

Экспертная система поддержки принятия решений в оценке риска развития гестоза

*Н.С. Пономарева¹, А.А. Александрова¹, А.Н. Рымашевский²,
А.В. Шестопалов³, Т.П. Шкурат¹, А.Е. Панич¹*

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

² Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону

³ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва

Аннотация: Экспертная система разработана для практического использования врачами в медицинских учреждениях - решения задачи классификации заключений о риске развития и степени гестоза во время беременности. Мультифакторная база знаний получена на основе результатов исследований проанализированных в работе и включает комплекс признаков данного осложнения беременности как геномного, так и постгеномного порядка. Определены основные пользователи системы (врач, исследователь и пациенты) и их требования к программной реализации разрабатываемой экспертной системы. Создана структура экспертной системы поддержки принятия решений в оценке риска развития гестоза, содержащая компоненты (характеризующие принадлежность разрабатываемой информационной системы к классу экспертных систем), функции и субъекты. Определены типы, признаковое пространство и признаковое описание атрибутов базы знаний данных пациентов. Представлен обобщенный алгоритм работы системы и возможности ее дальнейшего развития.

Ключевые слова: экспертная система, база знаний, анализ требований, задача классификации, признаковое пространство, гестоз, превентивная диагностика, персонифицированная медицина.

Во всем мире одной из первостепенно значимых задач в репродукции человека является снижение рисков перинатальной заболеваемости и смертности. По данным ВОЗ, гестозы являются основной причиной перинатальной заболеваемости и смертности. В настоящее время гестоз рассматривают как мультифакторное состояние, обусловленное взаимодействием многих факторов [1]. С учетом сложности патогенетических механизмов развития гестоза рассматривают комплекс признаков данного осложнения беременности как геномного [2-4], так и постгеномного порядка [1,5-10]. На основе анализа данных исследований и учетом сложности механизмов формирования изучаемого состояния, разработана экспертная система для своевременной диагностики гестоза на

доклинической стадии, которая существенно отличается от информационных систем разработанных ранее. Информационные системы [11,12] не относятся к классу экспертных систем и не учитывают данных генетических исследований, являющихся основой для ранней диагностики заболевания.

На рис. 1 представлено описание экспертной системы информационной поддержки принятия решений в оценке риска развития гестоза на концептуальном уровне в нотации диаграммы прецедентов UML. Основные субъекты, взаимодействующие с системой: врач, исследователь и пациенты.

