомости Белгородского государственного университета. — 2013. — № 11(154), Вып. 22/1. — С. 78–83.
6. Синякова Л.А., Косова И.В. Инфекции мочевых путей у беременных. Современные подходы к лечению // Эффективная фармакотерапия в акушерстве и гинекологии. — 2008. — № 1. — С. 11–13.
7. Тактика ведения больных с острыми воспалительными заболеваниями почек / Братчиков О.И., Сипливый Г.В., Шумакова Е.А., Серегин С.П., Котов А.В., — Курск: 2009. — 231 с.
8. Тевс С.С., Титов В.С. Распознавание на основе нечеткого логического вывода // Сборник материалов III международной научно-технической конференции «Медико-экологические информационные технологии — 2000». — Курск: 2000. — С. 157–159.

9. Greer L.G. Ampicillin resistance and outcome differences in acute antepartum pyelonephritis // *Infect. Dis. Obstet. Gynecol.* — 2008. — vol. 89. — no 14. — pp. 26.
10. Tevs S. S., Titov V. S. A fuzzy mathematical model for recognition of optoelectronic systems // *Pattern recognition and image analyses.* — 2001. — vol. 11, no. 1. — pp. 107–109.

**Рецензенты:**

Хардинов А.В., д.м.н., доцент кафедры акушерства и гинекологии ГБОУ ВПО Курский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Курск;

Серегин С.П., д.м.н., заведующий урологическим отделением № 2 ОБУЗ Курская городская клиническая больница скорой медицинской помощи, г. Курск;

Железнов Л.М., д.м.н., профессор, зав. кафедрой анатомии ГОУ ВПО «Оренбургская государственная медицинская академия», г. Оренбург.