

УДК 618+616-009.8

Н.А. Корневский<sup>1</sup>, Р.В. Степашов<sup>2</sup>, Р.А. Крупчатников<sup>2</sup>,  
В.В. Аксёнов<sup>1</sup>, Н.Л. Коржук<sup>3</sup>

**НЕЧЕТКИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕЛЬСКО-  
ХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОЧИХ КОНТАКТИРУЮЩИХ С  
ЯДОХИМИКАТАМИ**

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Курская ГСХА»

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

*Работа посвящена решению актуальной задачи повышения качества медицинского обслуживания работников агропромышленного комплекса, контактирующих с сельскохозяйственными ядохимикатами. В ходе проведенных исследований было показано, что задачи прогнозирования и ранней диагностики профессиональных заболеваний сельскохозяйственных рабочих занятых в растениеводстве относятся к классу плохоформализуемых задач с нечеткой структурой данных, что послужило основанием для выбора в качестве базового аппарата исследований методологии синтеза гибридных нечетких решающих правил. В ходе синтеза нечетких решающих правил было установлено, что для достижения высокого качества принятия решений кроме факторов риска связанных с ядохимикатами в качестве информативных признаков следует использовать уровень психоэмоционального напряжения, утомления и эргономичности используемой сельхозтехники, экологические факторы риска, индивидуальные особенности организма и др. В качестве конкретного примера описан вариант применения предложенного метода и информационно-аналитической модели при синтезе моделей прогнозирования и диагностики заболеваний нервной системы от воздействия на организм человека ядохимикатов, содержащих нитраты. В ходе математического моделирования и экспертного оценивания было показано что уверенность в принимаемых решениях превышает величину 0,85. Практическое применение предложенных в работе метода и моделей позволит повысить качество оказания медицинских услуг работникам агропромышленного комплекса обеспечив повышение работоспособного возраста и снижение инвалидизации.*

**Ключевые слова:** агропромышленный комплекс, профессиональные заболевания, прогнозирование, ранняя диагностика, нечеткие гибридные модели

## **ВВЕДЕНИЕ**

Анализ профессиональной заболеваемости работников агропромышленного комплекса (АПК) показал, что несмотря на значительные усилия работников здравоохранения, обслуживающих эту категорию населения, доля болеющих людей и людей, имеющих инвалидность, этой категории населения остается недопустимо высокой.

Это в значительной мере относится к работникам АПК занятым в растениеводстве, поскольку при реализации трудовой деятельности существует такой мощный фактор риска как контакт с сельскохозяйственными ядохимикатами (минеральные удобрения и пестициды). Причем часто этот фактор значительно усиливается такими негативными условиями труда как хроническое утомление, несовершенство используемой сельскохозяйственной техники, другие сопутствующие экологические факторы, значительный уровень психоэмоционального напряжения и др.

В сочетании с индивидуальными особенностями организма условия труда растениеводов провоцируют появление и развитие заболеваний желудочно-кишечного тракта, нервной и сердечно-сосудистой систем, мочеполовой системы, системы дыхания и др. Значительную опасность контакт с ядохимикатами несет детям и беременным женщинам у которых могут развиваться тяжелые заболевания и даже смерть плода.

Одним из способов повышения качества оказания медицинской помощи работникам АПК занятым в растениеводстве является своевременное выявление факторов риска, анализ последствий их воздействия на организм человека с целью проведения эффективных мер по профилактике и лечению профессиональных заболеваний исследуемой категории работников.

Таким образом повышение качества прогнозирования и ранней диагностики заболеваний работников АПК занятых в растениеводстве за счет использования современных информационных и интеллектуальных технологий является актуальной задачей.

Для решения задач оценки степени риска заболевания работников контактирующих с вредными факторами, и в частности, с ядохимикатами применяющимися в сельском хозяйстве, как у нас в стране, так и за рубежом (стандарт ИСО) используют в основном два типа моделей: по гигиеническим критериям путем сравнения содержания вредных факторов с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) или предельно-допустимыми условиями (ПДУ); по медико-биологическим критериям – индексу профессиональной заболеваемости; включая заболеваемость с потерей трудоспособности.

Использование традиционных подходов к оценке риска профессиональных заболеваний ориентируется на информацию об уже возникших профессиональных заболеваниях, которая не всегда корректно коррелирует с решением прогностических задач. В реальных условиях трудовая деятельность, проходящая в условиях действия плохоучитываемых вредных экзогенных факторов, провоцирует

появление и развитие профессиональных заболеваний. Прогнозирование и ранняя диагностика профессиональных заболеваний, включая работников занятых в растениеводстве значительно усложняется тем, что разнородные экзогенные факторы часто имеют нечеткую природу и не всегда собираются в полном объеме. Кроме того, действие экзогенных факторов может быть значительно усилено эндогенными факторами определяемыми индивидуальными особенностями организма.