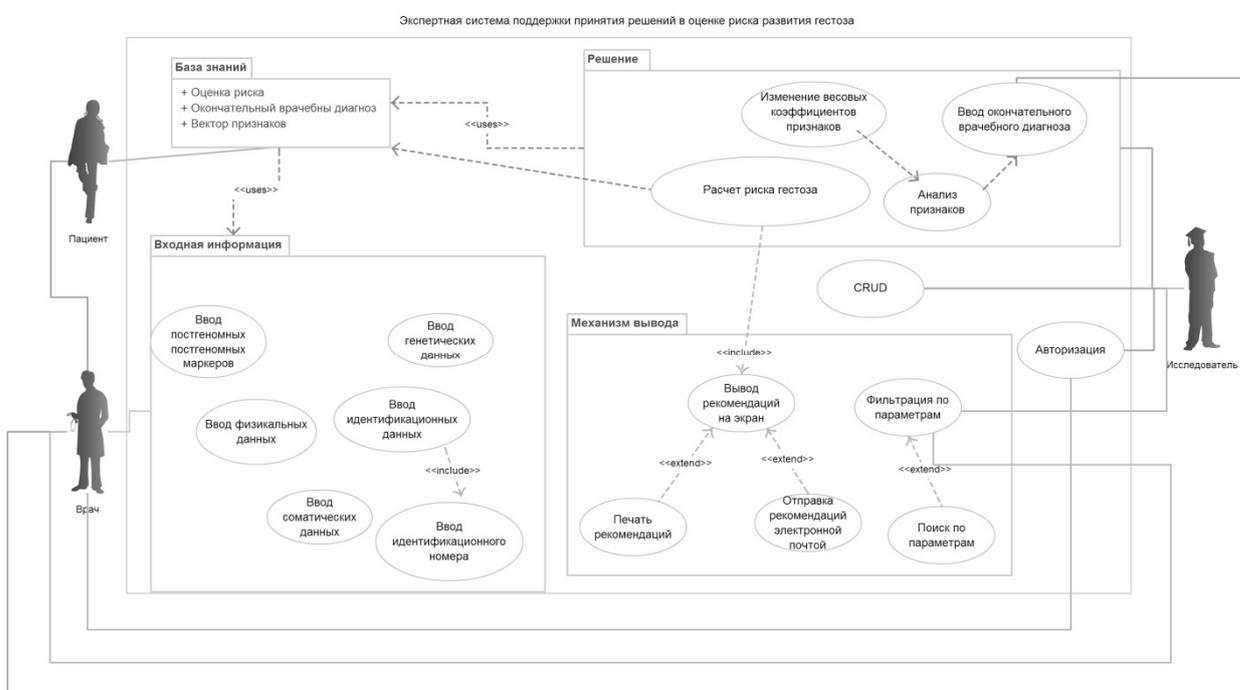


Рис. 1. - Компоненты, функции и субъекты экспертной системы поддержки принятия решений в оценке риска развития гестоза

Определены типовые требования пользователей к системе, такие как авторизация, настройка прав доступа, поиск и фильтрация по различным параметрам, а также возможность редактирования базы знаний - внесение, просмотр редактирование и удаление данных.

Основные компоненты экспертной системы (входная информация, база знаний, решение и механизм вывода [13-15]) представлены на диаграмме в виде пакетов, которые в свою очередь содержат прецеденты – выполняемые

системой функции. Пакет входная информация включает в себя прецеденты: ввод идентификационных данных, ввод генетических данных, ввод физикальных данных, ввод соматических данных, ввод постгеномных маркеров. Механизм вывода: вывод рекомендаций на экран, печать рекомендаций, отправка рекомендаций электронной почтой. Решение: расчет риска гестоза, ввод окончательного врачебного диагноза, изменение весовые коэффициенты признаков и анализ признаков.

На основании анализа работ [2-11] определена структура и размещены необходимые данные о генотипе пациента, исследованиях постгеномных маркеров, анализе анамнестических данных и физикальных признаков в базе знаний для расчета риска гестоза. Пусть A — множество таких данных пациентов, B — множество классов заключений. Существует неизвестная целевая зависимость — отображение $b^*: A \rightarrow B$, значения которой известны только на объектах конечной обучающей выборки $A^m = \{(a_1, b_1), \dots, (a_m, b_m)\}$. Требуется построить алгоритм $c: A \rightarrow B$, способный классифицировать произвольный объект $a \in A$. *Признаком* называется отображение $f: A \rightarrow D_f$, где D_f множество допустимых значений признака. [16-18].

Множество признаков состоит из данные генетического обследования пациентки x_1, x_2, \dots, x_{11} (номинальных признаков), физикальных признаков s_1, s_2, \dots, s_5 (порядковых признаков), данных соматического анамнеза z_1, z_2, \dots, z_9 (бинарных признаков), и постгеномных маркеров p_1, p_2, \dots, p_{13} (количественных признаков), таким образом, признаковое пространство гестоза принимает вид:

$$D_{x_1} \times \dots \times D_{x_{11}} \times D_{s_1} \times \dots \times D_{s_5} \times D_{z_1} \times \dots \times D_{z_9} \times D_{p_1} \times \dots \times D_{p_{12}},$$

а признаковое описание:

$$(x_1(a), \dots, x_{11}(a), s_1(a), \dots, s_5(a), z_1(a), \dots, z_9(a), p_1(a), \dots, p_{12}(a)).$$

Перед началом работы с системой необходимо получить данные генетических исследований, постгеномных маркеров, анализа

анамнестических данных и физикальных признаков Алгоритм работы экспертной системы поддержки принятия решений в оценке риска развития гестоза представлен на рис.2.

