

УДК 681.5

А.А. Сомова, А.И. Поворознюк

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

## РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДИМПЛАНТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Разработана структурная схема биотехнической системы анализа результатов предимплантационных исследований, которая обеспечивает синтез компьютерного прогноза при имеющемся наборе приборов измерения и классов заболеваний путем формирования множества диагностических показателей с достаточной информативностью для диагностики причин бесплодия и выбора оптимального метода вспомогательных репродуктивных технологий.*

**Ключевые слова:** биотехническая система, диагностические показатели, синтез компьютерного прогноза.

### Введение

**Постановка проблемы.** Одной из основных задач гинекологии является решение проблем бесплодия [1]. С одной стороны, современные медицинские технологии позволяют решить множество проблем, которые еще совсем недавно считались непреодолимыми. С другой стороны, стресс и экологические катастрофы изменяют стиль жизни женщины и снижают сопротивляемость ее организма.

Эффективность использования вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) для решения проблемы бесплодия варьируется от 15 до 50% наступления беременности на одну процедуру [1]. Инструмент прогнозирования эффективности применения различных методов ВРТ на основе анализа результатов обследования мог бы существенно облегчить работу врача по подбору схемы лечения, снизить материальные и эмоциональные потери пациентов.

**Анализ литературы.** Обследование при бесплодии состоит из нескольких стандартных методов диагностики и занимает, в среднем, один месяц (или один менструальный цикл женщины).

Начальным и одним из самых важных этапов диагностики бесплодия является первичная консультация, на которой врач-репродуктолог производит первичный осмотр и назначает обследования, необходимые для подбора индивидуальной схемы лечения бесплодия.

Наиболее необходимыми и часто проводимыми методами диагностики бесплодия являются:

- Для исследования функции яичников и других эндокринных органов (щитовидной железы, гипофиза, надпочечников) проводится исследование гормонального профиля крови.
- С целью исключения инфекционного фактора, вызывающего нарушения репродуктивной функции, проводятся обследования на инфекции, передающиеся половым путем, и бактериальную флору.

- Ультразвуковое исследование (УЗИ) органов малого таза. УЗИ позволяет оценить размеры и структуру матки и яичников, выявить патологию органов малого таза.

- Исследование проходимости маточных труб проводится с помощью получившего в последнее время широкое распространение исследования методом УЗИ – соногистеросальпингоскопия.

- Обследование супруга: спермограмма с MAR-тестом, необходимые для диагностики репродуктивных возможностей партнера.

После проведения первичного обследования врач может дополнительно назначить уточняющие обследования или предварительное лечение. Таким образом, лечение бесплодия назначается индивидуально и после тщательного анализа врачом всех количественных и качественных показателей, полученных в ходе обследования. Соответственно, для повышения эффективности такого анализа и снижения временных и материальных затрат на обследование пациентов целесообразным является использование математических методов обработки данных и создание систем поддержки принятия решения.

Эти биомедицинские объекты (пациент, врач, медперсонал) и технические системы (измерительная аппаратура, данные исследований, компьютерная система прогнозирования результата лечения), объединенные общими связями и зависимостями, являются составляющими биотехнической системы согласно определению [2].

**Целью статьи** является разработка структурной схемы биотехнической системы анализа результатов предимплантационных исследований для диагностики причин бесплодия и выбора оптимального метода ВРТ.

**Разработка структурной схемы.** На основании анализа особенностей предимплантационных исследований и, основываясь на общих принципах построения биотехнических систем [2], в работе предлагается следующая схема рассматриваемой

биотехнической системы (рис. 1). Следует отметить, что система анализа результатов предимплантационных исследований состоит из подсистем (рис. 2) и при этом сама может являться подсистемой более сложной медицинской системы.

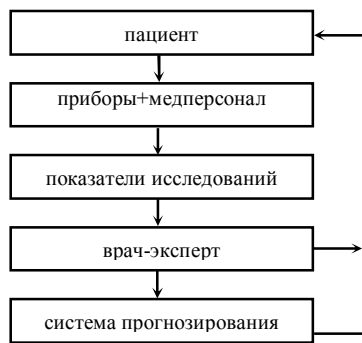


Рис. 1. Структура биотехнической системы

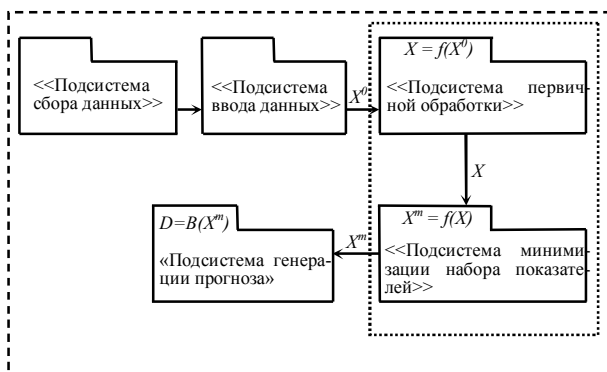


Рис. 2. Обобщенная структурная схема системы прогнозирования результатов ВРТ

Все подсистемы взаимосвязаны и являются необходимыми элементами системы.