В таких условиях, как показывает опыт, накопленный при решении аналогичных задач в Юго-Западном государственном университете целесообразно использовать технологию мягких вычислений, и, в частности, методологию синтеза гибридных нечетких моделей.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.

Объектом исследования являются рабочие агропромышленного комплекса, контактирующие с сельскохозяйственными ядохимикатами достаточно длительное время, начиная с 2013 года. В ходе ежегодного наблюдения определялись: виды и средние концентрации ядохимикатов, с которыми контактируют рабочие; другие характеристики окружающей среды влияющие на состояние здоровья (вредные экологические факторы); эргономические характеристики технических систем, являющиеся факторами риска в появлении и развитии заболеваний; индивидуальные факторы риска связанные с образом жизни и индивидуальными особенностями организма.

Каждый из факторов риска определяется как признак многомерного пространства  $x_i$  ( $i=1, \dots, n$ ;  $n$  – размерность пространства признаков) или как комплексный показатель  $Y_i$ , определяемый функциональными зависимостями от простых (измеряемых) показателей. В соответствии с выбранной методологией синтеза гибридных нечетких решающих правил (ГНРП) основными базовыми элементами прогностических и диагностических решающих правил являются: функции принадлежности  $\mu_{\omega_i}(x_i)$  или  $\mu_{\omega_i}(Y_i)$  к исследуемым классам состояний  $\omega_i$ ; частные коэффициенты уверенности  $KV_{\omega_i}(Z_r)$ , определяемые как константы; функции или функционалы определяемые по системе показателей  $Z_r$  [3, 6, 7, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 23].

Оптимизация пространства признаков осуществляется на первом этапе синтеза ГНРП с использованием методов разведочного анализа ориентированного на нечеткую логику принятия решений в сочетании с методами экспертного оценивания и теории измерения латентных переменных на основе модели Г. Раша [1, 15, 23].

На втором этапе синтеза с использованием методов разведочного анализа множество информативных признаков разбивается на подгруппы которые корректно обрабатываются одной или несколькими нечеткими моделями из следующего списка нечетких модификаций: последовательная процедура А. Вальда; наборы операций нечеткой логики Л. Заде; итерационная процедура Е. Шортлифа; модели группового учета аргументов (МГУА); модели теории измерения латентных переменных (ТИЛП); многомерные разделяющие поверхности и эталоны.

На третьем этапе синтеза по выбранным классам заболеваний определяются частные прогностические и (или) диагностические нечеткие модели, которые агрегируются в финальный коллектив гибридных нечетких решающих правил.

При наличии контрольных репрезентативных выборок производится контроль качества принимаемых решений с возможным изменением параметров и структуры ГНРП в сторону минимизации ошибок в принимаемых решениях.

Подробно процесс синтеза ГНРП и их элементов описан в работах [7, 12, 15, 23].

Применительно к решаемой в работе задачи была определена структура ГНРП информационно-аналитическая, модель которой приведена на Рисунке 1.

В ходе экспертного оценивания и разведочного анализа были выделены следующие подгруппы информативных признаков: ПП – подгруппа признаков по которым вычисляется уровень психоэмоционального напряжения (ПЭН); ПУ – подгруппа признаков по которым вычисляется уровень утомления; ПЭК – подгруппа признаков по которой определяется риск появления и развития заболеваний вызываемых неблагоприятной экологической обстановкой без учета сельскохозяйственных ядохимикатов; ПЭР – подгруппа признаков по которой определяется уровень эргономичности используемых технических систем; ПСЯ – подгруппа признаков характеризующая содержание сельскохозяйственных ядохимикатов (СЯ), контактирующих с сельскохозяйственными рабочими; ИФР<sub>l</sub>, ИФР<sub>r</sub> – индивидуальные факторы риска по заболеваемости с идентификаторами  $l, r, \dots$ ;

