

Экспертная система оценки состояния когнитивных функций с нечеткой гибридной базой знаний

Аннотация

Рассматриваются вопросы синтеза нечетких гибридных моделей для базы знаний экспертных систем, ориентированных на решение задач оценки нарушений когнитивных функций под воздействием комплекса экзогенных и эндогенных факторов риска.

На примере когнитивной функции внимания получены решающие правила прогнозирования и ранней диагностики нарушений свойства концентрированности этой функции, которая подвержена значительным нагрузкам у операторов ЭВМ, радиолокационных станций, машинистов поездов и т. д.

Введение

Несмотря на значительные успехи современной медицины, психологии, психиатрии и других смежных отраслей науки, риск появления и развития целого ряда социально значимых заболеваний остается достаточно высоким. Особое место среди этих заболеваний занимают нарушения когнитивных функций, отвечающих за коммуникативный контакт человека с людьми и окружающей средой [1]-[5]. В психологии термин «когнитивные функции» используется для описания умственных процессов, благодаря которым человек получает возможность воспринимать, перерабатывать, анализировать и запоминать различную информацию.

В психологической науке к когнитивным функциям относят внимание, память, мышление, осознанную речь и др.

Известно, что в ходе выполнения многих видов человеческой деятельности происходят нарушения различных когнитивных функций, заключающиеся в отклонении их функциональных возможностей от общепринятой нормы. Причем различные виды деятельности приводят к специфическим когнитивным нарушениям, например у операторов, наблюдающих за скоростной сменой обстановки, страдают функции внимания, а у операторов, подвергающихся воздействию интенсивных электромагнитных полей, наблюдаются расстройства показателей внимания, памяти и мышления и т. д.

К существенным факторам риска появления и развития нарушений когнитивных функций относят стрессы, высокие уровни психоэмоционального напряжения и утомления, наличие ионизирующих и электромагнитных излучений, наследственность, прием некоторых видов лекарственных средств и ряд других эндогенных и экзогенных факторов риска.

В современной когнитивной психологии различают легкие и умеренные нарушения, иногда переходящие в клинические стадии [1]. Легкие нарушения когнитивных (ЛКН) функций для большинства людей не являются критичными, кроме ряда профессий, предъявляющих особые требования к вниманию, памяти, мышлению и др. При определенных обстоятельствах легкие когнитивные нарушения переходят в стадию умеренных когнитивных нарушений (УКН), к которой относятся нарушения интеллектуально-мнестических функций различной модальности, не достигающие степени деменции. Исследователи, занимающиеся проблемой оценки и реабилитации когнитивных функций, отмечают, что актуальными задачами современной психологии, психофизиологии, неврологии, инженерной психологии, психиатрии и других смежных наук являются прогнозирование, своевременное выявление и точная классификация состояний когнитивных функций, что позволит обеспечить адекватную коррекцию, профилактику и лечение возникающих нарушений.

Современные психология, психиатрия и неврология используют достаточно большое разнообразие методов и средств для решения задач оценки различных когнитивных функций и их свойств, которые технически выполнены как самостоятельные приборы и программы или в составе достаточно мощных ком-

пьютерных комплексов для когнитивной реабилитации («Среha Com», «Cogni Plus», комплекс для исследования особенностей внимания и памяти (КИВП) и др.) [6], [7]. Значительное число известных программно-технических систем и комплексов для оценки состояния когнитивных функций используют реакцию испытуемого на символные, цифровые, звуковые и смешанные тестовые задания с функцией оценки реакции и количества ошибок, по которым судят о норме и отклонениях от нормы исследуемой психологической функции или ее составляющих. Анализ известных методов и средств оценки состояния когнитивных функций показал, что, решая свои специфические задачи, они не ориентированы на решение задач прогнозирования и ранней диагностики нарушений когнитивных функций с требуемой для практических приложений точностью.

