



УДК 615.47

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ОСТРОГО ПАНКРЕАТИТА С УЧЕТОМ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА И ЭНЕРГЕТИКИ АКУПУНКТУРНЫХ ТОЧЕК

В.Н. МИШУСТИН¹
С.В. ДЕГТЯРЕВ²
В.И. СЕРЕБРОВСКИЙ³
Л.П. ЛАЗУРИНА¹

¹⁾ *Курский государственный
медицинский университет*

²⁾ *Юго-Западный государственный
университет, г. Курск*

³⁾ *Курская сельскохозяйственная
академия имени проф.
И.И. Иванова*

e-mail: kstu-bmi@yandex.ru

В работе рассматриваются вопросы прогнозирования и ранней диагностики панкреатитов по двум группам информативных признаков: по содержанию меди, железа и цинка в волосах человека и по отклонению электрического сопротивления биологически активных точек от своего номинального значения для точек, имеющих «связи» с исследуемым заболеванием.

Показывается, что решающие правила построения на основе нечеткой логики принятия решений обеспечивают уверенность в прогнозировании возникновения и ранней диагностике панкреатита на уровне 0,9, что вполне приемлемо для медицинской практики.

Ключевые слова: гибридные нечеткие модели, острый панкреатит, микроэлементный статус.

В решении вопроса оценки опасности загрязнений окружающей среды большая роль отводится исследованиям, связанным с объективной оценкой степени воздействия на организм человека различных соединений металлов.

В предлагаемой работе исследуются вопросы влияния микроэлементного статуса организма на риск возникновения и развития такого заболевания, как острый панкреатит.

В качестве основного метода изучения количественной топографии металлов в биообъектах был выбран метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП), широко используемый при идентификации низких уровней металлов, особенно фоновых, а также физиологических параметров элементов в биоматериале.

Атомно-эмиссионная спектроскопия с ИСП — один из эффективных и адекватных методов анализа, позволяющих одновременно определить большое число элементов (до 70), — обладает низкими пределами обнаружения, высокой воспроизводимостью и широким диапазоном определяемых концентраций. Аналитические характеристики метода обеспечиваются источником возбуждения — высокочастотным индукционным разрядом в аргоне при атмосферном давлении, который обладает временной стабильностью, высокой температурой и обеспечивает эффективную атомизацию и возбуждение поступающего в него анализируемого элемента.

При выборе диагностического биосубстрата для решения задачи формирования границ содержания микроэлементов (МЭ) у человека мы исходили из того, что искомые биосубстраты должны позволять судить о степени изменения МЭ в целом организме и в то же время обладать доступностью получения без травмирования и возможностью снижения распространения вирусных инфекций.

Одной из таких сред являются эктодермальные ткани человека — волосы. Установлено, что именно эктодермальные среды служат индикатором изменения металлов в организме. В ряде исследований подчеркнуто, что волосы являются активной метаболической тканью, депонирующей и одновременно выводящей металлы, что обуславливает внимание к ним как к диагностическому субстрату.

Подготовка образцов для анализа осуществлялась следующим образом: образцы биосубстрата высушивались в сушильном шкафу (при температуре 1500° С) до воздушно-сухого состояния. Навеска помещалась в термостойкий стакан, растворялась в концентрированной азотной кислоте особой чистоты при нагревании, охлаждалась,



переносилась в мерную колбу и разбавлялась бидистиллированной водой, а затем проводилось определение концентрации различных металлов на плазменном спектрометре ICAP-9000 [1, 8].

В экспериментах по определению «коридоров нормы» содержания элементов в неинвазивном биосубстрате (волосы жителей Курского региона), обследовано 300 человек при числе исследований в каждой возрастной группе – 50. В качестве объекта изучения были выбраны дети в возрасте 3-7 лет, постоянно проживающие в г. Курске, взрослое население в возрасте от 13 до 50 лет, проживающее в г. Курске в «чистых» районах и взрослое население от 25 до 50 лет, постоянно проживающее в Курской области. Пробы волос снимались с затылочной части головы и обезжиривались в спиртоэфирной смеси.

Таблица экспериментальных данных (ТЭД) для выделения класса «острый панкреатит» по содержанию МЭ в волосах человека формировалась на пациентах курских городских больниц.