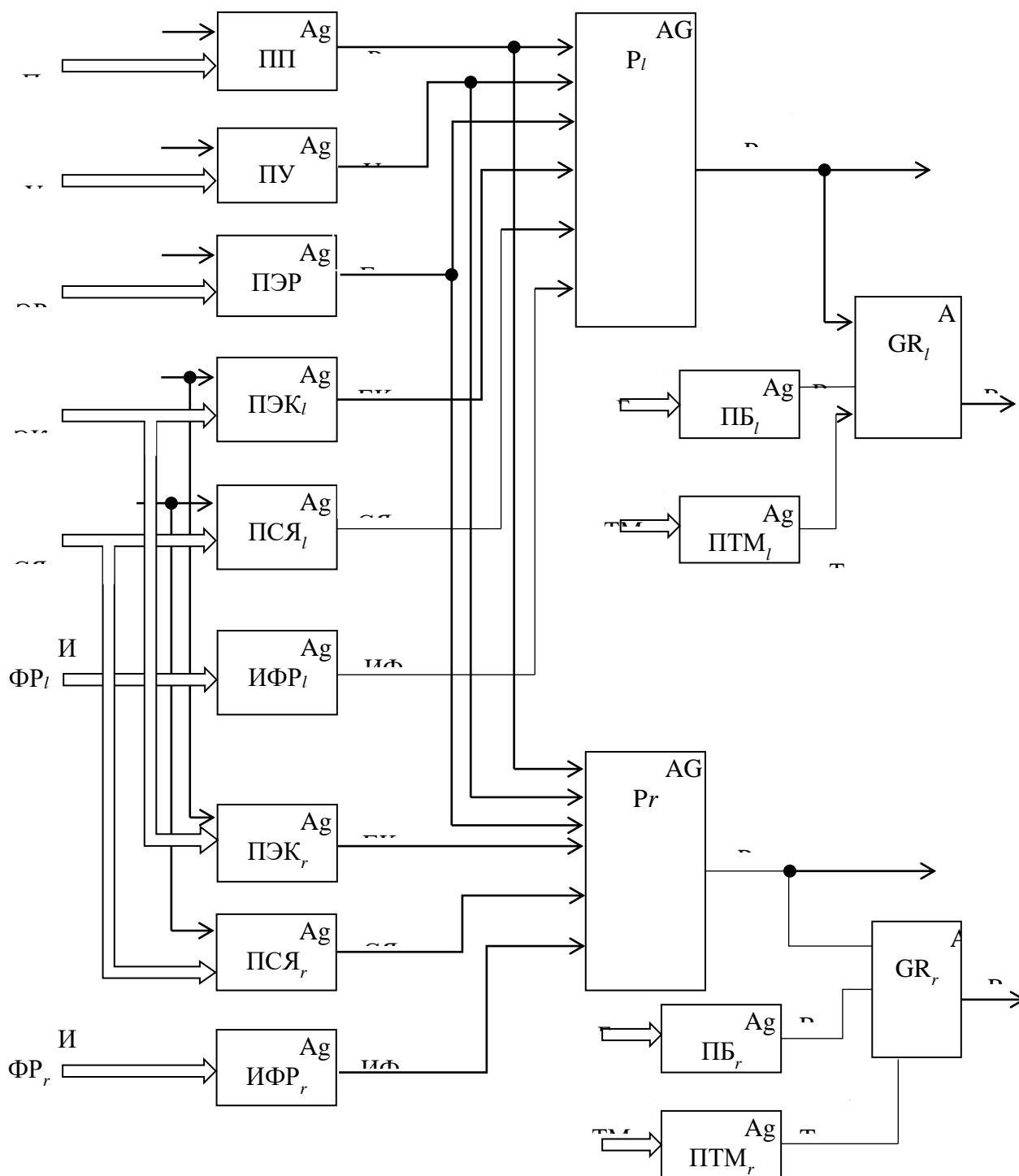


Рисунок 1 - Информационно-аналитическая модель принятия решений.

$ПБ_l, ПБ_r$  – подгруппа признаков характеризующих ранние стадии по заболеваниям  $l, r, \dots$ , получаемые при исследовании электрических характеристик биологически активных точек (БАТ) «связанных» с соответствующими болезнями;  $ПТМ_l, ПТМ_r$  – признаки характерные для заболеваний с идентификаторами  $l, r, \dots$ , получаемые традиционными

медицинскими методами;  $t_p$  – время воздействия фактора  $p$  на работников агропромышленного комплекса ( $p =$  ПП, ПУ, ПЭК, ПЭР, ПСЯ).

Частные нечеткие решающие правила оценки уровня ПЭН(УР), уровня утомления (УУ) и уровня эргономичности (УЕ) реализуются агрегаторами первого уровня Ag ПП, Ag ПУ, Ag ПЭР. Расчет уверенности в появлении и развитии заболевания  $\omega_l$ , УЕК $_l$ , УПС $_l$ , УИФ $_l$ , по подгруппам признаков ПЭК, ПСЯ, ИФР $_l$  реализуют агрегаторы Ag ПЭК $_l$ , Ag ПСЯ $_l$ , AgУФР $_l$ . Аналогично реализуются частные агрегаторы для патологии  $\omega_r$  и т.д.

