

УДК 519:616-079.4:616.5

А.И. Печерская, Е.В. Высоцкая, И.В. Новикова, А.А. Пойменова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИНАЛЬНОЙ СТАДИИ КАТАСТРОФИЧЕСКОЙ ПОТЕРИ СТАБИЛЬНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

В статье рассмотрена проблема автоматизации принятия решений процесса определения терминальной стадии катастрофической потери стабильности живых организмов. Для решения этой проблемы обоснована необходимость разработки информационной системы. В работе была предложена ее функциональная модель. Полученные результаты показывают структурированное описание процессов для информационной системы определения терминальной стадии катастрофической потери стабильности. Использование полученных результатов может быть полезным для диагностики процесса нарушения стабильности на разных уровнях организации живой материи – от клетки до био- и даже ноосферы, включая диагностику процесса невынашивания беременности.

**Ключевые слова:** бизнес-процесс, диагностика, информационная система, модель, терминальная стадия.

### Введение

Глобальное потепление, усиление действия стрессоров техногенного происхождения на природу и человеческий организм увеличивают угрозу катастрофической потери стабильности системами на разных уровнях организации живой материи – от клетки до био- и даже ноосферы. Борьба с этими угрозами требует достаточно универсальных средств математического и информационного моделирования.

Беременность – конечный по времени процесс с характерными динамическими гомеостатическими показателями, находящимися в определенном сбалансированном состоянии, которое обеспечивается механизмами адаптации – хорошее поле приложения и развития таких методов.

Из-за несвоевременной диагностики различных патологий беременности показатель смертности в Украине составляет более 40%. Одним из приоритетных направлений в борьбе с распространением неблагоприятного исхода беременности является разработка принципиально новых методов и системы диагностики.

**Анализ литературы.** Существует большое количество факторов, влияющих на развитие неблагоприятного исхода беременности, поэтому для сбора и анализа этих факторов целесообразно использовать компьютерные методы и системы. Медицинские информационные системы не только обеспечивают хранение информации пациентов, но обеспечивают поддержку решений врача при оказании медицинских услуг.

Авторами [1] разработана матрица адаптации «беременных к беременности». В основу матрицы адаптации были положены теория функциональных

систем академика П.К. Анохина [2] и характеристика нейрогуморальной регуляции в организме беременных женщин по предложенному А.Н. Флейшман [3] алгоритму градаций variability сердечного ритма (ВСР), дополненные комплексом показателей: сверхмедленноволновой активности головного мозга, характеризующей состояние центральной нервной системы (омега-потенциал), и фрактальными показателями ВСР, учитывающими переходные, нестационарные и нелинейные процессы в регуляции сердечного ритма.

Применение компьютерной обработки для правильной оценки риска хромосомной патологии плода обосновывается в статье 2008 года, опубликованной группой авторов с участием К. Николаидеса [4]. Индивидуальный риск в отношении трисомии 21 (с. Дауна), трисомии 18 (с. Эдвардса) и дефектов невральнoй трубки рассчитывается с помощью компьютерной программы «Life Cycle». При этом учитываются срок беременности, возраст и масса тела пациентки, а также факторы, которые могут повлиять на уровень биохимических маркёров в сыворотке крови беременной: срок беременности, вес, расовая принадлежность, двойня, сахарный диабет, гормональная терапия, ЭКО, угроза выкидыша, низкое расположение плаценты, плацентарная недостаточность, курение. При проведении скрининга важным является пороговое значение риска (1/250). Чем выше знаменатель (1/850, 1/1000), тем меньше риск патологии плода. Высокий риск (1/100, 1/10) не означает наличия патологии у плода, но является показанием для углубленного обследования беременной.

