



---

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

---

УДК 004

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ИШЕМИЧЕСКИХ КАРДИОЦИКЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

**В.В. СЕРЕБРОВСКИЙ**  
**С.А. ФИЛИСТ**  
**О.В. ШАТАЛОВА**  
**А.А. ЧЕРЕПАНОВ**

*Юго-Западный  
государственный  
университет*

*e-mail:  
kafedra-ipm@mail.ru  
Cha84@mail.ru*

В работе рассматривается проблематика создания автоматизированной информационной системы детектирования ишемической болезни сердца, посредством анализа графика электрокардиограммы. Описан вид графика кардиограммы, возникающей при ишемической болезни сердца. Предложен набор нечетких правил, позволяющих определить ишемию у пациента.

Ключевые слова: нечеткая логика, информатика, информационные системы, ишемическая болезнь сердца.

---

На сегодняшний день ишемическая болезнь сердца (ИБС) или миокардиальная ишемия (МИ) является одним из самых распространенных заболеваний во всем мире и ее ранний диагноз и лечение очень важны. ИБС развивается из-за недостаточного кровоснабжения коронарных артерий сердца вследствие сужения их просвета. Это недостаточное кровоснабжение к миокарда вызывает изменение в электрокардиосигнале (ЭКС) (т.е. отклонение сегмента-ST и изменения волны-T). Обнаружение ишемических «окон» в ЭКС очень помогает врачам в диагнозе ИБС. Классификация кардиоциклов является ключевым процессом в обнаружении миокардиальных ишемических «окон» в ЭКС.

Известны ряд методов, которые определяют изменения сегмента-ST и волны-T, и используются для классификации ишемических кардиоциклов. Методы основаны на использовании параметрического моделирования, вейвлет-преобразования, множества решающих правил, искусственных нейронных сетей, анализа решений мультикритериев, и генетических алгоритмов [3].

Главным недостатком систем решающих правил является то, что правила, используемые в системе базы правил, соответствуют неизменным порогам. Около порогового значения классификация реализуется без принятия оценки шумового искажения. Нечеткие системы – расширение систем базы решающих правил. Они также используют подобные базы правил, но их логика не является двузначной (да или нет), а нечеткой.

Классификацию ишемических кардиоциклов на основе базы множества нечетких решающих правил будем осуществлять в три этапа. На первом этапе производится предварительная обработка сигнала для устранения дрейфа изолинии и подавления шумовой помехи. В предварительной обработке для устранения дрейфа изолинии и подавления шумовой помехи использовано морфологическое преобразование на основе морфологических операций «дилатации» и «эрозии». Подробное описание предварительной обработки представлено в работе [1].

На втором этапе выделяются характерные точки кардиоциклов в ЭКС с использованием мульти-масштабной морфологической производной на основе морфологических операций «дилатации» и «эрозии». Подробное описание выделения характерных точек кардиоциклов в ЭКС представлено в работе [2]. В данном этапе выделены 4 признака (амплитуда точки-J «J», амплитуда  $J_{80}(J_{60})$  « $J_{80}(J_{60})$ », угол сегмента-ST «jA» и амплитуда волны-T «T». Точка-J определяется как конца QRS-комплекс. Отклонение сегмента-ST измеряется в точке  $J_{80}$  ( $J+80\text{мс}$ ) (если ЧСС < 120) или в точке  $J_{60}$  ( $J+60\text{мс}$ ) (если ЧСС > 120). Угол сегмента-ST измеряется от вертикальной линии к наклону сегмента-ST. Амплитуда волны-T определяется максимальная амплитуда волны-T (если волна-T положительна) или минимальная амплитуда волны-T (если волна-T отрицательна). На рис. 1 представлена графическая иллюстрация выделенных признаков из кардиоцикла ЭКС.