Финальные решающие правила прогнозирования заболеваний  $\omega_l$ ,  $\omega_r$ , ..., синтезируются агрегаторами AGR $_l$ , AGR $_r$ , ....

С учетом опыта накопленного кафедрой БМИ ЮЗГУ для решения задач ранней диагностики используется величина уверенности в прогнозировании заболеваний (УР $_l$ , УР $_r$ , ...), а так же подпространства признаков ПБ $_l$ , ПБ $_r$ , ..., ПТМ $_l$ , ПТМ $_r$ , ..., с частными агрегаторами AgПБ $_l$ , AgПБ $_r$ , ..., AgПТМ $_l$ , AgПТМ $_r$ , ..., и финальными агрегаторами AGR $_l$ , AGR $_r$ , ..., рассчитывающими уверенность в раннем диагнозе по классам  $\omega_l$ ,  $\omega_r$ , ...

Информационно-логическая модель, приведенная на Рисунке 1. используется для оптимизации базы знаний универсальной оболочки СППР кафедры БМИ ЮЗГУ при ее настройке под конкретную задачу.

## РЕЗУЛЬТАТЫ.

В ходе проводимых исследований по агропромышленным предприятиям Курской области изучалось влияние на прогноз появления и развития заболеваний нервной системы сельскохозяйственных ядохимикатов в таком их сочетании: диамофоска (азот, фосфор, калий), аммиачная селитра, (нитрат аммония), сульфат аммония, мочевины (карбамид). Анализ литературы показал, что наиболее вредное влияние на нервную систему оказывают нитраты, содержащиеся в анализируемых удобрениях в силу того, что, попадая в кровь они снижают в ней содержание кислорода. Кроме того соли азотной кислоты соединяясь с другими элементами создают вещества многократно превышающие по своим ядовитым свойствам нитраты. Известно также, что большую роль в появлении и развитии заболеваний, связанных с воздействием на организм человека, играет длительность контакта рабочих с ядохимикатами.

С учетом изученных и исследованных механизмов воздействия ядохимикатов на организм человека для синтеза функции принадлежности к классу высокий риск появления и развития заболевания  $\omega_l$  от контакта

работника АПК с сельскохозяйственным ядохимикатом  $SJ_i$  используется базовая переменная  $Z_{li}$  определяемая по формуле:

$$Z_{li} = f_{li} \left( \frac{C_i}{C_{\text{ПДК}}} \right) \cdot f_{li}^*(t_i),$$

где  $t_i$  – время воздействия сельскохозяйственного ядохимиката  $SJ_i$  на работника АПК;

$C_i$  – средняя концентрация сельскохозяйственного ядохимиката  $SJ_i$ ;

$C_{\text{ПДК}}$  – ПДК сельскохозяйственного ядохимиката  $SJ_i$ ;  $f_{li}$  – функция уровня влияния сельскохозяйственного ядохимиката  $SJ_i$  на появление и развитие патологии  $\omega_l$ ;  $f_{li}^*(t)$  – функция временного влияния на появление и развитие патологии  $\omega_l$ .

Уровень ПЭН, утомления и эргономики технических средств определяется по методикам, описанным в работах [1, 4, 5, 8, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 24]. В этих же работах описаны механизмы синтеза соответствующих функций принадлежности относительного заболевания  $\omega_l$ .

Индивидуальные факторы риска для заболеваний нервной системы в соответствии с рекомендациями [13] включают: прием специализированных лекарственных средств; употребление алкоголя, табакокурение, заболевания нервной системы у близких родственников.

Порядок выбора списка биологически активных точек и синтеза соответствующих решающих правил по заболеванию  $\omega_l$  достаточно подробно описан в работах [2, 11, 15]. Для заболеваний нервной системы в работе [13] рекомендуются БАТ: P9, C5, V43, V60, R9, MC7.

Оценка условия эргономичности применяемых в АПК транспортных средств участвующих при работе с ядохимикатами проводилась в соответствии с рекомендациями [23, 24].

Экологические факторы риска определялись для самого «грязного» экологического региона – Железнодорожного района с повышенным уровнем постоянного магнитного поля и вредными выбросами Михайловского ГОК [13].

По выбранной системе признаков в соответствии с рекомендациями [6, 12, 13, 23] были синтезированы решающие правила для прогнозирования и ранней диагностики заболеваний нервной системы.

В ходе математического моделирования и экспертного оценивания было показано, что уверенность в принимаемых решениях в прогнозе появления заболеваний нервной системы превышает 0,85, а в ранней диагностике – 0,9.