При формировании обучающих таблиц экспериментальных данных диагноз острый панкреатит объективно подтверждался контролем уровня ферментов в крови стандартными методиками.

Анализ гистограмм распределения концентраций микроэлементов в волосах человека по классам ω_0 – относительно здоров и ω_1 – острый панкреатит показал, что больные характеризуются увеличением концентрации меди на 25-30%, уменьшением концентрации цинка на 20-25%, уменьшением концентрации железа на 10-15%. однако похожие тенденции наблюдаются и при других видах заболеваний, например при ряде заболеваний крови, печени и т.д. Поэтому только изменение концентрации микроэлементов относительно их статистических норм не может служить надежным индикатором для построения решающих правил, выделяющих класс острый панкреатит. Однако эти признаки, как показали результаты разведочного анализа, могут служить как достаточно информативные факторы риска появления и развития исследуемой патологии.

В ходе проведения разведочного анализа [1, 4] было установлено, что если на экспертном уровне выделить классы: относительно здоров (класс ω_0), существует достаточно высокий риск заболевания (класс ω_R), имеются начальные стадии заболеваний (донозологический диагноз без выраженных клинических симптомов ω_D) и клинически установленный диагноз (класс ω_K), то оказывается, что между ними нет четкой границы, они имеют «достаточно большие» зоны пересечения с плохо формализуемой структурой классов.

В этих условиях, согласно рекомендациям [4, 5, 6, 9], в качестве математического аппарата для построения соответствующих решающих правил целесообразно использовать теорию нечеткой логики принятия решений, в которой частная уверенность в классификации по каждому информативному признаку (фактору риска) определяется соответствующей функцией принадлежности к классу ω_ℓ ($\ell = 0, R, D, K$) с базовой переменной по величине признака x_i ($i = 1, \dots, n$) – $\mu_{\omega_\ell}(x_i)$, а финальные решающие правила строятся путем агрегации полученных функций принадлежностей с расчетом коэффициентов уверенности KU_{ω_ℓ} в принимаемых решениях.

Для формирования класса ω_R отбирались люди с достаточно сильными отклонениями концентрации отобранных МЭ от статистической нормы, но без установленного диагноза по классам ω_D или ω_K , и они в течение года наблюдались специалистами. Если за это время наблюдаемые заболевали (переходили в класс ω_D или ω_K), то они в обучающей выборке относились к классу ω_R на момент начала наблюдения.

По каждому фактору риска и каждому выделенному классу были построены гистограммы распределения классов ($h_{\omega_\ell}(x_i)$), которые предъявлялись 8 высококвалифицированным экспертам (доктор биологических наук, два доктора медицинских наук, два кандидата медицинских наук и три врача высшей квалификации).



Эти специалисты под руководством инженера по знаниям, опираясь на данные разведочного анализа и соответствующие решения, полученные на животных [8], строили функции принадлежности к выбранным классам состояний. По результатам построений был определен коэффициент конкордации (согласованности действий экспертов) $W = 0,75$, что позволило сделать выводы о достаточно эффективной деятельности экспертной группы. Усредненные графики соответствующих функций принадлежности с базовыми переменными по шкалам концентраций МЭ приведены на рис. 1-3.

На приведенных графиках эксперты не выделяли класс ω_K , поскольку считается, что состав микроэлементов в волосах не является стандартом для постановки диагноза острый панкреатит.

