3. Математическое и компьютерное моделирование

Андрианова Е.А., студент,

Новикова Е.И., к.т.н., доцент, e-mail: ekaterina.novikova.67@list.ru ВГТУ, г. Воронеж, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Статья посвящена разработки модели рационального принятия решения для диагностики больных с сердечными заболеваниями на основе сетей Петри

Ключевые слова: стенокардия, гипертония, инфаркт миокарда, сеть Петри, имитационное моделирование

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL FOR DIAGNOSTICS OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM

The article is devoted to the development of a rational decision-making model for the diagnosis of patients with heart diseases based on Petri nets

Key words: angina pectoris, hypertension, myocardial infarction, Petri net, simulation

На данный момент в медицине есть очень много случаев при не правильной постановке диагноза. Поэтому для этого разрабатываются различные программные продукты, помогающие врачам точно определить нужное заболевание.

Стенокардия — это возникающие в результате ишемии миокарда внезапные приступы боли в груди вследствие недостатка кровоснабжения миокарда. Многие больные, впервые обратившиеся к врачу по поводу стенокардии, сами того не подозревая, ранее перенесли инфаркт миокарда (по данным ЭКГ), а у некоторых больных обнаруживается аритмия или сердечная недостаточность как проявление ИБС [10].

Гипертоническая болезнь — это хронически протекающее заболевание, основным проявлением которого является синдром артериальной гипертензии, не связанный с наличием патологических процессов, при которых повышение артериального давления обусловлено известными причинами (симптоматические артериальные гипертензии) [10].

На основе проведенного анализа методов лабораторных и инструментальных диагностических исследований гипертонии, стенокардии инфаркта миокарда была разработана имитационная модель для диагностики рассматриваемых патологий, которая представлена на рисунке 1 [1, 3, 4, 6].

Разработанная сеть Петри состоит из множеств позиций и переходов. Значения позиций представлены в таблице 1.