В предлагаемой работе решается задача повышения качества принятия решений при прогнозировании и ранней диагностике нарушений когнитивных функций с использованием авторских методик и прибора исследования когнитивных функций внимания и памяти, современных экспертных систем, использующих базы знаний, построенные с использованием гибридных нечетких технологий.

Методы исследования

Анализ нарушений когнитивных функций во многих профессиях, включая операторов человеко-машинных систем, показал, что значительному риску подвергаются функции внимания и памяти, количественные характеристики которых в рассматриваемой работе исследуются при помощи оригинального прибора, разработанного в Юго-Западном государственном университете для исследований на основе планшетного компьютера важных для практики свойств внимания и памяти. Методическое и программное обеспечение этого прибора позволяет определять количественные характеристики таких свойств внимания, как концентрированность (КВ), объем (ОВ), селективность (СВ), переключаемость (ПВ), распределяемость (РВ), устойчивость (УВ), и таких свойств памяти, как объем (ОП), точность (ТП) и оперативность (ОПП) [8]-[11].

Подробное описание методик и приборного обеспечения оценки свойств внимания и памяти приведено в работах [8]-[11]. В работе [11] описаны методы и приборное обеспечение для исследования других психических функций: мышления, психомоторики, сложно координируемых действий и др.

В работах кафедры биомедицинской инженерии ЮЗГУ была показана связь восточной традиционной медицины с современными медицинскими представлениями и разработана общая методология синтеза гибридных нечетких решающих правил прогнозирования и диагностики заболеваний по энергетическому разбалансу биологически активных точек (БАТ) [12], [13].

В рассматриваемой работе предлагается эту методологию использовать для решения задач оценки когнитивных функций на примере функции внимания.

Анализ структуры данных, используемых в психодиагностике для оценки состояния когнитивных функций, включая

прогноз и раннюю диагностику, показал, что решаемые в работе задачи относятся к классу плохо формализуемых задач с нечетко определяющимися границами различных состояний исследуемых показателей [3]-[5].

Опыт решения задач с аналогичной структурой данных, полученный на кафедре биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета, показал, что для решения выбранного класса задач целесообразно использовать методологию синтеза гибридных нечетких решающих правил (МСГНРП), достаточно подробно описанную в работах [3], [10], [14], [15].

Одним из базовых элементов гибридных нечетких решающих правил является функция принадлежности $\mu_l(Y_S)$ к исследуемым классам состояний.

В соответствии с общими рекомендациями МСГНРП в задачах прогнозирования выбираются два класса:

- ω_0 , когда обследуемый в течение заданного времени T_0 не будет иметь когнитивных нарушений по исследуемой функции или ее свойству с идентификатором S , которые определяются по шкале Y_S ;
- ω_l , когда через заданное время T_0 у обследуемого будет зафиксировано нарушение когнитивных функций (свойств), определяемых идентификатором S (S – переключаемость внимания, селективность внимания, объем памяти, подвижность мышления и др.). Для задач ранней диагностики эксперты-психологи определили четыре класса состояний ω_l ; $l = n$ (норма), $l = л$ (легкое когнитивное нарушение), $l = у$ (умеренное когнитивное нарушение), $l = к$ (начальная клиническая стадия).

Для исследуемых в работе приложений МСГНРП модифицируется в следующую последовательность действий.

1. Под руководством инженера-когнитолога, имеющего опыт работы по синтезу гибридных нечетких решающих правил, формируется группа экспертов, обладающих компетенциями по выбранному классу когнитивных функций и их свойствам. Организуется их подготовка в области синтеза гибридных нечетких решающих правил и рефлексодиагностики. Количественный состав экспертной группы определяется требованиями, принятыми в квалиметрии, а их качественный состав корректируется с учетом коэффициента конкордации, рассчитываемого на тестовых заданиях.

