

## ТЕОРИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕЧЕТКИХ СЕТЕВЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

**Н.А. Корневский**  
**С.А. Филист**  
**А.Б. Красковский**  
**В.И. Афанасьев**

*Курский  
государственный  
технический университет*  
*email: SFilist@gmail.com*

В данной работе при синтезе соответствующих систем управления предлагается рассматривать взаимодействие следующих основных факторов, влияющих на экологическую безопасность человека и его среды обитания: состояние среды обитания человека; состояние здоровья и функциональное состояние человека; состояние техногенных систем окружающих человека.

Ключевые слова проектирование, сетевые аспекты, техническая подсистема.

---

Известно, что здоровье населения планеты во многом зависит от его гармонического взаимодействия со средой обитания, включая взаимодействие с природой и техногенными структурами.

Адекватный учет различных составляющих, влияющих на состояние природы и общества, позволяет повышать качество управления экологической безопасностью.

В данной работе при синтезе соответствующих систем управления предлагается рассматривать взаимодействие следующих основных факторов, влияющих на экологическую безопасность человека и его среды обитания: состояние среды обитания человека; состояние здоровья и функциональное состояние человека; состояние техногенных систем окружающих человека.

Таким образом, речь идет о комплексном исследовании сложных систем, состоящих из подсистем принципиально различной природы, которые в совокупности можно рассматривать как некоторую экологическую систему, понимая под экологией науку о природной среде на Земле, состоящей из объектов живой и неживой природы, находящихся в тесном взаимодействии [1].

Каждая из рассматриваемых подсистем представляет собой сложный объект исследования, который не может быть достаточно точно описан в рамках традиционных математических подходов (теория дифференциального и интегрального исчисления, теория вероятностей и математической статистики и др.). Основная сложность заключается в том, что целостная система состоит из подсистем различной природы, описываемых различными, плохо формализуемыми математическими моделями, часто с недостаточным количеством разнородной информации, описывающей состояние объекта. При этом задача оптимизации функционирования объекта должна проводиться по многим критериям для нескольких альтернативных и иногда противоречивых ситуаций. Мировой и отечественный опыт показывает, что решение таких задач лучше всего осуществляется с помощью экспертных систем, которые используют модели с нечетким и неполным представлением данных.

Анализ искомой предметной области позволил выделить три основных уровня системы управления медико-экологической безопасностью (рис. 1).

Подсистему оценки и управления состоянием человека, техническую подсистему (ТП) и подсистему анализа и управления состоянием среды обитания и функционирования человека и ТП. Причем, несмотря на достаточно большие отличия в способах организации и функционирования названных подсистем, каждая из них может быть разбита на три составные части (блока): блок принятия диагностических решений, блок фиксации решений и прогнозирования состояния подсистемы (блок моделей), блок оптимизации состояния подсистемы. Так, подсистема анализа и управле-

ния состоянием среды функционирования разбивается на следующие блоки: 1) блок диагностики состояния среды, 2) блок фиксации состояния и прогноза поведения природной среды, окружающей человека и ТП, 3) блок оптимизации состояния среды функционирования. В свою очередь, состояние природной среды функционирования удобно рассматривать с точки зрения двух составляющих: состояния, зависящего от функционирования исследуемой ТП и общего состояния природной среды, определяемого комплексом внешних по отношению к искомой системе факторов. Иногда удобно отдельно выделять подсистемы анализа и управления воздушной средой, водой и почвой. Подсистема оценки и управления состоянием человека разбивается на блоки диагностики состояния, фиксации состояния и прогноза жизнедеятельности и эффективности работоспособности и блок оптимизации состояния.



Рис. 1. Три основных уровня социотехнической системы

Причем состояние человека может рассматриваться с точки зрения общих и профессиональных заболеваний, собственно функционального состояния, а также с учетом профессиональных навыков и качеств. Техническая подсистема разбивается на составные части в зависимости от решаемых задач и целей управления. Таким образом, эффективность взаимодействия человека с ТП определяется с учетом целого комплекса различных факторов.