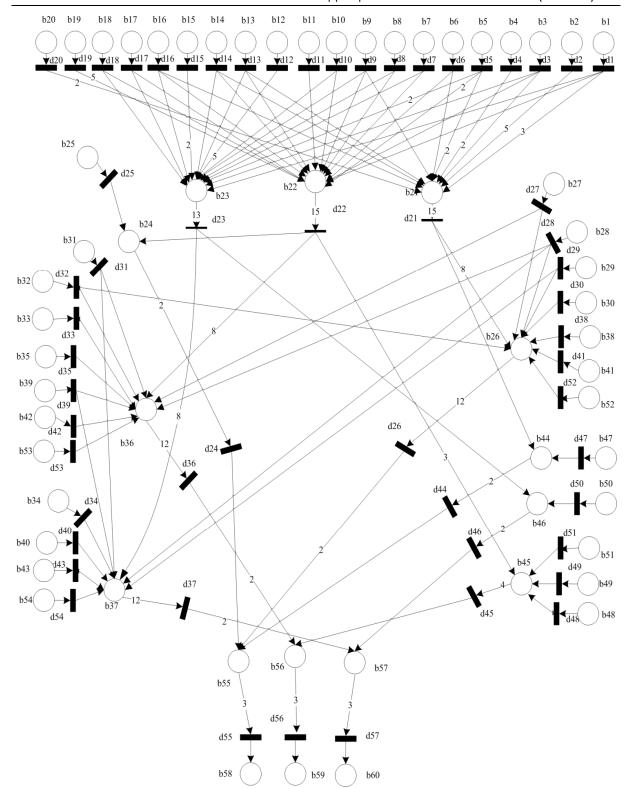


Рис. 1. Имитационная модель диагностики сердечных заболеваний

Таблица 1. Значения позиций сети Петри

Позиция Значение Позиция Значение b1 тахикардия b25 АД выше нормы b2 сдавливание/тяжесть/жжение грудиной (отдает в левую часть) за b26, b36, b37 ЭКГ b3 отдышка b27 диффузный изменения ми вибрилляция предсердия b4 резкая слабость при нагрузке b28 фибрилляция предсердия b5 эмоциональные перегрузки b29 рубцовые изменения мион воль вали признаки ГЛЖ b6 мигрень b30 блокада ПВЛНПГ b7 рвота b31 признаки ГЛЖ b8 головокружение/шум в ушах b32 sin брадикардия b9 утомляемость b33 изменение стенок сердца b10 онемение конечностей b34 признаки ИМ b11 нарушение сна b35 ПБЛНПГ (БПНПГ) b12 интенсивная боль за грудиной и в области сердца b38, b39, b40 ST другие данные	
b2 сдавливание/тяжесть/жжение грудиной (отдает в левую часть) за b26, b36, b37 ЭКГ b3 отдышка b27 диффузный изменения ми вибрилляция предсердия фибрилляция предсердия фибрилляция предсердия возмоциональные перегрузки b28 фибрилляция предсердия возмоциональные перегрузки b5 эмоциональные перегрузки b29 рубцовые изменения мионения мионень b6 мигрень b30 блокада ПВЛНПГ b7 рвота b31 признаки ГЛЖ b8 головокружение/шум в ушах b32 sin брадикардия b9 утомляемость b33 изменение стенок сердца b10 онемение конечностей b34 признаки ИМ b11 нарушение сна b35 ПБЛНПГ (БПНПГ) b12 интенсивная боль за грудиной и в области сердца b38, b39, b40 ST другие данные	
рудиной (отдает в левую часть) b3 отдышка b4 резкая слабость при нагрузке b5 эмоциональные перегрузки b6 мигрень b7 рвота b8 головокружение/шум в ушах b9 утомляемость b10 онемение конечностей b11 нарушение сна b12 интенсивная боль за грудиной и в области сердца	
b3 отдышка b27 диффузный изменения ми b4 резкая слабость при нагрузке b28 фибрилляция предсердия b5 эмоциональные перегрузки b29 рубцовые изменения мионения мионение мистения в рубцовые изменения мионение в рубцовые изменения в рубцовые изменения мионение в рубцовые изменения мионение в рубцовые изменения мионение в рубцовые изменения мионения мионение в рубцовые изменения мионения ми	
b4 резкая слабость при нагрузке b28 фибрилляция предсердия b5 эмоциональные перегрузки b29 рубцовые изменения мион области сердца b6 мигрень b30 блокада ПВЛНПГ b7 рвота b31 признаки ГЛЖ b8 головокружение/шум в ушах b32 sin брадикардия b9 утомляемость b33 изменение стенок сердца b10 онемение конечностей b34 признаки ИМ b11 нарушение сна b35 ПБЛНПГ (БПНПГ) b12 интенсивная боль за грудиной и в области сердца b38, b39, b40 ST другие данные	
b5 эмоциональные перегрузки b29 рубцовые изменения мион блокада ПВЛНПГ b6 мигрень b30 блокада ПВЛНПГ b7 рвота b31 признаки ГЛЖ b8 головокружение/шум в ушах b32 sin брадикардия b9 утомляемость b33 изменение стенок сердца b10 онемение конечностей b34 признаки ИМ b11 нарушение сна b35 ПБЛНПГ (БПНПГ) b12 интенсивная боль за грудиной и в области сердца b38, b39, b40 ST другие данные	окарда
b6 мигрень b30 блокада ПВЛНПГ b7 рвота b31 признаки ГЛЖ b8 головокружение/шум в ушах b32 sin брадикардия b9 утомляемость b33 изменение стенок сердца b10 онемение конечностей b34 признаки ИМ b11 нарушение сна b35 ПБЛНПГ (БПНПГ) b12 интенсивная боль за грудиной и в области сердца b38, b39, b40 ST другие данные	
b7 рвота b31 признаки ГЛЖ b8 головокружение/шум в ушах b32 sin брадикардия b9 утомляемость b33 изменение стенок сердца b10 онемение конечностей b34 признаки ИМ b11 нарушение сна b35 ПБЛНПГ (БПНПГ) b12 интенсивная боль за грудиной и в области сердца b38, b39, b40 ST другие данные	арда
b8 головокружение/шум в ушах b32 sin брадикардия b9 утомляемость b33 изменение стенок сердца b10 онемение конечностей b34 признаки ИМ b11 нарушение сна b35 ПБЛНПГ (БПНПГ) b12 интенсивная боль за грудиной и в области сердца b38, b39, b40 ST другие данные	
b9 утомляемость b33 изменение стенок сердца b10 онемение конечностей b34 признаки ИМ b11 нарушение сна b35 ПБЛНПГ (БПНПГ) b12 интенсивная боль за грудиной и в области сердца b38, b39, b40 ST другие данные	
b10 онемение конечностей b34 признаки ИМ b11 нарушение сна b35 ПБЛНПГ (БПНПГ) b12 интенсивная боль за грудиной и в области сердца b38, b39, b40 ST другие данные	
b11 нарушение сна b35 ПБЛНПГ (БПНПГ) b12 интенсивная боль за грудиной и в b38, b39, b40 ST другие данные области сердца	
b12 интенсивная боль за грудиной и в b38, b39, b40 ST другие данные области сердца	
области сердца	
b13 потеря сознания b41, b42, b43 Т другие данные	
b14 потливость b44, b45, b46 анализ крови	
b15 пепельно-серый оттенок лица b47, b48 холестерин выше нормы	
b17 нарушение речи b51 триглицериды выше норм	
b18 судороги b52, b53, b54 граница сердца другое зна	
b19 сжимающая боль в груди b55 анализ симптомов стенока	рдии
b20 побледнение b56, b57 анализ симптомов	
b21 направление на диагностику b58 стенокардия	
стенокардии	
b22 направление на диагностику b59 гипертония	
гипертония	
b23 направление на диагностику b60 инфаркт миокарда	
инфаркт миокарда	
b24 измерение АД	