2. С учетом медико-технических и технологических ограничений отбираются методы и средства клинической оценки анализируемых когнитивных функций и их свойств. Определяется информативность показателей, определяющих исследуемые когнитивные функции и их свойства, и осуществляется выбор списка информативных признаков (показателей) Y_S . С учетом рекомендаций МСГНРП для выбранных классов состояний эксперты методом Делфи строят соответствующие функции принадлежности $\mu_l(Y_S)$.

3. Определяются механизмы уточнения принадлежности обследуемого к исследуемым классам состояний, дополнительно к $\mu_l(Y_S)$ описывающих текущие состояния исследуемых когнитивных функций и их свойств: поправочные нормированные функции времени $f_{es}(t)$, учитывающие время отклонения Y_S от их номинальных значений за период наблюдения; усредненные значения Y_{S_l} за период наблюдения; поправочные коэффициенты K_{IS} , учитывающие различные условия, способствующие появлению и развитию когнитивных расстройств.

4. С учетом рекомендаций МСГНРП [10], [14], [15] полученные составляющие агрегируются в частные решающие правила оценки уверенности в принадлежности обследуемого к классам ω_l :

$$UTP_{IS} = F_p[\mu_l(Y_S), \mu_l(Y_{SC}), f_{IS}(t), K_{IS}, T_{II}]; \quad (1)$$

$$UTR_{IS} = F_R[\mu_l(Y_S), \mu_l(Y_{SC}), f_{IS}(t), K_{IS}]; \quad (2)$$

где UTP_{IS} – уверенность в том, что у обследуемого разовьется расстройство когнитивной функции или ее свойств с иденти-

фикатором S ; UTR_{IS} – уверенность в наличии ранней стадии l расстройства когнитивной функции или ее свойств с идентификатором S ; F_p и F_R – соответствующие функции агрегации; T_{II} – время, на которое осуществляется прогноз.

В выражения (1) и (2) включаются описанные экспертами в п. 2 составляющие.

5. Определяются факторы риска, приводящие к появлению и развитию исследуемых когнитивных нарушений. Синтезируются модели оценки уверенности UFR_p в появлении и развитии факторов риска (P = психоэмоциональное напряжение, утомление, шизофрения, инсульт и т. д.). На шкалах UFR_p строятся функции принадлежности к классу «прогноз появления и развития исследуемых когнитивных расстройств» $\mu_{IS}(UFR_p)$. Агрегация (1) с $\mu_{IS}(UFR_p)$ дает уточненную прогностическую модель

$$UTP_{IS}^* = Ag_p[UTP_{IS}, \mu_{IS}(UFR_p)], \quad (3)$$

где Ag_p – соответствующая функция агрегации.

6. При наличии технических возможностей строятся частные модели прогнозирования (показатель UB_{II}) и ранней диагностики (показатель UB_R) когнитивных нарушений по биологически активным точкам (БАТ), «связанным» с исследуемым когнитивным нарушением.

Агрегация UB_{II} и UB_R с моделями (1)-(3) дает уточненные модели прогнозирования и ранней диагностики

$$UPB_{IS} = Ag_{PB}[UTP_{IS}^*, UB_{II}] \quad (4)$$

или

$$UPB_{IS} = Ag_{PB}[UTP_{IS}^*, UB_{II}]; \quad (5)$$

$$URB_{IS} = Ag_{RB}[UTR_{IS}, UB_R], \quad (6)$$

где UPB_{IS} – уверенность в появлении и развитии когнитивных нарушений по классу ω_0 для когнитивной функции (свойства) S с учетом энергетического разбаланса БАТ; URB_{IS} – уверенность в наличии ранних стадий когнитивных нарушений по классу ω_l для функции (свойству) S ; Ag_{PB} , Ag_{RB} – соответствующие функции агрегации, определяемые в соответствии с рекомендациями [10], [14], [15].

Энергетический разбаланс БАТ может быть использован для определения уровней психоэмоционального напряжения Y_P и утомления Y_U [10], [14], [15], входящих в состав показателя UFR_p . Кроме того, показатели Y_P и Y_U рекомендуются использовать для управления процессами когнитивной реабилитации как индикаторы состояния пациента.