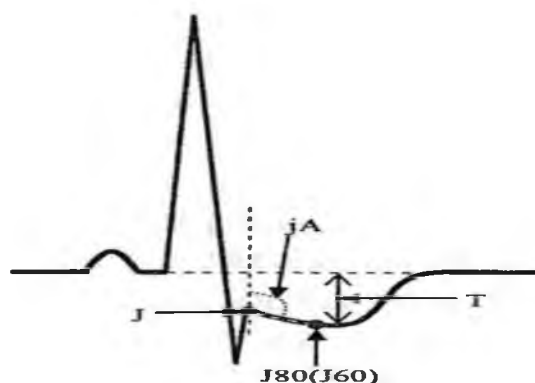


Рис. 1. Графическая иллюстрация выделенных признаков из кардиоцикла ЭКС

На третьем этапе разработана классификация кардиоциклов на два класса: ишемический кардиоцикл и неишемический кардиоцикл, методом базы решающих правил на основе нечеткой логики. В данной работе правила, использованные в базе правил, основаны на правилах миннесотовых кодов (т.е. коды понижения сегмента-ST 4-1, 4-2, 4-3 и 4-4, и для изменения волны-T коды 5-1, 5-2, 5-3 и 5-4) [1]. Описание миннесотовых кодов, использованных в базе правил, представлено в таблице.

Таблица

#### Описание миннесотовых кодов 4 и 5

	Амплитуда точки-J (ниже изоэлектрической линии)	Угол сегмента - ST	Амплитуда точки- $J_{80}(J_{60})$	Амплитуда волны-T
4-1 код	$J < -0,1\text{mV}$	$jA > 90$	-	-
4-2 код	$-0,1 < J < -0,05\text{mV}$	$jA > 90$	-	-
4-3 код	$-0,05\text{mV} > J$	$jA > 90$	$J_{80}(60) < -0,05\text{mV}$	-
4-4 код	$J < -0,1\text{mV}$	$jA < 90$	-	-
5-1 код	-	-	-	$T < -0,5\text{ mV}$ (отрицательно)
5-2 код	-	-	-	$-0,5 < T < -0,1\text{mV}$ (отрицательно)
5-3 код	-	-	-	$T > -0,1\text{mV}$ (отрицательно)
5-4 код	-	-	-	$T = 0\text{mV}$ (плоско)

Задача третьего этапа состоит то, чтобы разработать экспертную систему, реализованную в виде системы нечеткого вывода, позволяющего классифицировать кардиоциклы ЭКС (ишемические или нет) на основе признаков, выделенных во втором этапе. В данной работе используются 4 входа и 1 выход для нечеткой экспертной системы. Графики созданных функций принадлежности для 4 входов и 1 выхода представлены на рис. 2, 3, 4, 5 и 6 соответственно. В данной работе при создании функций принадлежности использованы функции принадлежности типа кусочно-линейных функций. Разделение пространств входов на области основаны на миннесотовых кодах 4 и 5: входы  $J$ ,  $jA$  и  $J80(J60)$  разделены на основе миннесотовых кодов 4, а вход  $T$  разделен на основе кодов 5.

При создании функций принадлежности входа точки- $J$  выделены 4 отдельные области. Отдельные области обозначены следующим образом: «Очень низкая», «Низкая», «Средняя» и «Высокая» и для каждой из них определена одна функция принадлежности на рис. 2.

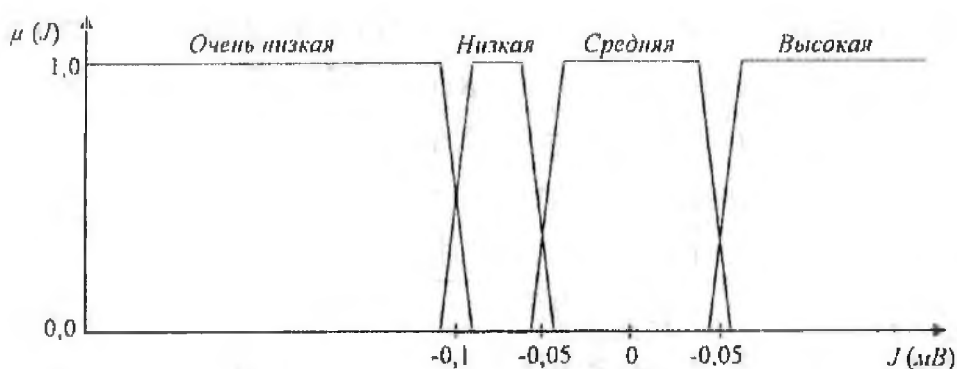


Рис. 2. График созданных функций принадлежности входа точки- $J$

Для входа угла сегмента- $ST$  разделены 2 области: «Восходящий» и «Нисходящий» и для каждой из них определена одну функцию принадлежности на рис. 3.