Определение эффективности сплошного мониторинга беременных на основе автоматизированной системы, являющейся инструментом снижения материнской и перинатальной смертности и развития

дистанционной помощи, является «Программа мониторинга беременных» (АС ПМБ). [5]. Сплошной мониторинг беременных на основе АС «ПМБ» оказался эффективным инструментом снижения материнской и перинатальной смертности и развития дистанционных информационных технологий в акушерстве за счёт создания единого регистра беременных в Свердловской области; контроля и мониторинга беременных по группам риска. Телемедицинская консультация с помощью АС «ПМБ» одинаково эффективна, как и очная консультация специалиста медицинской организации III уровня, что обеспечивает доступность медицинской помощи III уровня каждой беременной региона, однако не является эффективным средством для диспансерного наблюдения беременных.

Характерной чертой автоматизированной системы "Мониторинг беременности" [6] является оценка степени риска с позиции угрозы метрии, а также оценка группы риска с использованием разработанной шкалы с предварительной маршрутизацией в лечебно-профилактическом учреждении для родоразрешения. Недостатком этой системы является то, что она не предназначена для определения риска возникновения преждевременных родов.

Программное обеспечение PRISCA 5.0 [7] предназначено для оценки риска патологии плода с учетом результатов исследования на анализаторах IMMULITE. Программа позволяет определить: комбинированный риск синдромов Патау/Эдвардса (трисомия по 13/18 хромосоме) в первом триместре и дефекты нейтральной трубки.

Компьютерный расчёт риска по данным маркеров в сочетании с клиническими данными и данными ультразвукового исследования, а также с учетом таких факторов, как срок беременности, многоплодная беременность, экстракорпоральное оплодотворение, возраст матери, вес, курение, расовая принадлежность, наличие ряда заболеваний позволяет определить принадлежность к группе повышенного риска, однако не учитывает важные биохимические показатели беременности.

Существующие системы, описанные в [8], не позволяют обеспечить динамическое наблюдение за периодом гестации, доклинической диагностики осложнений беременности.

Другие системы обследования беременных предназначены либо для решения узкого круга задач по диагностике или прогнозированию акушерских осложнений, или для унификации документооборота и не позволяют осуществлять качественный анализ течения беременности, характеризуются отсутствием направленности на раннюю диагностику и своевременное лечение гестационных осложнений [9].

Описанная в [10] система диспансеризации беременных «Гравида V. 3.0» позволяет проводить

доклиническую диагностику акушерских осложнений и помогает врачу определить группу риска с точностью 87,5% с целью назначения своевременного лечения гестационных осложнений.

Известная информационная система поддержки принятия решений "Беременность 2.0", предназначенная для диагностики возможного течения родов, в том числе и прогнозирования невынашивания беременности с точностью 66,34%, базируется на результатах анкетирования пациентки, а также анализе основных лабораторно-диагностических показателей (макро и микроэлементный состав сыворотки крови, уровень противовоспалительных интерлейкинов, результаты общего клинического анализа крови) и анамнестических данных [11].

Основными недостатками рассмотренных систем является сложность в получении диагностических данных и недостаточно высокая (меньше 88%) точность определения невынашивания беременности. Это обусловило разработку информационной системы, лишенной этих недостатков.

Без разработки общей картины системы и плана ее поэтапной реализации невозможно ее проектирование. На основании изучения предметной области для вновь создаваемых объектов строят модель бизнес процессов. Существуют различные подходы к их отображению, среди которых выделяются функциональный и объектно-ориентированный подходы. В функциональном подходе главным структурообразующим элементом является функция (действие), в объектно-ориентированном – объект [12].

Объектно-ориентированный подход предполагает на первом этапе выделение классов объектов, а дальше определение тех действий, в которых участвуют объекты. При этом различают пассивные объекты (медицинские документы), над которыми выполняются действия, и активные объекты (врач, пациент), которые осуществляют действия. Такой подход точнее позволяет выделять операции над объектами, а также решать задачи целесообразности существования самих объектов. Недостаток объектно-ориентированного подхода заключается в меньшей наглядности конкретных процессов для лиц, принимающих решения. Применение объектно-ориентированного подхода требует введения дополнительных способов представления информации о предметных областях и методов ее анализа. Для успешного использования подобного механизма требуется наличие определенного уровня квалификации у специалистов.