7. При наличии технических возможностей выбирается тип нагрузки на исследуемые когнитивные функции (свойства) и с использованием рекомендаций [3]-[5], [10] синтезируется модель оценки функционального резерва FR_S , для которой определяются функции принадлежности к классам ω_l – $\mu_{IS}(FR_S)$. Функции $\mu_{IS}(FR_S)$, агрегируясь с моделями (4)-(6), дают финальную модель принятия решения по исследуемым классам состояний когнитивных функций вида

$$UFP_{IS} = AGP_{FIS}[UPB_{IS}, \mu_{IS}(FR_S)];$$

$$UFR_{IS} = AGR_{FIS}[URB_{IS}, \mu_{IS}(FR_S)],$$

где UFP_{IS} , UFR_{IS} – прогностические и диагностические уверенности в принимаемых решениях; AGP_{FIS} и AGR_{FIS} – соответствующие функции агрегации.

Предлагаемый метод синтеза моделей оценки когнитивных функций и их свойств позволяет получить наборы нечетких моделей, решающих следующие задачи: оценка риска появления и развития когнитивных нарушений (прогноз); выявление классов риска нарушений когнитивных функций (ранняя диагностика), определение профессиональной пригодности и надежности работы человека; формирование рекомендаций по управляющим воздействиям с целью реализации процессов коррекции и реабилитации исследуемых психологических функций.

Результаты

В качестве конкретного примера решалась задача синтеза правил оценки состояния свойств внимания, наиболее часто страдающих у операторов информационно-насыщенных систем (операторы ЭВМ, радиолокационных станций и др.), с выделением таких классов, как норма (ω_H), прогноз появления нарушений функции внимания (ω_H) и наличие ранних стадий нарушений функции внимания (ω_P).

В качестве примера на рис. 1 представлен график функций принадлежности к перечисленным классам состояния по показателю РВ.

Кроме параметров Y_s , в прогностическую модель включены нормированная временная функция $f_{Пс}(t)$, уровень длительности психоэмоционального напряжения Y_{P_D} , хронического умственного утомления Y_{U_D} , хронического физического утомления Y_{U_F} и уровень функционального резерва FR_S .

Уверенность в прогнозе нарушений функции внимания определяется выражением

$$UTF_{Пс} = F_{Пс}[\mu_{П}(Y_S), f_{Пс}(t), \mu_{П}(Y_{P_D}), \mu_{П}(Y_{U_D}), \mu_{П}(FR_S)], \quad (8)$$

где $F_{Пс}$ – функция агрегации.

Результаты математического моделирования и экспертного оценивания показали, что уверенность в правильном прогнозе с использованием модели (7) превышает величину 0,85, что является хорошим результатом для практического использования.

В задачах диагностики ранних стадий нарушений свойств функции внимания у операторов человеко-машинных систем выбраны классы: легкие когнитивные нарушения (ω_L), умеренные когнитивные нарушения (ω_Y) и начальная клиническая стадия (ω_K).

Уверенность в этих классах нарушений свойств внимания определяется с использованием моделей вида

$$UTF_{ps} = UT_{ps} + UF_p - UT_{ps} UF_p, \quad (9)$$

где

$$UT_{ps} = \mu_p(Y_{sc}) + \mu_p(FR_S) - \mu_{П}(Y_{sc})\mu_p(FR_S);$$

$$UF_p(j+l) = UF_p(j) + Q_{j+1}[l - UF_p(j)],$$

где $\mu_{П}(Y_{sc})$ – функции принадлежности к классу μ_l ($p = Л, Y, K$) по шкале усредненных измерений свойства внимания s ; $UF_p(l) = Q_l = UB_{pB}$ – уверенность в оценке ранних стадий когнитивного расстройства внимания по группе БАТ; $Q_2 = UB_{pp}$ – по фактору «невротические расстройства»; $Q_3 = Y_{P_6}$ – по уровню психоэмоционального напряжения; $Q_4 = Y_{U_6}$ – по уровню утомления; $Q_5 = Y_{P_{PM}}$ – по фактору «нарушения мозгового кровообращения»; $Q_6 = Y_{P_{P_2}}$ – по фактору «эпилепсия»; $\mu_p(FR_S)$ – функция принадлежности к классу ω_p по уровню функционального резерва.