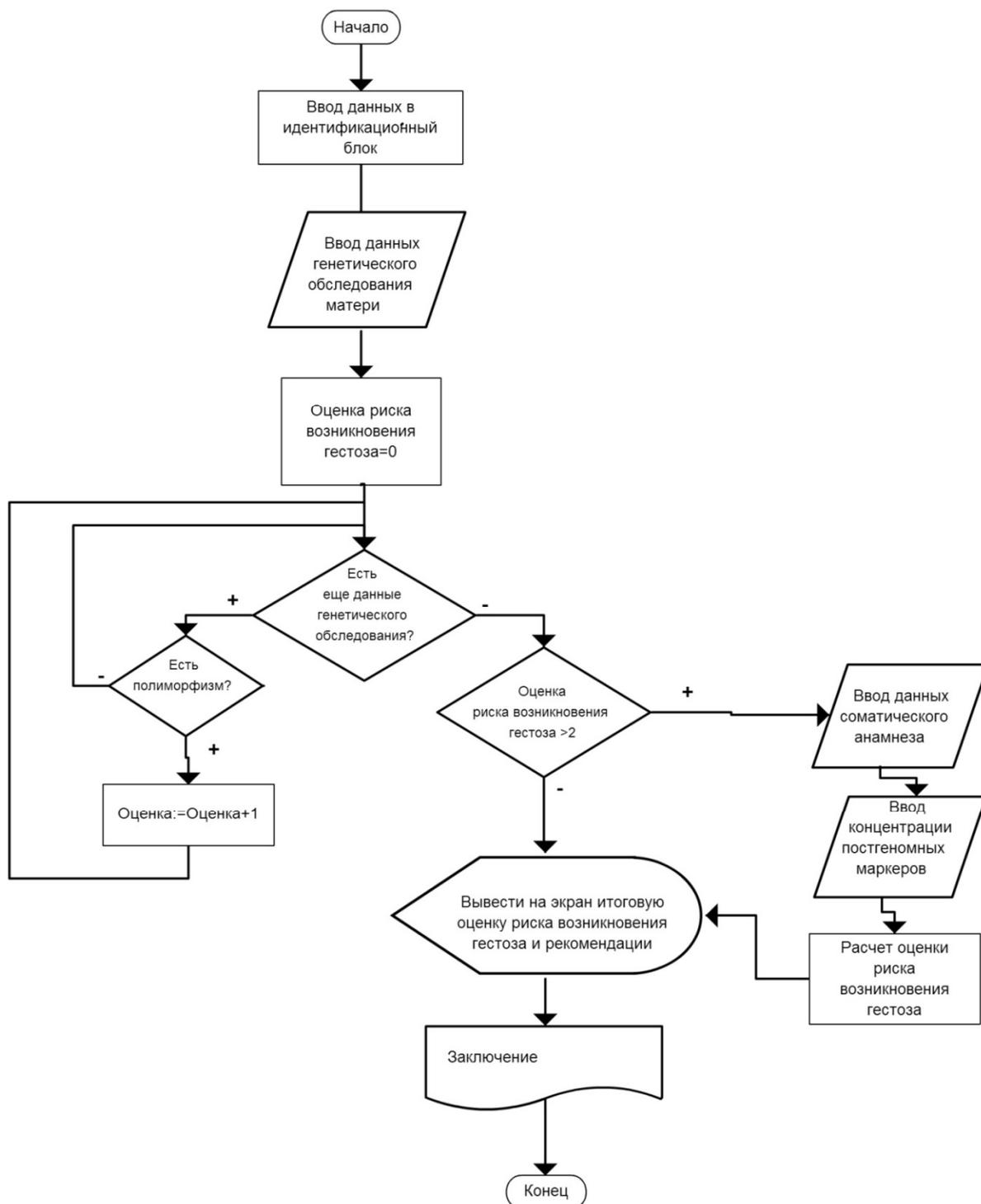


Рис.2. Алгоритм работы экспертной системы поддержки принятия решений в оценке риска развития гестоза

Врач вводит данные о полиморфизме генов фолатного цикла, ренин-ангиотензин системы, системы факторов свертывания крови матери $x1(a), \dots, x11(a)$. На основе введенных данных и весовых коэффициентов признаков оценивается риск. Далее, оценивается совокупный вклад физикальных признаков $s1(a), \dots, s5(a), z1(a), \dots, z9(a)$ и постгеномных маркеров $p1(a), \dots, p12(a)$. В зависимости от суммы баллов определяются степень риска (низкий, средний, высокий) возникновения гестоза в процессе беременности. Как только оценка риска достигает 4 баллов, риск оценивается как высокий, а дальнейшая диагностика может быть приостановлена. В базе знаний создается запись с данными пациентки.

В зависимости от суммы баллов определяются принадлежность к одному из классов заключений множества B для проведение профилактических мероприятий с целью исключения развития тяжелых форм гестоза у беременных группы высокого риска и в период ремиссии после выписки их из стационара. Экспертная система предназначена для врачей акушеров-гинекологов, генетиков, неонатологов, работающих в женских консультациях, медико-генетических кабинетах, центрах планирования семьи, центрах репродукции и ЭКО, перинатальных центрах.

Добавление новых признаков в множества описания объектов пополнит базу знаний и позволит расширить множество классов, т.е. диагностировать не только гестоз, но и другие заболевания репродуктивной системы.