В медицине часто используются методологии функционального и информационного моделирования (IDEF0, IDEF1). С помощью методологии функционального моделирования IDEF0 исследуемая система представляется в виде набора взаимосвязанных функций. Методология моделирования ин-

формационных потоков внутри системы IDEF1 позволяет отображать и анализировать их структуру и взаимосвязи [13].

Преимущества функционального подхода заключаются в наглядности и понятности представления бизнес-процессов на различных уровнях абстракции, что особенно важно на стадии внедрения разработанной информационной системы в деятельность врача.

Анализ и использование информационного и функционального моделирования позволит визуализировать процесс «Определение неблагоприятного исхода беременности», что будет способствовать установлению четкой структуры при разработке информационной диагностической системы.

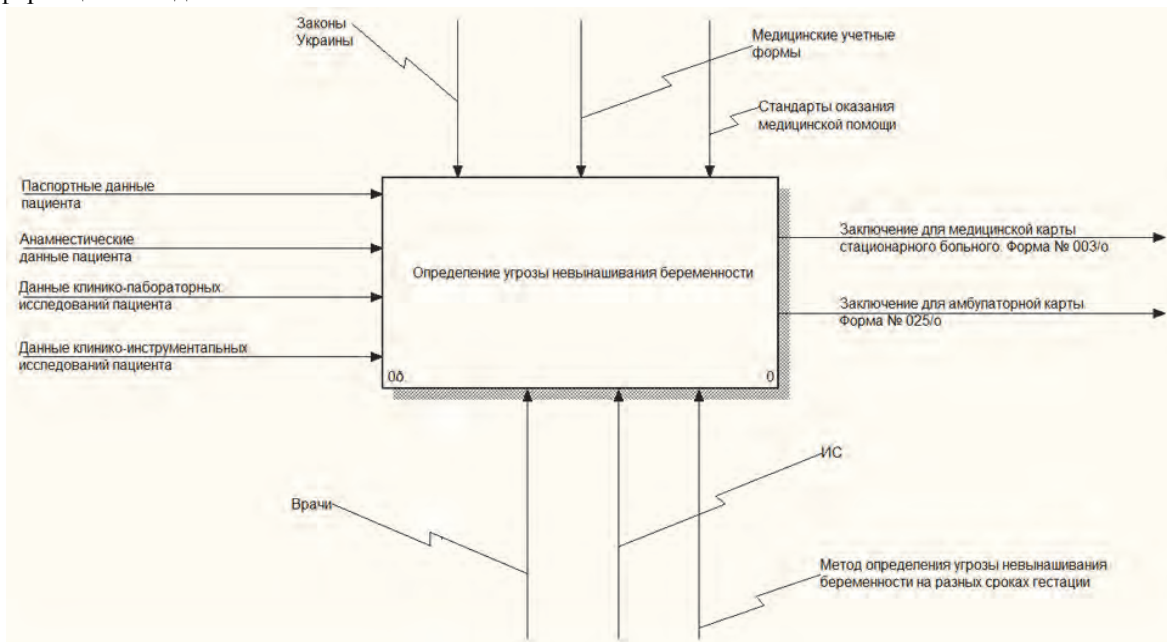


Рис. 1. Схема функциональной структуры информационной системы определения терминальной стадии катастрофической потери стабильности (контекстная диаграмма)

Для данного бизнес-процесса необходимы: информационная система (ИС), метод определения угрозы невынашиваемости на разных сроках гестации, стандарты оказания медицинской помощи, медицинские стандартные формы, а также законы Украины.