Результаты математического моделирования и экспертного оценивания показали, что уверенность в правильном определении ранних стадий расстройств внимания (модель 9) превышает величину 0,92, что является хорошим результатом для практического использования.

Предложенные метод и модели принятия решений составляют основу построения базы знаний экспертных систем, ори-

ентированных на решение задач оценки нарушений когнитивных функций под воздействием комплекса экзогенных и эндогенных факторов риска.

Структурная схема предлагаемой экспертной системы (ЭС), реализующей функции системы поддержки принятия решений (СППР) для таких специалистов, как когнитивный психолог, психофизиолог, профпатолог и других смежных профессий, представлена на рис. 2.

Отличительной особенностью предлагаемой ЭС является обязательное наличие прибора для контроля свойств функции внимания и памяти (ПКФ-ВП), который должен иметь связь с вычислительными ресурсами, и, в ряде случаев, прибора для анализа энергетической реакции БАТ и рефлексотерапии.

В качестве лиц, принимающих решения (ЛПР), могут выступать когнитивный психолог, психофизиолог, профпатолог, специалист, отвечающий за надежность работы человеко-машинных систем, и т. д.

Управление внешним приборным обеспечением (ВПО) в составе ПКФ-ВМ и МАБАТ и передача информации от них в базу данных (БД) реализуется драйвером связи (ДС) и системой управления базой данных (СУБД).

На этапе подготовки ЭС к эксплуатации организуется обучение системы, заключающееся в синтезе соответствующих решающих правил в соответствии с общей методологией синтеза гибридных нечетких решающих правил. Обучение производится при помощи пакета обучающих программ (ПОП).

После обучения полученные математические модели загружаются в базу знаний (БЗ), работающую под управлением соответствующей системы (СУБЗ).

В процессе работы ЭС, используя ВПО и дополнительные данные, вводимые с клавиатуры и (или) сенсорного экрана, формирует исходные данные, необходимые для работы подсистемы принятия решений и подсистемы формирования рекомендаций по когнитивной реабилитации.

Подсистема принятия решений ЭС включает в себя: модуль прогнозирования; модуль ранней диагностики; модуль профотбора и профориентации для биотехнических систем, где параметры внимания играют важную роль; модуль оценки надежности человеко-машинных систем с учетом того, что снижение исследуемой когнитивной функции может снизить управленческие способности человека-оператора.

Получаемые результаты прогнозирования, ранней диагностики, результаты профориентационных выводов и оценки надежности работы человека используются при формировании рациональных схем когнитивной реабилитации.

Важную вспомогательную роль для подсистемы принятия решений и самостоятельную роль для ряда психофизиологических задач играют модули оценки ПЭН и утомления и оценки функционального резерва (ФР).

Управление взаимодействием между модулями, подсистемами, внешним аппаратным обеспечением и ЛПР обеспечивается алгоритмом управления СППР (АУСППР).

Взаимодействие ЛПР с ЭС осуществляется через интерфейс пользователя.