Исследование выполнено в рамках проектной части госзадания Министерства Образования и Науки РФ, грант № 6.703.2014/К «Поиск новых мишеней для предиктивной диагностики заболеваний репродуктивной системы».

Литература

1. Рымашевский А.Н., Шестопалов А.В., Шульга, А.С., Бутенко Е.В., Александрова А.А., Гутникова Л.В., Шкурят Т.П. Особенности гормональной регуляции энергетического обмена при беременности, осложненной гестозом // Главный врач Юга России, 2012. — № 3. — С. 37-38.
2. Сараев К.Н., Машкина Е.В., Шкурят Т.П. Полиморфные варианты генов системы детоксикации ксенобиотиков при патологии беременности // Валеология, 2012. — № 2. — С. 52-57.
3. Дервянчук Е.Г., Машкина Е.В., Коваленко К.А., Александрова А.А., Шестопалов А.В., Рымашевский А.Н., Келлер О.В., Шкурят Т.П. Биохимические и генетические критерии фолатного метаболизма и нарушения эмбриогенеза // Современные проблемы науки и образования. — 2011. — № 4. URL: www.science-education.ru/98-4738 (дата обращения 18.10.2012).
4. Машкина Е.В., Александрова А.А., Шестопалов А.В., Рымашевский А.Н., Шкурят Т.П. Предиктивные биомаркеры для оценки риска развития гестоза и формирования феномена крупного плода во время беременности // Материалы II Конференции участников Российского биомаркерного консорциума "Биомаркеры 2013", Москва, 19 февраля 2013. — С. 15-16.
5. Шульга А.С., Бутенко Е.В., Александрова А.А., Гутникова Л.В., Рымашевский А.А., Шестопалов А.В., Шкурят Т.П. Изменение уровней грелина, гормона роста, инсулиноподобного фактора роста-1, лептина, инсулина, тиреотропина и тироксина при беременности осложненной преэклампсией // Журнал акушерства и женских болезней, 2012. — № 1. — С. 35-38.



6. Шестопалов А.В., Бутенко Е.В., Александрова А.А., Гутникова Л.В., Шульга А.С., Шкурят Т.П. Грелин и соматотропный гормон при физиологически протекающей беременности // Валеология, 2011. — № 1. — С. 76-80.

7. Шестопалов А.В., Шульга А.С., Александрова А.А., Рымашевский А.Н., Шкурят Т.П. Адипокины и показатели углеводного обмена при беременности осложненной гестозом // Электронный журнал "Современные проблемы науки и образования", 2012. — № 1. URL: <http://www.science-education.ru/101-5393>.

8. Шестопалов А.В., Шульга А.С., Александрова А.А., Ставиский И.М., Рымашевский А.А., Шкурят Т.П. Показатели метаболизма коллагена I типа в крови женщин при различных вариантах течения беременности // Фундаментальные исследования, 2012. — № 2 (2). — С. 393-398.

9. Гутникова Л.В., Александрова А.А., Бутенко Е.В., Золотухин П.В., Шульга А.С., Рымашевский А.Н., Шестопалов А.В., Шкурят Т.П. Исследование уровней хорионического гонадотропина и лептина у беременных с тяжелым гестозом // Мат. VI регионального научного форума «Мать и дитя», 2012. — С. 37-38.

10. Шестопалов А.В., Бутенко Е.В., Александрова А.А., Гутникова Л.В., Самсонов А.Е., Келлер О.В., Трофименко О.В., Шульга А.С., Рымашевский А.Н., Шкурят Т.П. Уровень гормонов метаболического баланса в сыворотке крови беременных женщин // Журнал акушерства и женских болезней, 2011. — Т. LX, № 2. — С. 68-72.

11. Калинкина О.Б., Спиридонова Н.В. Особенности течения гестоза у женщин с избыточной массой тела и ожирением // Фундаментальные исследования, 2012.— № 10–2.— С. 247-249; URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=9999839(дата обращения: 19.07.2015).



12. Жернаков Е.В. Исходы беременности у женщин белгородской области на фоне преэклампсии тяжелой степени и возможности ее прогнозирования: дис.... канд. мед. наук: 14.01.01. Воронеж, 2014.

13. В.Е. Овсянников, В.И. Васильев Экспертная система проектирования технологического оборудования // Инженерный вестник Дона. 2015. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2765

14. В.Б. Лиля, А.В. Костюков Экспертная система диагностики силовых трансформаторов // Инженерный вестник Дона. 2013. №1. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1504>

15. Джарратано Джозеф. Экспертные системы: принципы разработки и программирование/ Джозеф Джарратано, Гари Райли – 4-е издание. : Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007

16. Mills P. Efficient statistical classification of satellite measurements //International Journal of Remote Sensing. – 2011. – Т. 32. – №. 21. – С. 6109-6132.