### **ОБСУЖДЕНИЕ.**

В результате проведенных исследований было установлено, что задачи прогнозирования и ранней диагностики заболеваний, включая профессиональные заболевания работников агропромышленного комплекса, длительно контактирующих с ядохимикатами, относят к классу плохоформализуемых задач, которые следует решать, используя технологию мягких вычислений. Опыт решения задач со схожей структурой данных, накопленный в Юго-Западном государственном университете, показал, что удобно для достижения поставленной в работе цели использовать методологию синтеза гибридных нечетких решающих правил. Используя эту методологию, с учетом специфики воздействия на биообъекты ядохимикатов, которые действуют в сочетании с другими эндогенными и экзогенными факторами риска описан конкретный метод синтеза гибридных прогностических и диагностических решающих правил. Для реализации этого метода с синтезом коллектива нечетких решающих правил предложена информационно-аналитическая модель принятия решений для базы знаний соответствующей системы поддержки принятия решений.

В качестве конкретного примера описан вариант применения предложенного метода и информационно-аналитической модели при синтезе моделей прогнозирования и диагностики заболеваний нервной системы от воздействия на организм человека ядохимикатов, содержащих нитраты.

Практическое применение предложенных в работе метода и моделей позволит повысить качество оказания медицинских услуг работникам агропромышленного комплекса обеспечив повышение работоспособного возраста и снижение инвалидизации.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

Предложенные в работе метод и модели позволили синтезировать решающие правила прогнозирования и ранней диагностики заболеваний нервной системы, когда ведущим фактором риска является наличие сельскохозяйственных ядохимикатов, содержащих нитраты. Кроме того, в полученных решающих правилах учитывалась экологическая обстановка, качество технических систем, индивидуальные факторы риска и т.д.

Это обеспечило уверенность в принимаемых решениях не ниже 0,85, что позволяет рекомендовать полученные результаты в практику медицинских учреждений обслуживающих работников АПК.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцов, А.В. Применение теории измерения латентных переменных для формирования пространства информативных признаков в задачах оценки функционального состояния человека [Текст] / А.В. Бойцов, Л.П. Лазурина, С.Н. Корневская, А.Н. Шуткин // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2014. - №6(57). – С. 52-58.
2. Гадалов, В.Н. Математические модели рефлекторных систем организма человека и их использование для прогнозирования и диагностики заболеваний [Текст] / В.Н. Гадалов, Н.А. Корневский, В.И. Снопков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2012. – Т11.- № 2. - С. 515-521.
3. Емельянов, С.Г. Прогнозирование степени тяжести развития ишемического процесса в сердце, головном мозге и нижних конечностях на основе нечетких моделей / С.Г. Емельянов, Н.А. Корневский, А.В. Быков// Биомедицинская радиоэлектроника. - 2016.- №9. - С.4-9.
4. Конева, Л.В. Оценка уровня психоэмоционального напряжения и утомления по показателям, характеризующим состояние внимания человека [Текст] / Л.В. Конева, С.Н. Корневская, С.В. Дегтярев // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2012. – Т11.- № 4. - С. 993-1000.
5. Корневская, С.Н. Аппаратно-программный комплекс для психофизиологических исследований на базе платформы ANDROID с AFE-интерфейсом / С.Н. Корневская, Е.С. Шкатова, М.А. Магеровский, А.Н. Шуткин // Медицинская техника. 2016. - №5. – С. 24-27.
6. Корневский, Н.А. Проектирование систем принятия решений на нечетких сетевых моделях в задачах медицинской диагностики и прогнозирования/ Н.А. Корневский //Телекоммуникации. - 2006. - №6. - С.25-31.
7. Корневский, Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем. [Текст] / Н.А. Корневский // Медицинская техника, 2015, №1 (289) С. 33-35.
8. Корневский, Н.А. Принципы и методы построения интерактивных систем диагностики и управления состоянием здоровья человека на основе полифункциональных моделей: автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт Петербург, 1993. – 32 с.