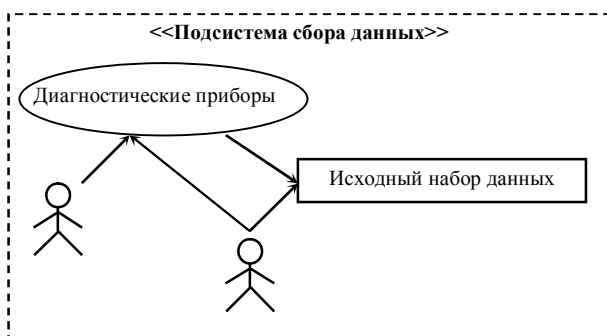


Рис. 3. Подсистема сбора данных

Подсистема сбора данных (рис. 3) обеспечивает связь между пациентом, врачом, медперсоналом и оборудованием. Врач осуществляет опрос и внешний осмотр пациента, при этом собранные таким образом данные обычно дихотомического или качественного типа, например, наличие или отсутствие предыдущих беременностей, заболеваний определенного типа. Медперсонал осуществляет забор и анализ по соответствующей методике крови у пациента для выявления гормонального статуса. С помощью специального оборудования

(например, аппарат ультразвуковой диагностики) производится проверка внутренних органов.

Собранные из разных источников данные  $X^0 \in R^n$  (а некоторые анализы могут проводиться в независимой лаборатории) необходимо ввести в базу данных для возможности дальнейшей обработки (рис. 4). При компьютерной обработке биомедицинской информации одним из этапов является разработка базы данных для ввода, хранения, объединения и гибкого доступа к комплексу исследуемых показателей. При этом ввод биомедицинской информации должен быть выполнен в стандартизованном (формализованном) виде, предусматривающем стандартизованный вид входных и выходных документов, который принят в медицинской практике, в случае отсутствия таких документов на данном этапе требуется их разработка.

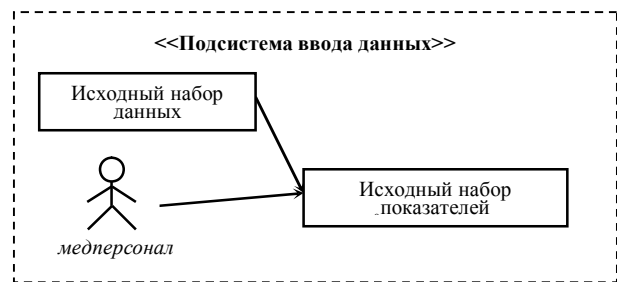


Рис. 4. Подсистема ввода данных

На следующем этапе выполняется первичная обработка данных (рис. 5).

$$f : X^0 \longrightarrow X, X, X^0 \in R^n, \quad (1)$$

Под первичной обработкой данных понимается такое преобразование (1), с помощью которого производится стандартизация описания различных типов показателей: кодировка дихотомических и качественных показателей, представление численных показателей в удобном для последующей совместной обработки виде, например, разбиение диапазона значений численных показателей на интервалы [3 – 5].

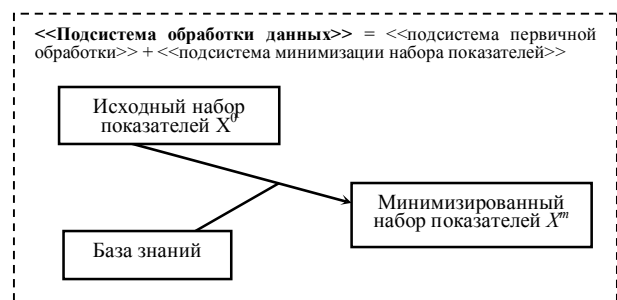


Рис. 5. Подсистема обработки данных

Также на этапе обработки осуществляется выбор информативных показателей для снижения размерности задачи и последующего уменьшения количества исследований для пациентов. Следует отметить, что в данном случае под информативностью группы показателей понимается ее способность ди-

агностировать проблему. При этом следует учитывать и трудоемкость получения показателя. Таким образом, на этапе обработки решается следующая оптимизационная задача:

$$\begin{cases} J(X_k) \xrightarrow{X_k \subset X} \max \\ C(X_k) = \sum_{\forall j: x_j \in X_k} c_j(x_j) \leq C_{\text{zad}}, \end{cases} \quad (2)$$

где  $C(X_k)$  – измерительная сложность подмножества показателей;  $J(X_k)$  – критерий информативности группы показателей.