На вход контекстной диаграммы поступают данные врача, данные пациента, данные клиничко-инструментальных исследований, биохимический и клинический анализы крови. Биохимические показатели крови: мочевины, креатинина, общий белок, нитрат-ионы магния, железа, лактатдегидрогеназа.

Для более детального описания информационной технологии определения неблагоприятного исхода беременности была построена диаграмма декомпозиций первого уровня, которая представлена на рис. 2.

Метод определения угрозы невынашиваемости включает в себя четыре важных процесса: «Считывание данных», «Определение факторов, влияющих

**Целью работы** является формализация и описание информационной системы определения терминальной стадии катастрофической потери стабильности путем создания IDEF0 диаграмм.

## Основной материал

Функциональная структура информационной системы определения терминальной стадии катастрофической потери стабильности была рассмотрена на примере процесса определения неблагоприятного исхода беременности. Для этого с использованием CASE-засобу AllFusion Process Modeler 7 (BPwin) была построена контекстная диаграмма нулевого уровня (рис. 1).

на невынашивание беременности», «Определение вероятности неблагоприятного исхода беременности», «Вывод и сохранение полученных результатов».

На начальном этапе оказания медицинской помощи считаются данные клиничко-инструментальных исследований, биохимического и клинического анализа крови, а также паспортные и анамнестические данные пациента.

Затем проводится обработка входной информации, определяются факторы, влияющие на срыв беременности, и вероятность неблагоприятного исхода беременности, которые сохраняются и используются для формирования заключения.

Результатом работы «Считывание данных» является информация о состоянии пациента, которая приходит на вход работы «Определение факторов, влияющих на невынашивание беременности», результатом которой является закодированные данные.