Разработанная ЭС позволяет гибко управлять тактикой работы с обследуемым в зависимости от состояния анализируемых свойств исследуемой когнитивной функции и психофизиологических особенностей организма, что обеспечивает повышение качества принятия решений лицами, принимаю-

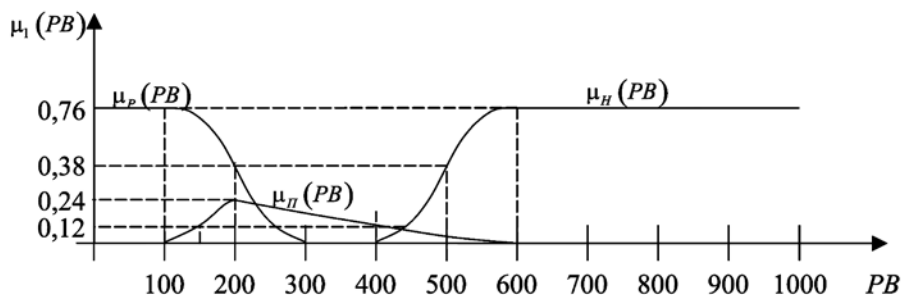


Рис. 1. Графики функций принадлежности к классам ω_H , ω_L и ω_P для базовой переменной РВ

щими решения в заданной предметной области.

Заключение

Проведенные исследования показали, что предлагаемые решения обеспечивают приемлемое качество прогнозирования и ранней диагностики нарушений свойств функции внимания, возникающих и развивающихся под воздействием различных экзогенных и эндогенных факторов, причем прогностическая значимость положительных и отрицательных результатов превышает величину 0,85, а диагностическая эффективность – 0,9, что позволяет рекомендовать их к практическому использованию.

Результаты работы могут быть использованы при построении экспертных систем когнитивными психологами, психiatрами, неврологами, занимающимися вопросами прогнозирования, оценки состояния, коррекции и реабилитации когнитивных функций человека.

Использование нечетких гибридных моделей для решения задач повышения качества прогнозирования, оценки состояния, коррекции и реабилитации когнитивных функций человека позволяет повысить надежность работы человеко-машинных систем, своевременно и качественно оказать необходимую помощь людям, страдающим нарушением когнитивных функций, тем самым снижая риски их исключения из социальных процессов, инвалидности и смерти.

Список литературы:

1. Лобзин В.Ю. Комплексная ранняя диагностика нарушений когнитивных функций // Журнал неврологии и психиатрии. 2015. № 11. С. 72-79.
2. Дмитриева М.А., Крылов А.А., Партульев А.И. Психология труда и инженерная психология. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. 220 с.

3. Корневский Н.А., Поляков А.В., Родионова С.Н., Говорухина Т.Н. Метод синтеза математических моделей прогнозирования и ранней диагностики нарушений когнитивных функций // Системный анализ и управление в биотехнических системах. 2019. Т. 18. № 4. С. 85-92.
4. Поляков А.В., Коржук Н.Л., Родионова С.Н., Николаева Е.А. Прогнозирование появления и развития расстройств когнитивных функций внимания в процессе трудовой деятельности операторов информационно-насыщенных человеко-машинных систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2019. Т. 9. № 2 С. 102-116.
5. Поляков А.В., Родионова С.Н., Коржук Н.Л., Стародубцева Л.В. Диагностика ранних стадий когнитивных нарушений внимания на основе гибридных нечетких решающих правил // Моделирование, оптимизация, информационные технологии. 2019. Т. 7. № 4. С. 3-4.
6. Комплекс когнитивной реабилитации RENACOM [электронный ресурс] / <https://almamed.su/product/kompleks-kognitivnoy-reabilitatsii-rehacom-germaniya/> (дата обращения: 13.04.2021).
7. Общий обзор когнитивных программ Scientific Brain Training PRO [электронный ресурс] / <https://ru.scientificbraintrainingpro.eu/programs> (дата обращения: 13.04.2021).
8. Корневская С.Н., Шкатова Е.С., Магеровский М.А., Шуткин А.Н. Аппаратно-программный комплекс для психофизиологических исследований на базе платформы Android с AFE-интерфейсом // Медицинская техника. 2016. № 5 (299). С. 24-27.
9. Корневский Н.А., Скопин Д.Е., Аль-Касабех Р.Т., Кузьмин А.А. Программно-технический комплекс для исследо-