Таким образом, подсистема обработки данных (рис. 5) дает нам следующий результат:

$$f: X \longrightarrow X^m \quad X \in R^n, X^m \in R^m : m < n. \quad (3)$$

В подсистеме генерации прогноза (рис. 6) по имеющемуся минимизированному набору информативных показателей ( $X^m$ ) и базы знаний, формируемой на основе предыдущего опыта врача или системы, осуществляется синтез компьютерного прогноза. Обучающая выборка при этом является содержанием базы знаний [6].



Рис. 6. Подсистема генерации прогноза

В работе системы прогнозирования результатов ВРТ (рис. 2) каждая подсистема реализует определенный этап переработки биомедицинской информации с целью синтеза прогноза. Качество прогноза определяется результатами работы всех подсистем, однако важную роль играет множество информативных показателей, которое является результатом работы подсистемы минимизации количества показателей, что характеризует данный этап как важный с точки зрения качества прогноза.

## РОЗРОБКА СТРУКТУРИ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗА РЕЗУЛЬТАТІВ ПРЕД'ІМПЛАНТАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

А.А. Сомова, А.І. Поворозніук

Розроблено структурну схему біотехнічної системи аналізу результатів пред'їмплантаційних досліджень, що забезпечує синтез комп'ютерного прогнозу при наявному наборі приладів вимірювання та класів захворювань шляхом формування групи діагностичних показників з достатньою інформативністю для діагностики причин безпліддя та вибору оптимального методу допоміжних репродуктивних технологій.

**Ключові слова:** біотехнічна система, діагностичні показники, синтез комп'ютерного прогнозу.

## DEVELOPMENT OF A BIOENGINEERING SYSTEM FOR ANALYSIS OF PREIMPLANTATION INVESTIGATION RESULTS

A.A. Somova, A.I. Povoroznyuk

The structural scheme of bioengineering system that performs analysis of pre-implantation studies has been developed. The system provides a computer prediction by generating the set of diagnostic indicators that are informative enough to diagnose the causes of infertility and to choose the best method of assisted reproductive methods.

**Keywords:** bioengineering system, diagnostic indicators, computer prediction.

## Выводы и рекомендации

Разработана структурная схема системы прогнозирования эффективности использования вспомогательных репродуктивных технологий, которая обеспечивает синтез качественного компьютерного прогноза при имеющемся наборе приборов измерения и классов заболеваний в сокращенные до минимума временные затраты обследования путем формирования минимально необходимого для данной цели набора диагностических признаков.

Определены функции каждой из подсистем биотехнической системы анализа результатов предимплантационных исследований, обозначены возможности взаимодействия подсистем. Показана необходимость разработки подсистемы обработки данных исследований, в частности подсистемы формирования множества информативных диагностических признаков.

## Список литературы

1. Липелис Г.А. Бесплодие: проблема – глобальная, решение – индивидуальное / Г.А. Липелис // *Здоровье Украины*. – 2005. – № 5.
2. Биотехнические системы: Теория и проектирование: Учебное пособие / В.М. Ахутин, А.П. Немирко, Н.Н. Пожаров и др.; под ред. В.М. Ахутина. – Л.: ЛГУ, 1981. – 220 с.
3. Куренков Н.И. Энтропийный подход к решению задач классификации многомерных данных / Н.И. Куренков, С.Н. Ананьев // *Информационные технологии*. – 2006. – № 8. – С. 50-55.
4. Поворозніук А.І. Синтез ієрархічної структури діагностических признаков в комп'ютерних системах медичинської діагностики / А.І. Поворозніук // *Вестник НТУ "ХПИ"*. – №7, Т2. – Х.: НТУ "ХПИ", 2003. – С. 39-44.
5. Liu H. A selective sampling approach to active feature selection / Huan Liu, Hiroshi Motoda, Lei Yu // *Artificial Intelligence*. – 2004. – Is. 1, V. 159. – P. 49-74.
6. Jurisica I. Case-based reasoning in IVF: prediction and knowledge mining / I. Jurisica // *Artificial Intelligence in Medicine*. – 1998. – Is. 1, V. 12. – P. 1-24.

Поступила в редакцию 11.09.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.Д. Дмитриенко, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.