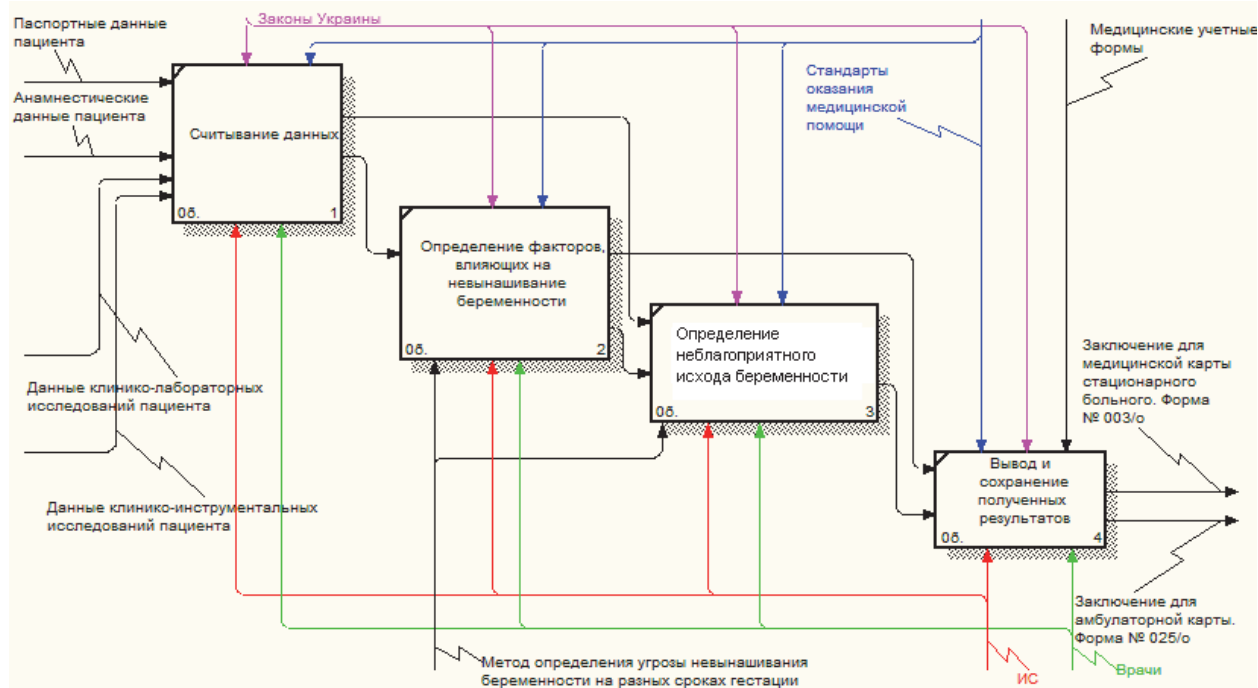


Рис. 2. Схема функциональной структуры информационной системы определения терминальной стадии катастрофической потери стабильности (декомпозиция 1-го уровня)

Отобранные данные представляются как количественные, категориальные (номинальные) и порядковые показатели. При определении существенных для оценки угрозы неблагоприятного исхода беременности признаков использовали карту кодирования для 6 диагностических показателей [14]. После обработки входные данные следуют на вход следующего процесса «Вывод и сохранение полученных результатов», результатом работы которого является заключение для амбулаторной карты №025/о и заключение для медицинской карты стационарного больного №003/о.

Таким образом, процесс «Определение неблагоприятного исхода беременности», указанный на диаграмме первого уровня, детализируется с помощью пяти функций на диаграмме второго уровня.

Диаграмма декомпозиции второго уровня представлена на рис. 3. Это декомпозиция процесса «Определение факторов, влияющих на невынашивание беременности».

Данный процесс включает в себя следующие работы: «Определение информативных показателей для синтеза дискриминантных функций неблагоприятного исхода беременности», «Определение количества дискриминантных функций для диагностики неблагоприятного исхода беременности», «Определение коэффициентов канонической корреляции», «Определение значимости дискриминантных функций методом  $\lambda$ -Уилкса», «Формирование дискриминантных функций для определения неблагоприятного исхода беременности». Перечисленные этапы связаны между собой.

Результатом первой работы является информативные показатели, которые являются входящими для выполнения работы «Определение количества дискриминантных функций для диагностики неблагоприятного исхода беременности». На выходе второй работы получаем значение количества дискриминантных функций для определения неблагоприятного исхода беременности.

Полученные данные поступают на работу «Определение коэффициентов канонической корреляции», где формируется массив коэффициентов канонической корреляции. Далее данные направляются на вход «Определение значимости дискриминантных функций методом  $\lambda$ -Уилкса», на выходе которого получаем показатели значимости функций. На выходе последней работы «Формирование дискриминантных функций для определения неблагоприятного исхода беременности» формируется модель определения неблагоприятного исхода беременности, согласно которому определяется исход беременности.

Таким образом, процесс «Определение неблагоприятного исхода беременности», указанный на диаграмме первого уровня, детализируется с помощью пяти работ на диаграмме второго уровня.

Диаграмма декомпозиции второго уровня представлена на рис. 4. Это декомпозиция процесса «Определение исхода беременности». Данный процесс включает в себя следующие работы: «Построение территориальной карты», «Идентификация объекта на основе расчета расстояния Махаланобиса», «Построение графика распределения объектов в зависимости от исхода беременности», «Определение исхода беременности». Все эти этапы связаны между собой.