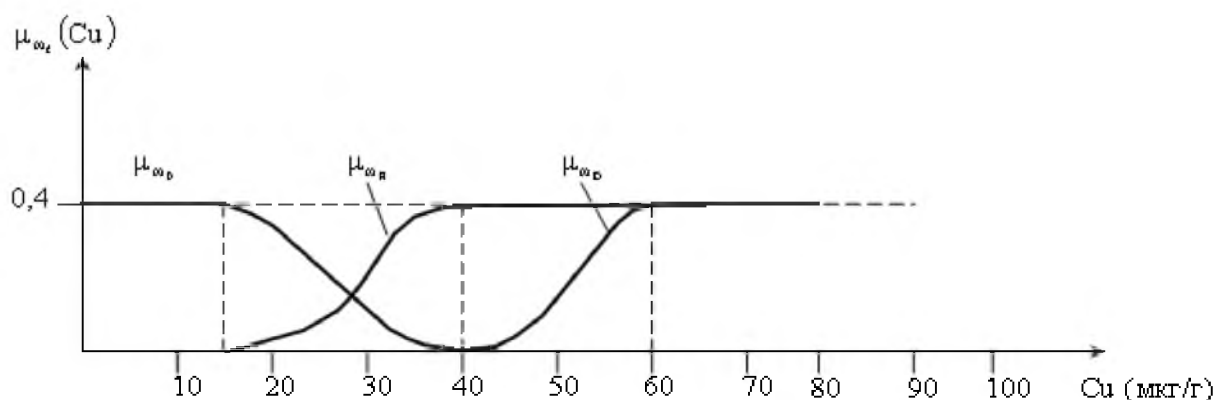


Рис. 1. Функции принадлежности к классам ω_i по шкале концентрация меди (Cu)

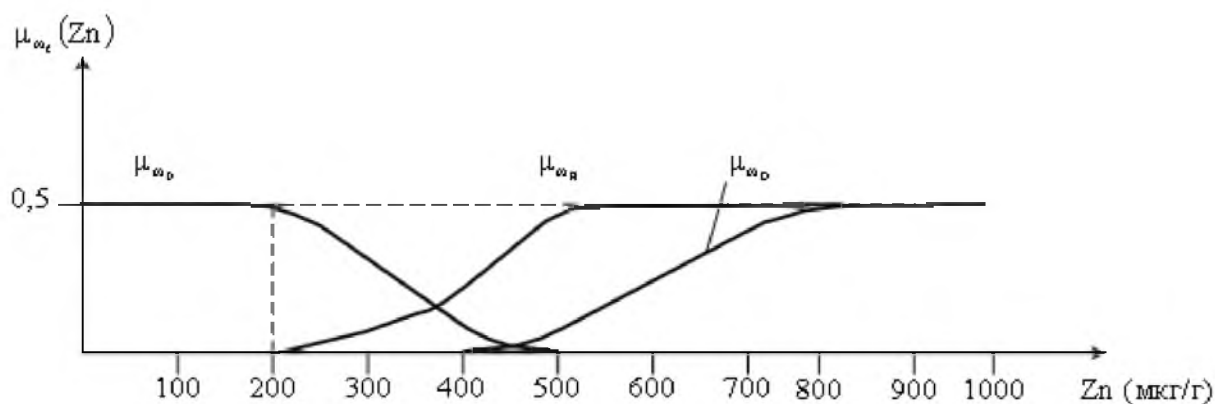


Рис. 2. Функции принадлежности к классам ω_i по шкале концентрация цинка (Zn)

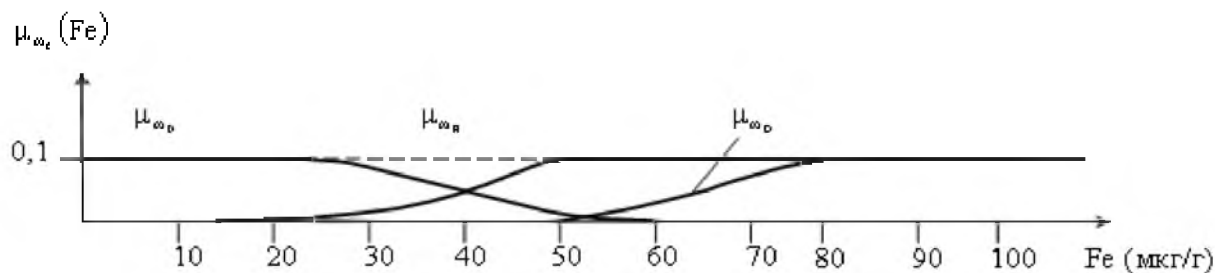


Рис. 3. Функции принадлежности к классам ω_i по шкале концентрация железа (Fe)

Совпадение максимальных значений μ_{ω_R} и μ_{ω_D} по всем выбранным МЭ соответствует мнению экспертов о том, что достигаемая максимальная уверенность в ре-



шении по каждому из выделенных классов не превышает некоторого максимального числа $\mu_{\omega_\ell}^{\max}$ и что при совпадении величин μ_{ω_R} и μ_{ω_D} следует назначать дополнительные обследования с целью уточнения диагноза ω_R , не забывая о соответствующей профилактике.