9. Кореневский, Н.А. Комплексная оценка уровня психоэмоционального напряжения / Н.А. Кореневский, О.И. Филатова, М.И. Лукашов, Р.А. Крупчатников // Биомедицинская радиоэлектроника. - 2009.-№5. - С.4-9.
10. Кореневский, Н.А. Метод синтеза нечетких решающих правил на основе моделей системных взаимосвязей для решения задач прогнозирования и диагностики заболеваний [Текст] / Н.А. Кореневский, М.В. Артеменко, В.Н. Провоторов, Л.А. Новикова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2014. – Т13.- № 4. - С. 881-886.
11. Кореневский, Н.А. Энергоинформационные модели рефлексодиагностики/ [Текст] Н.А. Кореневский, Л.П. Лазурина // ОМЦП. – Курск, 2000. – 177 с.
12. Кореневский, Н.А. Синтез коллективов гибридных нечетких моделей оценки состояния сложных систем [Текст] / Н.А. Кореневский, К.В. Разумова // Научно-технические технологии. - 2014. Т.15. - №12. – С. 31-40.
13. Кореневский, Н.А. Прогнозирование и диагностика заболеваний, вызываемых вредными производственными и экологическими факторами на основе гетерогенных моделей/ [Текст] Н.А. Кореневский, Н.А. Серебровский, В.И. Коптева, Н.А. Говорухина // Т.Н. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак, 2012. - 231 с.
14. Кореневский, Н.А. Комплекс для исследования особенностей внимания и памяти/ Н.А. Кореневский, Д.Е. Скопин, Р.Т. Аль-Касасбех, А.А. Кузьмин // Медицинская техника, 2010, №1. - С. 36-40.
15. Кореневский, Н.А. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий: монография [Текст] / Н.А. Кореневский, А.Н. Шуткин, С.А. Горбатенко, В.И. Серебровский. - Старый Оскол: ТНТ, 2016.-472с.
16. Серегин, С.П. Математические модели прогнозирования и профилактики рецидивов инфарктов миокарда в реабилитационном периоде: монография / [Текст] С.П. Серегин, О.Н. Воробьева, С.Н. Кореневская [и др.] // Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2015. – 166 с.
17. Харьков, С.В. Оценка защитных механизмов организма и их роль в задачах прогнозирования и медицинской диагностики [Текст] С.В. Харьков, С.Д. Долженков, С.Н. Кореневская, А.Г. Коцарь // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2012. – Т11. - №1. – С. 44-49.
18. Шуткин, А.Н. Проектирование баз знаний медицинских экспертных систем с использованием коллективов нечетких правил. [Текст] А.Н. Шуткин, С.Н. Кореневская, В.В. Федянин // Информационные проекты

- в медицине и педагогике. Материалы международной научно-практической конференции, 2014.– С. 61-64.
19. Al-Kasasbeh, R.T., Ionescou, F., Korenevskiy, N.A. and Alshamasin, M. 'Prediction and prenosological diagnostics of heart diseases based on energy characteristics of acupuncture points and fuzzy logic', Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering. 2012.Vol. 15, No. 7, pp.681–689.
20. Al-Kasasbeh R.T. Prediction of gastric ulcers based on the change in electrical resistance of acupuncture pointes using fuzzy logic decision-making. / Al-Kasasbeh R.T., Alshamasin M., Korenevsky N.A., Ionescou F., Smith A. //Computer methods in biomechanics and biomedical engineering. 2013. T. 16. № 3. С. 302-313
21. Al-Kasasbeh, R.T. Method of Ergonomics Assessment of Technical Systems and Its Influence on Operators Heath on Basis of Hybrid Fuzzy Models / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. Korenevskiy, M. S. Alshamasin, I. Maksim // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018.-590. С. 581-592.
22. Korenevskiy, N.A. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional [Text] / N.A. Korenevskiy, R.T. Al-Kasasbeh, F. Ionescou, M. Alshamasin, E. Alkasasbeh, A.P. Smith // IFMBE Proceedings. – 2013. – V.40. – IFMBE. – P.213-216.
23. Korenevskiy, N. A. Application of Fuzzy Logic for Decision- Making in Medical Expert Systems [text]/ N. A. Korenevskiy // Biomedical Engineering, May 2015, Volume 49, Issue 1, pp 46-49.
24. Al-Kasasbeh, R.T. Fuzzy Model Evaluation of Vehicles Ergonomics and Its Influence on Occupational Diseases / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. Korenevskiy, M. S. Alshamasin, S.N. Korenevskya, E. T. Al-Kasasbeh, I. Maksim // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018.- 143-154.

N.A. Korenevsky<sup>1</sup>, R.V. Stepanov<sup>2</sup>, R.A. Krupchatnikov<sup>2</sup>,  
V.V. Aksenov<sup>1</sup>, N.L. Korzhuk<sup>3</sup>

**FUZZY MATHEMATICAL MODELS FOR PREDICTION AND  
EARLY DIAGNOSIS OF OCCUPATIONAL DISEASES OF  
AGRICULTURAL WORKERS IN CONTACT WITH PESTICIDES**

*1 "South-West state University»*

*2 "Kursk state agricultural Academy»*

*3 "Tula state University»*

*The work is devoted to solving the urgent problem of improving the quality of medical care for workers of agriculture in contact with agricultural chemicals. In the course of the research it was shown that the problem of forecasting and early diagnosis of occupational*