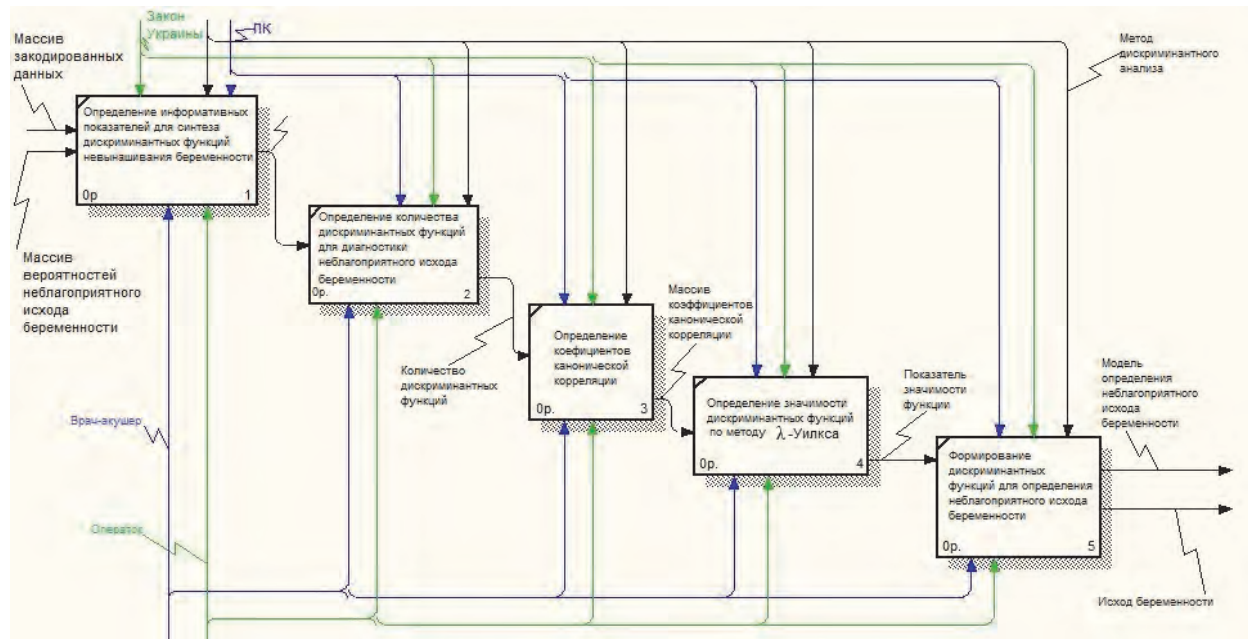


Рис. 3. Схема функциональной структуры информационной системы определения терминальной стадии катастрофической потери стабильности (декомпозиция 2-го уровня)