17. Alpaydin, Ethem. "Introduction to machine learning. sl." (2010): 249-256

18. Романов Д.Е. Нейронные сети обратного распространения ошибки // Инженерный вестник Дона. 2009. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2009/143

References

1. Rymashevskij A.N., Shestopalov A.V., Shul'ga, A.S., Butenko E.V., Aleksandrova A.A., Gutnikova L.V., Shkurat T.P. Glavnyj vrach Juga Rossii. 2012. № 3 pp. 37-38.

2. Saraev K.N., Mashkina E.V., Shkurat T.P.. Valeologija. 2012.№ 2. pp. 52-57.



3. Derevjanchuk E.G., Mashkina E.V., Kovalenko K.A., Aleksandrova A.A., Shestopalov A.V., Rymashevskij A.N., Keller O.V., Shkurat T.P. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2011. № 4. URL: www.science-education.ru/98-4738
 4. Mashkina E.V., Aleksandrova A.A., Shestopalov A.V., Rymashevskij A.N., Shkurat T.P. *Materialy II Konferencii uchastnikov Rossijskogo biomarkernogo konsorciuma "Biomarkery 2013"*, Moskva, 19 fevralja 2013. – pp. 15-16.
 5. Shul'ga A.S., Butenko E.V., Aleksandrova A.A., Gutnikova L.V., Rymashevskij A.A., Shestopalov A.V., Shkurat T.P. *Zhurnal akusherstva i zhenskih boleznej*. 2012. № 1. pp. 35-38.
 6. Shestopalov A.V., Butenko E.V., Aleksandrova A.A., Gutnikova L.V., Shul'ga A.S., Shkurat T.P. *Valeologija*. 2011. № 1. pp. 76-80.
 7. Shestopalov A.V., Shul'ga A.S., Aleksandrova A.A., Rymashevskij A.N., Shkurat T.P. *Jelektronnyj zhurnal "Sovremennye problemy nauki i obrazovanija"*. 2012. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/101-5393>
 8. Shestopalov A.V., Shul'ga A.S., Aleksandrova A.A., Staviskij I.M., Rymashevskij A.A., Shkurat T.P. *Fundamental'nye issledovanija*. 2012. № 2 (2). pp. 393-398.
 9. Gutnikova L.V., Aleksandrova A.A., Butenko E.V., Zolotuhin P.V., Shul'ga A.S., Rymashevskij A.N., Shestopalov A.V., Shkurat T.P.. *Mat. VI regional'nogo nauchnogo foruma «Mat' i ditja»*, 2012. pp. 37-38.
 10. Shestopalov A.V., Butenko E.V., Aleksandrova A.A., Gutnikova L.V., Samsonov A.E., Keller O.V., Troffimenko O.V., Shul'ga A.S., Rymashevskij A.N., Shkurat T.P. *Zhurnal akusherstva i zhenskih boleznej*. 2011. T. LX, № 2. pp. 68-72.
 11. Kalinkina O.B., Spiridonova N.V. *Fundamental'nye issledovanija*. 2012. № 10–2. pp. 247-249; URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&arti
-



cle_id=9999839

12. Zhernakov E.V. Ishody beremennosti u zhenshhin belgorodskoj oblasti na fone prejeklampsii tjazheloj stepeni i vozmozhnosti ee prognozirovaniya: dis. kand. med. nauk: 14.01.01. Voronezh, 2014.
13. V.E. Ovsjannikov, V.I. Vasil'ev. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2765
14. V.B. Lila, A.V. Kostjukov. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013. №1. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1504>
15. Dzharratano Dzh., Rajli G. Jekspertnye sistemy: principy razrabotki i programmirovaniya [Expert systems: principles of development and programming], 4-e izd., Moscow: Vil'jams, 2007, 1152 P.
16. Shestopalov A.V., Shul'ga A.S., Aleksandrova A.A., Rymashevskij A.N., Shkurat T.P. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. №1. URL: www.science-education.ru/101-5393
17. Mills P. Efficient statistical classification of satellite measurements //International Journal of Remote Sensing. 2011. T. 32. №. 21. hh. 6109-6132.
18. Alpaydin, Ethem. Introduction to machine learning. sl. 2010, pp. 249-256
19. Romanov D.E. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2009. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2009/143