Для реализации этих блоков предлагается единая интерактивная полифункциональная модель базы знаний для универсальной экспертной системы, выполняемая в виде однородной сетевой среды с оригинальным унифицированным решающим модулем, располагающимся в узлах сетевой модели (рис. 2) [7, 9]. Решающие правила, используемые в решающем модуле (РМ), ориентированы, в основном, на применение нечетких (ненадежных) знаний и фактов, выраженных через коэффициенты уверенности. В предлагаемой модели применение коэффициента уверенности распространяется на анализ надежности измерения признаков, описывающих состояние соответ-



вующей подсистемы или ее частей, и на определение «полезности» проведения тех или иных мероприятий с учетом индивидуальных особенностей рассматриваемого объекта и, кроме того, для РМ разрешено не только использование правил нечетких выводов, но и других, хорошо зарекомендовавших себя решающих процедур (дискриминантный анализ, различные модификации метода эталонов, вероятностные процедуры, методы динамического интерактивного конструирования двумерных отображающих пространств и др.).

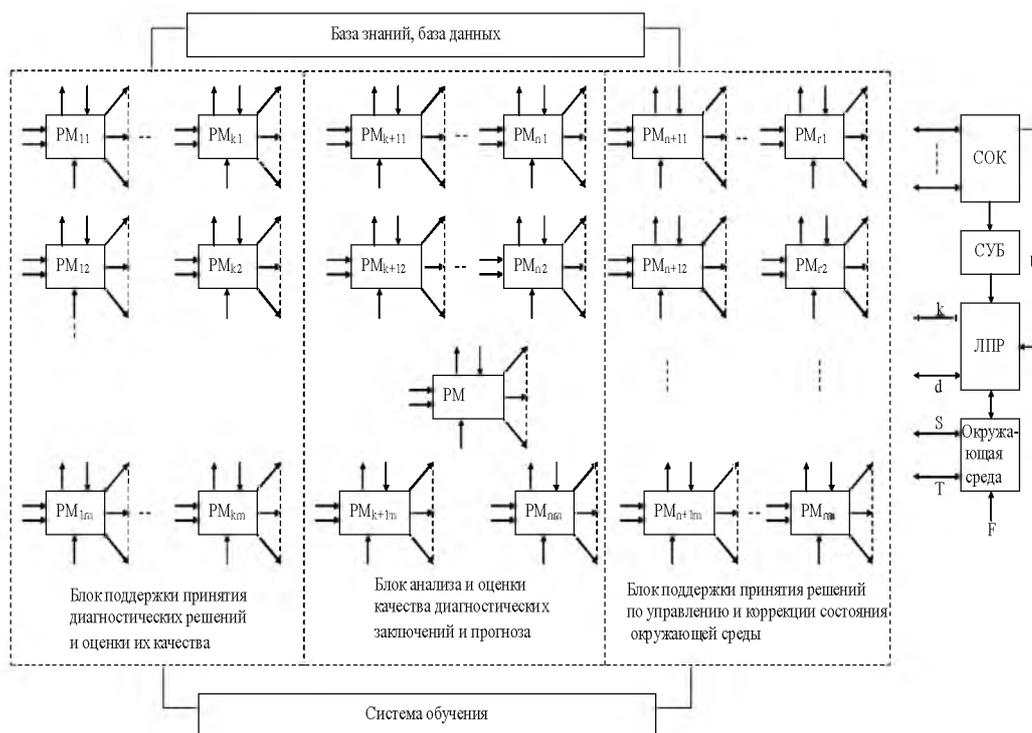


Рис. 2. полифункциональная модель базы знаний для универсальной экспертной системы

«Встраивание» четких решающих правил в нечеткую базу знаний экспертной системы предлагается производить в соответствии с общей методикой синтеза нечетких решающих правил разработанной на кафедре биомедицинской инженерии Курского государственного технического университета [6].