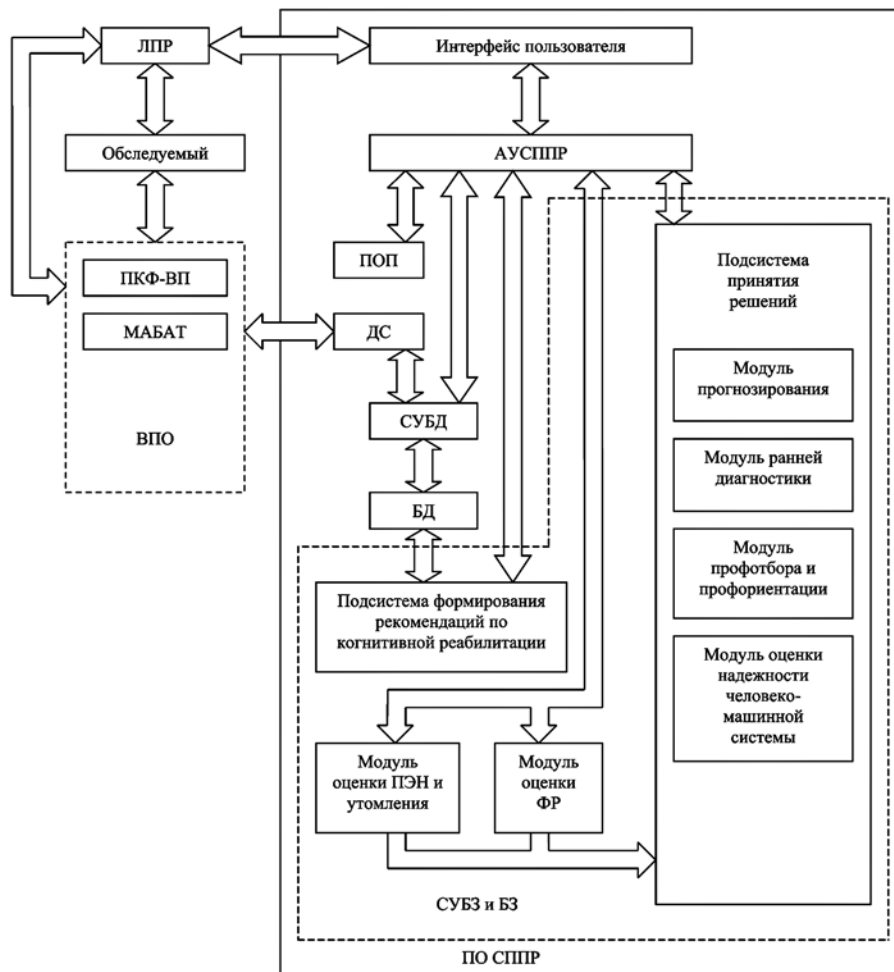


Рис. 2. Структурная схема ЭС

- вания основных параметров внимания и памяти // Медицинская техника. 2010. № 1. С. 32-35.
10. Корневский Н.А., Шуткин А.Н., Горбатенко С.А., Серебровский В.И. Оценка и управление состояния здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий / Монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2016. 472 с.
 11. Плотников В.В., Корневский Н.А., Забродин Ю.М. Автоматизация методик психологического исследования: принципы и рекомендации. – Орел: Институт психологии АНССР; ВНИИОТ Госагропрома ССР, 1989. 327 с.
 12. Корневский Н.А., Крупчатников Р.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений для врачей-рефлексотерапевтов / Монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. 424 с.
 13. Корневский Н.А., Крупчатников Р.А., Аль-Касабех Р.Т. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечетких сетевых моделей / Монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. 528 с.
 14. Корневский Н.А., Родионова С.Н., Хрипина И.И. Методология синтеза гибридных нечетких решающих правил для медицинских интеллектуальных систем поддержки принятия решений / Монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2019. 472 с.
 15. Корневский Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. 2015. № 1 (289). С. 33-35.