Для агрегирования полученных функций принадлежности в правило принятия решений по всему выбранному комплексу микроэлементов, согласно рекомендациям [4], было выбрано решающее правило вида:

$$\begin{aligned} \text{КУ}_{\omega_\ell}^{\text{МЭ}} = & \mu_{\omega_\ell}(\text{Cu}) + \mu_{\omega_\ell}(\text{Zn}) + \mu_{\omega_\ell}(\text{Fe}) - \mu_{\omega_\ell}(\text{Cu}) \cdot \mu_{\omega_\ell}(\text{Zn}) - \\ & - \mu_{\omega_\ell}(\text{Cu}) \cdot \mu_{\omega_\ell}(\text{Fe}) - \mu_{\omega_\ell}(\text{Zn}) \cdot \mu_{\omega_\ell}(\text{Fe}) + \mu_{\omega_\ell}(\text{Cu}) \cdot \mu_{\omega_\ell}(\text{Zn}) \cdot \mu_{\omega_\ell}(\text{Fe}) \end{aligned} \quad (1)$$

Проведенное математическое моделирование показало, что при максимальных значениях всех трех функций принадлежности величина $\text{КУ}_{\omega_\ell}^{\text{МЭ}}$ стремится к значению 0,72 ($\text{КУ}_{\omega_\ell}^{\text{МЭ}} \rightarrow 0,72$), что недостаточно для принимаемых решений.

Работами ряда исследований было показано, что увеличить достоверность в принимаемых прогностических и диагностических исследованиях для ряда заболеваний, включая острый панкреатит, можно, используя электрические характеристики биологически активных точек (БАТ), «связанных» с исследуемой патологией [2, 3, 7].

Список биологически активных точек, связанных с диагнозом острый панкреатит и с заболеваниями желудочно-кишечного тракта, к которому относится поджелудочная железа, со списками связанных с ними ситуаций представлен в таблице.

В этой таблице под ситуациями, как и в работе [2], понимаются списки диагнозов, симптомов и синдромов, связываемые с конкретными БАТ, а аббревиатура ЧМ обозначает чудесный меридиан.

Из приведенной таблицы видно, что надежное прогнозирование и диагностика острого панкреатита может осуществляться только по точкам ушной раковины AP96 и AP 122, на остальных точках кроме выбранного заболевания представлена информация о состоянии сразу нескольких органов и (или) систем, что требует специальных мер по уточнению проверяемых гипотез, например, используя методику, представленную в работах [2, 7].

На рис. 4 и 5 приведены функции принадлежности к исследуемым классам ω_ℓ для точек AP96 и AP 122 с базовыми переменными по величинам отклонений их сопротивления от своего номинального значения – δR .

Приведенные на рис. 4 и 5 графики соответствуют доверию экспертов к принимаемым решениям при однократном измерении электрического сопротивления БАТ.

Следует иметь в виду, что электрическое сопротивление БАТ относится к таким медицинским показателям, для которых диагностическая уверенность возрастет, если наблюдаются стабильные патологические отклонения при неоднократном измерении. Для учета этого фактора в расчет показателей соответствующих коэффициентов уверенности $\text{КУ}_{\omega_\ell}^{\text{АП}}$ вводятся поправочные коэффициенты α_q :

$$\text{КУ}_{\omega_\ell}^{\text{АП}} = \alpha_q \cdot \mu_{\omega_\ell}(\delta R_j), \quad (2)$$

где j – номер точки, выбранной для исследования.