*diseases of agricultural workers employed in crop production belongs to the class of poorly formalized problems with fuzzy data structure, which served as the basis for the choice as the basic apparatus of research methodology of synthesis of hybrid fuzzy decision rules. During the synthesis of fuzzy decision rules, it was found that in order to achieve high quality of decision-making, in addition to risk factors associated with pesticides, the level of psycho-emotional stress, fatigue and ergonomically defective agricultural machinery, environmental risk factors, individual characteristics of the body, etc. should be used as informative features. As a concrete example, the variant of application of the proposed method and information-analytical model in the synthesis of models of forecasting and diagnosis of diseases of the nervous system from the effects on the human body of nitrates-containing pesticides is described. In the course of mathematical modeling and expert evaluation it was shown that the confidence in the decisions exceeds the value of 0.85. The practical application of the proposed method and models will improve the quality of medical services to employees of agriculture providing an increase in working age and reduce disability.*

**Keywords:** agro-industrial complex, occupational diseases, forecasting, early diagnosis, fuzzy hybrid models

### REFERENCES

1. Boytsov, A.V. Primenenie teorii izmereniya latentnykh peremennykh dlya formirovaniya prostranstva informativnykh priznakov v zadachakh otsenki funktsional'nogo sostoyaniya cheloveka [Tekst] / A.V. Boytsov, L.P. Lazurina, S.N. Korenevskaya, A.N. Shutkin // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie. – 2014. - No.6(57). – pp. 52-58.
2. Gadalov, V.N. Matematicheskie modeli reflektornykh sistem organizma cheloveka i ikh ispol'zovanie dlya prognozirovaniya i diagnostiki zabolevaniy [Tekst] / V.N. Gadalov, N.A. Korenevskiy, V.I. Snopkov // Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh, 2012. – Vol. 11.- No. 2. - pp.515-521.
3. Emel'yanov, S.G. Prognozirovaniye stepeni tyazhesti razvitiya ishemicheskogo protsessa v serdtse, golovnom mozge i nizhnikh konechnostyakh na osnove nechetkikh modeley / S.G. Emel'yanov, N.A. Korenevskiy, A.V. Bykov// Biomeditsinskaya radioelektronika. - 2016.- No.9. - pp.4-9.
4. Koneva, L.V. Otsenka urovnya psikhooemotsional'nogo napryazheniya i utomleniya po pokazatelyam, kharakterizuyushchim sostoyaniye vnimaniya cheloveka [Tekst] / L.V. Koneva, S.N. Korenevskaya, S.V. Degtyarev // Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh, 2012. – Vol. 11.- No. 4. - S. 993-1000.
5. Korenevskaya, S.N. Apparatno-programmnyy kompleks dlya psikhofiziologicheskikh issledovaniy na baze platformy ANDROID s AFE-interfeysom / S.N. Korenevskaya, E.S. Shkatova, M.A. Magerovskiy, A.N. Shutkin // Meditsinskaya tekhnika. 2016. - No.5. – pp.24-27.