Николай Алексеевич Корневский,
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой,
Софья Николаевна Родионова,
аспирант,
кафедра биомедицинской инженерии,
ФГБОУ ВО «Юго-Западный
государственный университет»,
г. Курск,
Николай Львович Коржук,
канд. техн. наук, профессор,
кафедра приборов и биотехнических систем,
ФГБОУ ВО «Тульский
государственный университет»,
г. Тула,
Виталий Вячеславович Аксенов,
зав. лабораториями,
кафедра биомедицинской инженерии,
ФГБОУ ВО «Юго-Западный
государственный университет»,
г. Курск,
e-mail: kstu-bmi@yandex.ru

С.А. Филист, Р.И. Сафронов, Л.В. Шульга, Г.В. Сипливый,
Е.В. Крикунова, Н.А. Милостная

Экспертная система контроля состояния пациентов, контактирующих с промышленными ядохимикатами

Аннотация

Рассмотрена актуальная проблема повышения качества оказания медицинской помощи работникам промышленных предприятий и агропромышленного комплекса, подвергающихся действию вредных химических веществ в сочетании с другими существенными факторами риска, путем использования экспертной системы с проблемно-ориентированной гибридной нечеткой базой знаний.

Введение

Значительная часть современных производств характеризуется наличием вредных производственных ядохимикатов в воздухе рабочей зоны. Например, в гальванических цехах производственные условия отличаются повышенной влажностью, значительной концентрацией вредных паров и газов, дисперсных туманов и брызг электролитов, которые порождают такие профессиональные заболевания, как астма, аллергия, язва внутренних органов, слепота, утрата обоняния. В агропромышленном комплексе многие удобрения содержат ядохимикаты, вредно влияющие на состояние дыхательной, нервной и сердечно-сосудистой систем, а также желудочно-кишечного тракта [1]-[4].

Анализ работ, посвященных профессиональным заболеваниям работников, находящихся в зоне действия промышленных ядохимикатов, показывает, что они в основном ориентированы на анализ статистики заболеваемости. Ряд работ посвящен оценке риска появления профессиональных заболеваний без учета индивидуальных особенностей организма и сопутствующих экзогенных и эндогенных факторов риска. Такой подход значительно снижает потенциально достижимые возможности по оказанию качественной медицинской помощи исследуемой категории пациентов.

Опыт решения аналогичных задач на кафедре биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета показывает, что для повышения качества ведения пациентов, связанных с промышленными ядохимикатами, целесообразно использовать экспертные системы с проблемно-ориентированной гибридной нечеткой базой знаний,

использующей математические модели, получаемые на основе методологии синтеза гибридных нечетких решающих правил (МСГНРП) [5], [6].

Используемые методы и модели

При синтезе моделей выбранного типа, кроме специфических для технологии производственных процессов факторов риска, рекомендуется учитывать эргономические, экологические и индивидуальные факторы риска [2]-[4].

С учетом специфики труда на предприятиях, использующих ядохимикаты, предлагается модификация МСГНРП, состоящая из следующей последовательности действий.

1. Подготовленная к использованию методологии синтеза гибридных нечетких решающих правил экспертная группа, учитывая специфику производственных процессов, исследует в рабочей зоне состав химических веществ, воздействующих на работников, и определяет органы и системы, подверженные риску появления и развития профессиональных заболеваний.

2. При наличии репрезентативных выборок и средств оценки резистентных концентраций и с учетом времени воздействия для каждого вредного химического вещества h_i с использованием нечеткой модификации МГУА, описанной в работах [5], [7], синтезируются математические модели вида

$$z_{li} = f_{li} \left(\frac{c_i}{c_{pi}} \right) \cdot f_{li}^* \left(\frac{t_i}{t_{pi}} \right), \quad (1)$$

где c_{pi} – резистентная концентрация химического вещества (ХВ) h_i , ниже которой обеспечивается безопасность функционирования органа по заболеванию ω_i ; t_{pi} – резистентное время, мень-