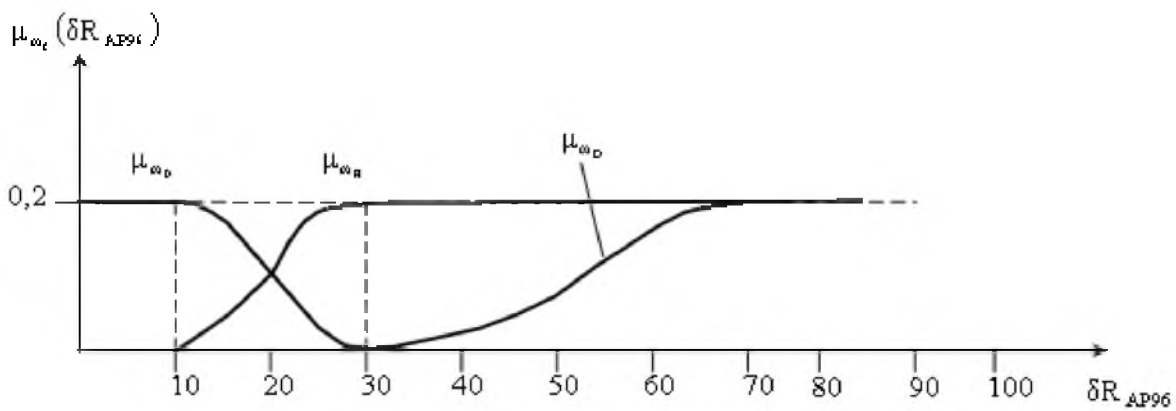
По отношению к патологии острый панкреатит экспертами определены следующие значения α_q : $\alpha_1 = 1$ – при однократном измерении, $\alpha_2 = 1,16$ – если сохраняется аномальное отклонение сопротивлений БАТ от своих номинальных значений при повторных измерениях через сутки с учетом временных энергетических циклов меридиан; $\alpha_3 = 1,7$ – если аномальное отклонение сопротивления БАТ удерживается в течение недели; $\alpha_4 = 2,3$ – в течение месяца.



Таблица

Описание проекционных зон, связанных с панкреатитом

№ п/п	Имя БАТ	Имя ситуации	Список ситуаций
1	AP18 (Голод)	x_0	панкреатит (по Табеевой)
		x_2	острый и хронический гастрит
2	AP22 (Железы внутренней секреции)	x_1	все болезни, связанные с железами внутренней секреции, включая поджелудочную железу и как следствие панкреатит
		x_3	все гинекологические заболевания
		x_4	все кожные заболевания
		x_5	аллергические заболевания и воспалительные процессы органов дыхания
		x_6	заболевания сердечно-сосудистой системы
3	AP96 левая (Поджелудочная железа)	x_0	панкреатит
4	AP 122 (Панкреатит)	x_0	хронический панкреатит
5	V21 – сочувственная точка меридиана желудка на меридиане мочевого пузыря	x_0	панкреатит
		x_7	гастрит
		x_8	гепатит
		x_9	снижение пищеварительной функции желудка, энтероколит, боль в животе
6	R6 – точка ключ к ЧМVI меридиана почек	x_0	заболевания поджелудочной железы, включая панкреатит
		x_8	заболевания печени, включая гепатит
		x_{10}	неврастения
		x_{11}	эпилептиформные припадки
		x_{12}	нарушения мозгового кровообращения

Рис. 4. Функции принадлежности к классам ω_ℓ по шкале δR_{AP96}

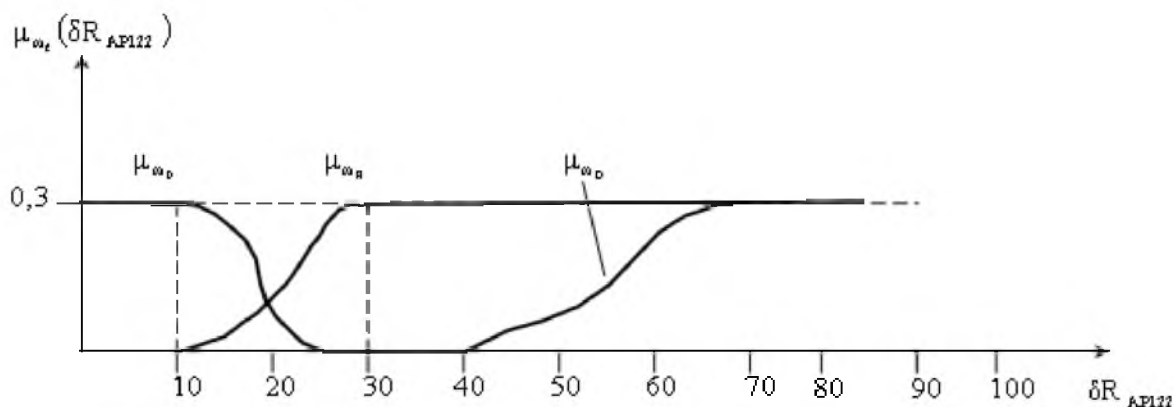


Рис. 5. Функции принадлежности к классам ω_i по шкале δR_{AP122}

Общая уверенность в принятии решения по двум показателям определяется выражением:

$$КУ_{\omega_i} = КУ_{\omega_i}^{MЭ} + КУ_{\omega_i}^{AP} (1 - КУ_{\omega_i}^{MЭ}) \tag{3}$$

При максимальных величинах функций принадлежности $КУ_{\omega_i} \rightarrow 0,9$, что вполне пригодно для практического использования полученных решающих правил.