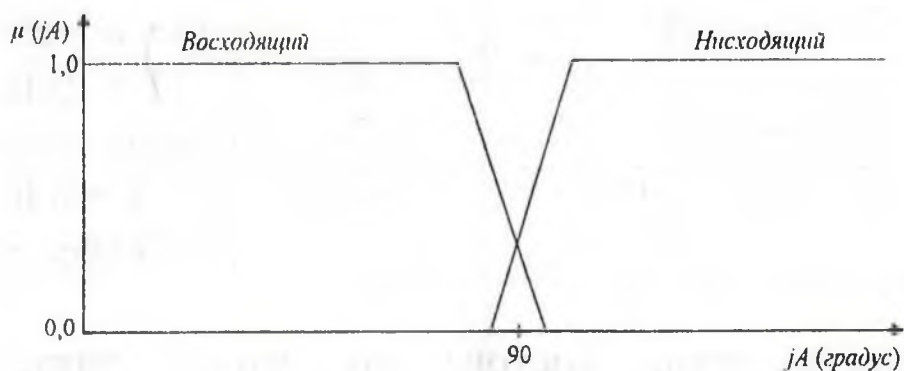


Рис.3. График созданных функций принадлежности входа угла сегмента- $ST$

Для входа  $TO4KH-J80(J60)$  разделены 2 области: «Низ» и «Вверх» и для каждой из них определены одну функцию принадлежности на рис. 4.

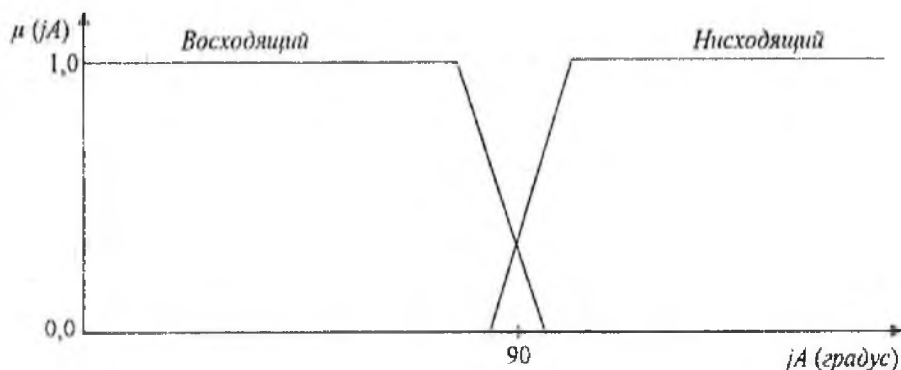


Рис. 4. График созданных функций принадлежности входа ТО4KH-J80(J60)

При создании функций принадлежности входа волны-T разделены 5 отдельных областей, обозначенных следующим образом: «Низкая-3», «Низкая-2», «Низкая», «Плоская» и «Высокая» и для каждой из них определены одну функцию принадлежности на рис. 5.

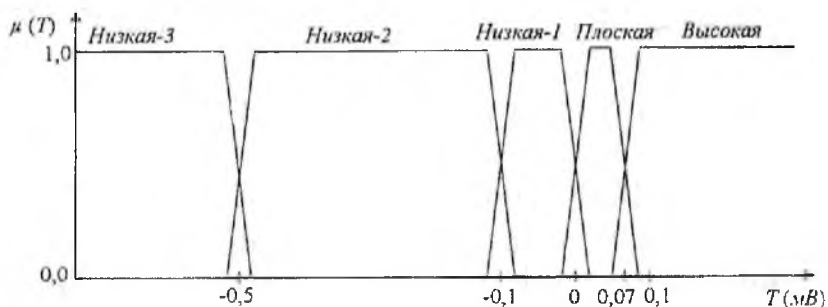


Рис.5. График созданных функций принадлежности входа волны-T

При создании функций принадлежности выхода системы определены 2 функции принадлежности отдельно: «Неишемический» и «Ишемический» на рис. 6.