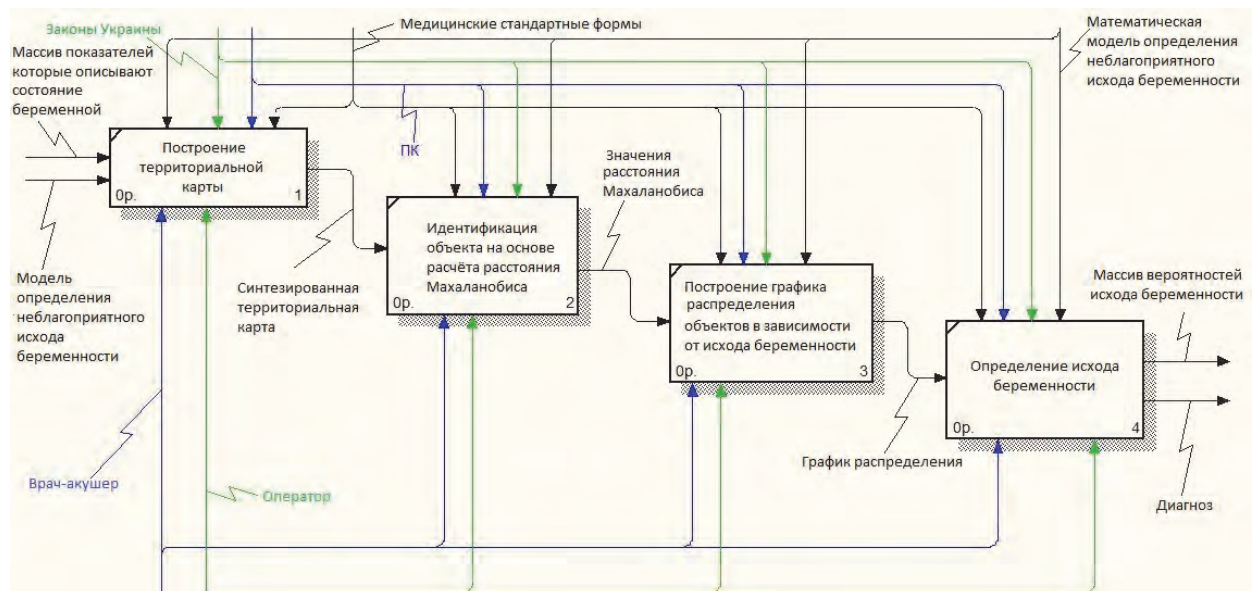


Рис. 4. Декомпозиция процесса «Определение исхода беременности»

Результатом первой работы является синтезированная территориальная карта, которая поступает на работу «Идентификация объекта на основе расчёта расстояния Махаланобиса». На выходе второй работы получаем значение расстояния Махаланобиса. Полученные данные поступают на работу «Построение графика распределения объектов в зависимости от исхода беременности», где создается график распределения объектов.

На выходе последней работы «Определение исхода беременности» формируется диагноз. Таким образом, процесс «Проведение диагностики неблагоприятного исхода беременности», указанный на диаграмме первого уровня, детализируется с помощью четырех работ на диаграмме второго уровня.

## Выводы

Таким образом, в данной работе построена функциональная модель информационной системы определения терминальной стадии катастрофической потери стабильности на примере «Определение неблагоприятного исхода беременности».

Спроектированы IDEF0 диаграммы начального этапа процесса создания информационной системы.

Представление информационной системы как совокупности взаимосвязанных процессов и работ для определения неблагоприятного исхода беременности. Это позволяет достичь многих положительных моментов, в частности, более четко представлять систему и взаимодействие всех видов деятель-



ности лиц, участвующих в проведении диагностических мероприятий, обеспечивающих возможность обмена и анализа объектов на языке, понятном как пользователю и аналитику, так и специалисту-эксперту предметной области.

Использование полученных результатов может быть полезным также для диагностики процесса нарушения стабильности сообществ живых организмов, которое несет угрозы биобезопасности.

### Список литературы

1. Черний В.И. Возможности интегрального метода оценки функционального состояния организма для контроля эффективности терапии и прогнозирования исходов течения беременности у пациенток с преэклампсией различной степени тяжести [Текст] / В.И. Черний, В.С. Костенко, А.В. Сидоренко // «Здоровье ребенка». – 2012. – №8 (43). – С. 41-46.
2. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы [Текст] / П.К. Анохин. – Москва: Наука, 1980. – 240 с.
3. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use / Task Force of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electro-physiology // *Circulation*. – 1996. – №93. – P. 1043-1065.
4. Spencer K. Screening for trisomy 21 in twin pregnancies in the first trimester: An update of the impact of chorionicity on maternal serum markers [Text] / K. Spencer, K.O. Kagan, K.H. Nicolaidis // *Prenat. Diagn.* – 2008. – Т. 28. – № 1. – P. 49-52.
5. Анкудинов Н.О. Региональный акушерский мониторинг в Свердловской области – инновационный инструмент для снижения материнской и перинатальной смертности. Новые возможности дистанционной помощи [Текст] / Н.О. Анкудинов, С.Г. Абабков, Н.А. Зильбер, А.В. Жилин, А.В. Куликов // *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. – 2015. – №1. – С. 22-27.
6. Витько А.В. Модернизация здравоохранения Хабаровского края [Электронный ресурс] / А.В. Витько, В.Н. Кораблев. Режим доступа к ресурсу: <http://www.medlinks.ru/sections.php?op=listarticles&secid=153>.

7. Мельник Ю.Н. Пренатальный скрининг в первом и втором триместре беременности [Электронный ресурс] / Ю.Н. Мельник. Режим доступа к ресурсу: <http://uniklinika.com.ua/uchebnyj-centr/kombinirovannuj-skrining-v-pervom-i-vtorom-trimestre-beremennosti.html>.