6. Korenevskiy, N.A. Proektirovanie sistem prinyatiya resheniy na nechetkikh setevykh modelyakh v zadachakh meditsinskoj diagnostiki i prognozirovaniya/ N.A. Korenevskiy //Telekommunikatsii. - 2006. - No.6. - pp.25-31.
7. Korenevskiy, N.A. Ispol'zovanie nechetkoy logiki prinyatiya resheniy dlya meditsinskikh ekspertnykh sistem. [Tekst] / N.A. Korenevskiy // Meditsinskaya tekhnika, 2015, No.1 (289) pp.33-35.
8. Korenevskiy, N.A. Printsipy i metody postroeniya interaktivnykh sistem diagnostiki i upravleniya sostoyaniem zdorov'ya cheloveka na osnove polifunktsional'nykh modeley: avtoreferat na soiskanie uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Sankt Peterburg, 1993. – 32 p.
9. Korenevskiy, N.A. Kompleksnaya otsenka urovnya psikhoemotsional'nogo napryazheniya / N.A. Korenevskiy, O.I. Filatova, M.I. Lukashov, R.A. Krupchatnikov// Biomeditsinskaya radioelektronika. - 2009.-No.5. - pp.4-9.
10. Korenevskiy, N.A. Metod sinteza nechetkikh reshayushchikh pravil na osnove modeley sistemnykh vzaimosvyazey dlya resheniya zadach prognozirovaniya i diagnostiki zabolevaniy [Tekst] / N.A. Korenevskiy, M.V. Artemenko, V.N. Provotorov, L.A. Novikova // Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh, 2014. – Vol. 13.- No. 4. - pp.881-886.
11. Korenevskiy, N.A. Energoinformatsionnye modeli refleksodiagnostiki/ [Tekst] N.A. Korenevskiy, L.P. Lazurina // OMTsP. – Kursk, 2000. – 177 p.
12. Korenevskiy, N.A. Sintez kollektivov gibridnykh nechetkikh modeley otsenki sostoyaniya slozhnykh sistem [Tekst] / N.A. Korenevskiy, K.V. Razumova // Naukoemkie tekhnologii. - 2014. Vol.15. - No.12. – pp.31-40.
13. Korenevskiy, N.A. Prognozirovanie i diagnostika zabolevaniy, vyzyvayemykh vrednymi proizvodstvennymi i ekologicheskimi faktorami na osnove geterogennykh modeley/ [Tekst] N.A. Korenevskiy, N.A. Serebrovskiy, V.I. Kopteva, N.A. Govorukhina // T.N. – Kursk: Izd-vo Kursk. gos. s.-kh. ak, 2012. - 231 p.
14. Korenevskiy, N.A. Kompleks dlya issledovaniya osobennostey vnimaniya i pamyati/ N.A. Korenevskiy, D.E. Skopin, R.T. Al'-Kasasbekh, A.A. Kuz'min // Meditsinskaya tekhnika, 2010, No.1. - pp.36-40.
15. Korenevskiy, N.A. Otsenka i upravlenie sostoyaniem zdorov'ya obuchayushchikhsya na osnove gibridnykh intellektual'nykh tekhnologiy: monografiya [Tekst] / N.A. Korenevskiy, A.N. Shutkin, S.A. Gorbatenko, V.I. Serebrovskiy. - Staryy Oskol: TNT, 2016.-472p.
16. Seregin, S.P. Matematicheskie modeli prognozirovaniya i profilaktiki retsidivov infarktov miokarda v rehabilitatsionnom periode: monografiya /

- [Tekst] S.P. Seregin, O.N. Vorob'eva, S.N. Korenevskaya [i dr.] // Yugo-Zap. gos. un-t. – Kursk, 2015. – 166 p.
17. Khar'kov, S.V. Otsenka zashchitnykh mekhanizmov organizma i ikh rol' v zadachakh prognozirovaniya i meditsinskoj diagnostiki [Tekst] S.V. Khar'kov, S.D. Dolzhenkov, S.N. Korenevskaya, A.G. Kotsar' // Sistemy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh, 2012. – T11. - No.1. – pp.44-49.
  18. Shutkin, A.N. Proektirovanie baz znaniy meditsinskikh ekspertnykh sistem s ispol'zovaniem kollektivov nechetkikh pravil. [Tekst] A.N. Shutkin, S.N. Korenevskaya, V.V. Fedyanin // Informatsionnye proekty v meditsine i pedagogike. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 2014.– pp.61-64.
  19. Al-Kasasbeh, R.T., Ionescou, F., Korenevskiy, N.A. and Alshamasin, M. 'Prediction and prenosological diagnostics of heart diseases based on energy characteristics of acupuncture points and fuzzy logic', Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering. 2012.Vol. 15, No. 7, pp.681–689.
  20. Al-Kasasbeh R.T. Prediction of gastric ulcers based on the change in electrical resistance of acupuncture pointes using fuzzy logic decision-making. / Al-Kasasbeh R.T., Alshamasin M., Korenevsky N.A., Ionescou F., Smith A. //Computer methods in biomechanics and biomedical engineering. 2013. Vol. 16. No. 3. pp. 302-313
  21. Al-Kasasbeh, R.T. Method of Ergonomics Assessment of Technical Systems and Its Influence on Operators Heath on Basis of Hybrid Fuzzy Models / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. Korenevskiy, M. S. Alshamasin, I. Maksim // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018.-590. pp. 581-592.
  22. Korenevskiy, N.A. Fuzzy determination of the human's level of psycho-emotional [Text] / N.A. Korenevskiy, R.T.Al-Kasasbeh, F.Ionescou, M.Alshamasin, E.Alkasasbeh, A.P. Smith // IFMBE Proceedings. – 2013. – V.40. – IFMBE. – pp.213-216.
  23. Korenevskiy, N. A. Application of Fuzzy Logic for Decision- Making in Medical Expert Systems [text]/ N. A. Korenevskiy // Biomedical Engineering, May 2015, Volume 49, Issue 1, pp 46-49.
  24. Al-Kasasbeh, R.T. Fuzzy Model Evaluation of Vehicles Ergonomics and Its Influence on Occupational Diseases / R. T. Al-Kasasbeh, N.A. Korenevskiy, M. S. Alshamasin, S.N. Korenevskaya, E. T. Al-Kasasbeh, I. Maksim // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018.- pp.143-154.