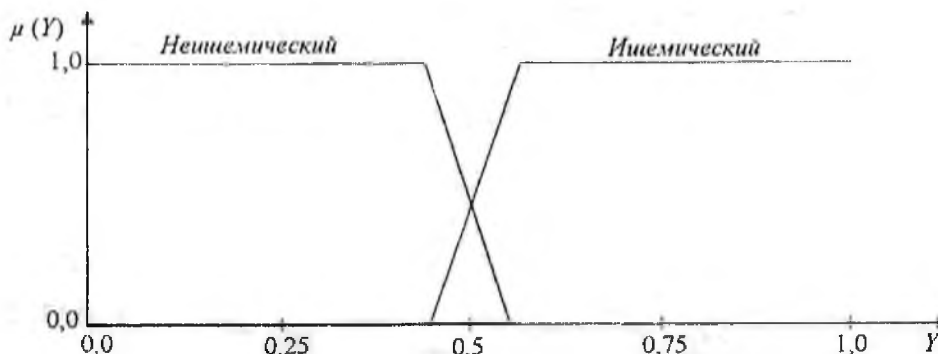


Рис.6. График созданных функций принадлежности выхода системы классификации кардиоциклов ЭКС

При построении базы правил нечетких продукций множество правил нечетких продукций определяется на основе миннесотовых кодов 4 и 5, представленных в таблице. В качестве системы нечеткой продукции используется следующее множество правил нечетких продукций:

**ПРАВИЛО\_1:** ЕСЛИ "Амплитуда точки-J очень низкая" И "Угол сегмента-ST нисходящий", ТО "Кардиоцикл ишемический" (4-1 код)

**ПРАВИЛО\_2:** ЕСЛИ "Амплитуда точки-J низкая" И "Угол сегмента-ST нисходящий", ТО "Кардиоцикл ишемический" (4-2 код)



ПРАВИЛО\_3: ЕСЛИ "Амплитуда точки-J средняя" И "Угол сегмента-ST нисходящий" И "Амплитуда точки-J80(J60) – низ" , ТО "Кардиоцикл ишемический" (4-3 код)

ПРАВИЛО\_4: ЕСЛИ "Амплитуда точки-J низкая" И "Угол сегмента-ST восходящий", ТО "Кардиоцикл ишемический" (4-4 код)

ПРАВИЛО\_5: ЕСЛИ "Амплитуда волны-T низкая-3" ТО "Кардиоцикл ишемический" (5-1 код)

ПРАВИЛО\_6: ЕСЛИ "Амплитуда волны-T низкая-2" ТО "Кардиоцикл ишемический" (5-2 код)

ПРАВИЛО\_7: ЕСЛИ "Амплитуда волны-T низкая-1" ТО "Кардиоцикл ишемический" (5-3 код)

ПРАВИЛО\_8: ЕСЛИ "Амплитуда волны-T плоская" ТО "Кардиоцикл ишемический" (5-4 код)

### Список литературы

1. Зо Зо Тун. Способы и алгоритмы морфологического анализа в задачах распознавания QRS – комплексов/ Зо Зо Тун, С.А. Филист, О. В. Шаталова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – Белгород. – 2011. – №7 (102). Выпуск 18/1. – С. 129-136.

2. Зо Зо Тун. Программный модуль для кодирования QRS – комплексов на основе морфологических признаков. / Зо Зо Тун, С.А. Филист, С.А. Горбатенко // Биомедицинская радиоэлектроника – 2010. № 2. С. 24-29

3. Макарук Р.В. Нечеткие модели и программный комплекс для анализа характеристик вычислительной сети. / Р.В. Макарук, В.Н. Гиляров// Научные ведомости Белгородского государственного университета №22(165), Выпуск 28/1. С.161-167

## INFORMATION SYSTEM DETECTION ISCHEMIC CARDIOCYCLES USING FUZZY LOGIC

**V.V. SEREBROVSKY**

**S.A. FILIST**

**O.V. SHATALOVA**

**A.A. CHEREPANOV**

*Southwest State University*

*e-mail:*

*kafedra-ipm@mail.ru*

*Cha84@mail.ru*

The paper focuses on the problems of creating an automated information system of detection of coronary heart disease by analyzing the electrocardiogram chart. Described graph view cardiogram occurring in coronary heart disease. Proposed a set of fuzzy rules which allow to determine the patient's ischemia.

Keywords: fuzzy logic, computer science, information systems, coronary heart disease.