8. Юнатов Е.Ю. Современные принципы пренатального скрининга [Текст] / Е.Ю. Юнатов // *Практическая медицина*. – 2016. – №1 (16). – С. 27-32.

9. Коровой С.В. Метод визначення загрози передчасних пологів на ранніх стадіях вагітності [Текст] / С.В. Коровой, А.П. Порван, П.І. Стеценко та ін. // *Системи обробки інформації*. – Х.: ХУПС, 2016. – Вип. 1. – С. 157-160.

10. Двужилов В.В. Клиническое значение формирования базы знаний экспертной компьютерной системы для оптимизации диспансеризации беременных : дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.01 [Текст] / В.В. Двужилов. – Волгоград, 2004. – 202 с.

11. Геряк С.Н. Эффективность применения компьютерной скрининговой системы для диагностики и прогнозирования преждевременных родов [Текст] / С.Н. Геряк, Н.Н. Жильев // *Вятский медицинский вестник*. – 2014. – № 2. – С. 18-22.

12. Высоцкая Е.В. Разработка информационной технологии определения сердечно-сосудистого риска у пациентов с нарушением функции почек [Текст] / Е.В. Высоцкая, И.Ю. Панферова, С.Н. Коваль и др. // *Технологический аудит и резервы производства*. – 2016. – № 6/1(32). – С. 60-66.

13. Елиферов В.Г. Бизнес-процессы. Регламентация и управление [Текст] / В.Г. Елиферов, В.В. Репин. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 512 с.

14. Порван А.П. Использование метода дискриминантных функций для построения математической модели определения угрозы невынашиваемости беременности [Текст] / А.П. Порван, А.А. Пойменова // *Системы обработки информации*. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 9. – С. 192-195.

Поступила в редколлегию 19.05.2017

Рецензент: д-р физ.-мат. наук проф. А.И. Бых, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНАЛЬНОЇ СТАДІЇ КАТАСТРОФІЧНОЇ ВТРАТИ СТАБІЛЬНОСТІ БІОЛОГІЧНОЮ СИСТЕМОЮ

А.І. Печерська, О.В. Висоцька, І.В. Новікова, А.О. Пойменова

У статті розглянуто проблему автоматизації прийняття рішень процесу визначення термінальної стадії катастрофічної втрати стабільності живих організмів. Для вирішення цієї проблеми обґрунтовано необхідність розробки інформаційної системи. В роботі запропоновано її функціональну модель. Отримані результати показують структурований опис процесів для інформаційної системи визначення термінальної стадії катастрофічної втрати стабільності. Використання отриманих результатів може бути корисним для діагностики процесу порушення стабільності на різних рівнях організації живої матерії - від клітини до біо- і навіть ноосфери, включаючи діагностику процесу невиношування вагітності.

**Ключові слова:** бізнес-процес, діагностика, інформаційна система, модель, термінальна стадія.

### FUNCTIONAL MODEL OF INFORMATION SYSTEM FOR DETERMINATION THE TERMINAL STAGE OF CATASTROPHIC LOSS THE STABILITY BY BIOLOGICAL SYSTEM

A. Pecherska, O. Vysotska, I. Novikova, A. Poimenova

The problem of automating the decision-making process for determining the terminal stage of catastrophic loss the stability of living organisms are considered in the article. To solve this problem, the necessity of developing an information system is justified. The paper proposed its functional model. The obtained results show a structured description of processes for the information system for determining the terminal stage of a catastrophic loss of stability. The using of the obtained results can be useful both for diagnosing the process of stability disturbance at different levels of organization the living matter - from the cell to the bio- and even the noosphere, including the diagnosis of the miscarriage process.

**Keywords:** business process, diagnostics, information system, model, terminal stage.