Разработанная сеть Петри бала протестирована на 12 пациентах, у 10 из которых диагнозы были верно распознаны, таким образом, достоверность Сети Петри равна 84%. Пример тестирования представлен ниже.

Пациент обратился со следующими жалобами: тахикардия, эмоциональные перегрузки, рвота, утомляемость, потеря сознания, потливость, пепельно-серый оттенок лица, чувства страха, интенсивная боль за грудиной и в области сердца.

При диагностике было выявлено:

- анализ крови: ЛПНП=2,13(норма до 3,4), холестерин = 3,6 (норма до 6,2), триглицериды=0,8 (норма до 2,29).
- ЭКГ+ЭХО-КТ: границы сердца смещены влево на 1 см, ST на изолинии, T (-) II, III, aVL V2-V6, признаки инфаркта миокарда
 - АД Холтер: АД=200/110(норма до 140).

Был поставлен диагноз инфаркт миокарда.

Таким образом, начальная маркировка сети Петри для тестового примера выглядит следующим образом:

Далее у нас вносятся маркеры, в соответствующую позицию при наличии выявленного симптома у пациента:

В данной разметке могут сработать переходы d1, d5, d7, d9, d12, d13, d14, d15, d20, что приведет к разметке M9:

Затем срабатывают переходы d25, d39, d42, d53, d34, d40, d43, d54, d38, d41, d52, d47, d50, d49, d48, что приведет к разметке M25:

Далее сработают переходы d37, d46, что приведет к разметке M27:

Затем срабатывают переход d57 постановка одного из диагнозов, что приведет к разметке M28:

Разработанная имитационная модель процесса диагностики предназначена для отслеживания и для выбора диагностических мероприятий [1, 2, 3, 4].

Список использованных источников

- 1. Новикова Е.И. Алгоритмизация и управление процессом диагностики гинекологических заболеваний на основе многовариантного моделирования / Е.И. Новикова, О.В. Родионов // монография. Воронеж: ВГТУ, 2012. 132 с.
- 2. Новикова Е.И. Разработка моделей и алгоритма, обеспечивающих повышение эффективности процесса дифференциальной диагностики острого панкреатита / Новикова Е.И., Штырлина Д.П., Панченко И.В. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2014. Т. 13. № 4. С. 933-937.
- 3. Новикова Е.И. Анализ, алгоритмизация и управление процессом диагностики гинекологических заболеваний на основе многовариантного моделирования / Новикова Е.И. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук // Воронежский государственный технический университет. Воронеж, 2006.

- 4. Новикова Е.И. Анализ, алгоритмизация и управление процессом диагностики гинекологических заболеваний на основе многовариантного моделирования / Новикова Е.И. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Воронеж, 2006
- 5. Новикова Е.И. Анализ и алгоритмизация процесса диагностики острого панкреатита на основе имитационного моделирования / Е.И. Новикова // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 1. С. 117-120.
- 6. Новикова Е.И. Применение сетей Петри для поддержки принятия решений в ургентной гинекологии / Е.И. Новикова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2013. Т.12. № 4. С. 1119-1123.
- 7. Новикова Е.И. Информационная поддержка принятия решений для диагностики внутреннего эндометриоза, миомы матки и опухолей яичников / Новикова Е.И., Родионов О.В., Фролов М.В., Фаустова А.Ю. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 9. С. 159-162.
- 8. Новикова Е.И. Разработка моделей для поддержки принятия решения при диагностике легочных заболеваний / Новикова Е.И., Коршунова Е.А. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2016. Т. 15. № 3. С. 466-469.
- 9. Новикова Е.И. Разработка моделей для диагностики заболеваний почек на основе многовариантного моделирования / Новикова Е.И., Коновкина А.С. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2016. Т. 15. № 4. С. 670-673.
- 10. Новикова Е.И. Модели диагностики сердечно-сосудистых заболеваний на основе статистического анализа / Новикова Е.И., Зеленов С.С., Данилова Ю.С. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2019. Т. 18. № 2. С. 127-132.