Окончательное решение в пользу классов ω_0 , ω_R или ω_D принимается по максимальной величине соответствующего коэффициента уверенности.

Литература

1. Гаврилов, И.Л. Прогнозирование и ранняя диагностика панкреатитов по микроэлементному статусу [Текст] / И.Л. Гаврилов, Н.А. Корневский, Л. П. Лазурина, А.Л. Локтионов // Вестник Воронежского государственного университета. – 2009. – Т. 5, № 5. – С. 96-100.
2. Гадалов, В.Н. Математические модели, рефлекторные системы организма человека и их использование для прогнозирования и диагностики заболеваний / В.Н. Гадалов, Н.А. Корневский, В.Н. Снопков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11, № 2. – С. 515-521.
3. Иванов, В.А. Математический анализ насыщенности нервами и корреляционная взаимосвязь анатомических (акупунктурных) зон ушной раковины человека / В.А. Иванов, А.П. Яковлев, Е.А. Яковлева // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11, № 1. – С. 228-236.
4. Корневский, Н.А. Синтез нечетких сетевых моделей обучаемых по структуре данных для медицинских систем / Н.А. Корневский, Р.А. Крупчатников, С.А. Горбатенко // Медицинская техника. – 2008. – № 2. – С. 18-24.
5. Корневский, Н.А. Метод синтеза нечетких решающих правил для оценки состояния сложных систем по информации о геометрической структуре многомерных данных / Н.А. Корневский, Е.Б. Рябкова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7, № 8. – С. 128-136.
6. Корневский, Н.А. Геометрический подход к синтезу нечетких решающих правил для решения задач прогнозирования и медицинской диагностики / Н.А. Корневский, С.А. Филист, А.Г. Устинов, Е.Б. Рябкова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. – № 4. – С. 20-25.
7. Крупчатников, Р.А. Расчет уверенностей в принимаемых решениях по энергетической реакции меридианных структур / Р.А. Крупчатников, И.А. Ключиков, Л.В. Шульга, С.В. Харьков // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – №6 (39), ч. 2. – С. 62-67.
8. Лазурина, Л.П. Исследование влияния микроэлементов на состояние здоровья человека / Н.А. Корневский, Н.Д. Тутов, Л.П. Лазурина // Проектирование медико-экологических информационных систем. – Курск, 2001. – С. 90-133.
9. Riad Al-Kasasbeh, Nikolay Korenevskiy, Mahdi Alshamasin, Florin Ionescou and Andrew Smith. Prediction of gastric ulcers based on the change in electrical resistance of acupuncture points using fuzzy logic decision – making. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering. iFirst article. – 2012. – P. 1-12.



USING A HYBRID FUZZY MODELS FOR PREDICTION AND EARLY DIAGNOSIS OF ACUTE PANCREATITIS BY THE MICROELEMENT STATUS AND ACUPOINTS' CONDITION

V.N. MISHUSTIN¹
S.V. DEGTAREV²
V.I. SEREBROVSKIY³
L.P. LAZURINA¹

¹Kursk State Medical University

²Southwest State University, Kursk

³Kursk State Agricultural Academy named after Professor I.I. Ivanov

e-mail: kstu-bmi@yandex.ru

The paper discusses prediction and early diagnosis of pancreatitis in two group's informative features: the content of copper, iron and zinc in human hair and deviation of the electric resistance of the biologically active points from their nominal values for pixels having "associated" with a disease under study. It is shown that the decision rules of construction based on fuzzy logic decision-making provide confidence in predicting the emergence and early diagnosis of pancreatitis at the level of 0.9, which is quite acceptable for a medical practice.

Key words: hybrid fuzzy models, acute pancreatitis, a trace element status.