Выбор типа и объема задач, реализуемых одним решающим модулем производится инженером по знаниям совместно с экспертами, в интересах которых создается система.

Принятие решений в сетевой модели осуществляется цепочками решающих модулей с поэтапным уточнением дополнительных факторов до заданной уверенности. Проход по строке соответствует уточнению диагноза (в блоке диагностики состояния среды) и улучшению показателей состояния среды по заданному диагнозу (в блоке оптимизации), а проход по столбцам соответствует смене гипотезы о диагнозе или смене тактики «оздоровления» среды. Переход от одного решающего модуля к другому осуществляется по трассе с максимальным коэффициентом уверенности. При этом система запоминает и анализирует и другие гипотезы с достаточно высокими (выше порога) коэффициентами уверенности, и после проработки наиболее вероятной гипотезы предлагает эксперту проверить и другие высоковероятные гипотезы.

При работе с сетевой моделью в специальной буферной памяти производится запоминание номеров и порядка использования РМ, условий их работы с сохранением требуемых фактов и данных по каждому модулю. Поскольку для каждого модуля может быть задан его вес в принятии того или иного решения, а также известны роль и вес каждого признака, используемого РМ, появляется возможность оценки качества



работы эксперта путем анализа используемых модулей и даже отдельных признаков. Функцию контроля качества за деятельностью эксперта выполняют специальные программные средства системы оценки качества (СОК). Информация с СОК передается системе управления внешнего уровня (СУВ), в качестве которой чаще всего рассматривается администрация системы, организующая соответствующие воздействия на лиц, принимающих решения.

Разделение задач и функций по решающим модулям сети позволяет упростить задачу поиска тех РМ, которые приводят к ошибкам по вине системы. Как только количество ошибок, совершаемых РМ, достигает порогового значения, то, в зависимости от типа решающих правил и характера совершаемых ошибок, к этому модулю подключается система обучения, производящая коррекцию соответствующих решающих правил и (или) связей.

Каждый решающий модуль реализует расчет показателей качества взаимодействия с ним лиц, принимающих решения, и, при необходимости, может быть переведен в режим собственного обучения или в режим реализации программ аттестации, профессионального отбора или обучения соответствующего персонала.

В качестве примера изложенных принципов проектирования рассмотрим автоматизированную систему для поддержки принятия решений при прогнозировании сердечного риска с учетом факторов среды. Исходя из задач, решаемых разрабатываемой системой, в ее состав введены три подсистемы (уровня): 1) подсистема управления базой данных (ПУБД); 2) подсистема тестирования; 3) решающий модуль.

Структурная схема автоматизированной системы показана на рис. 3.

ПУБД этой системы включает три функциональных модуля:

- 1) глобальную базу данных;
- 2) локальную базу данных первого уровня;
- 3) интерфейс.

Процесс наполнения локальной базы данных осуществляется через интерфейс и блок тестирования, который находится на втором уровне системы.

При обучении модуля нечеткого вывода пользователь указывает выборки (имена файлов базы данных), которые хранятся в локальной БД. Решающий модуль включает два блока: модуль нечеткого вывода и ПУБД третьего уровня, которая включает локальную базу данных третьего уровня и блок формирования функций принадлежности (БФФП).

Локальная база данных третьего уровня предназначена для хранения моделей модуля нечеткого вывода (настраиваемых параметров решающего модуля) и функций принадлежности для фуззификаторов модуля нечеткого вывода.

Процесс получения функций принадлежности сводится к определению и преобразованию гистограмм информативных признаков, хранящихся в глобальной базе данных.

Более подробно принципы построения таких систем рассмотрены в работах [8, 9].

Аналогичные структурные решения могут быть использованы в задачах оценки функционального состояния человека. Вопросы построения методик и технических средств для решения задач оценки функционального состояния человека, его готовности к надежному выполнению тех или иных работ, а также некоторые вопросы по решению задач профессионального отбора и рациональной расстановки кадров рассмотрены в работе [10].

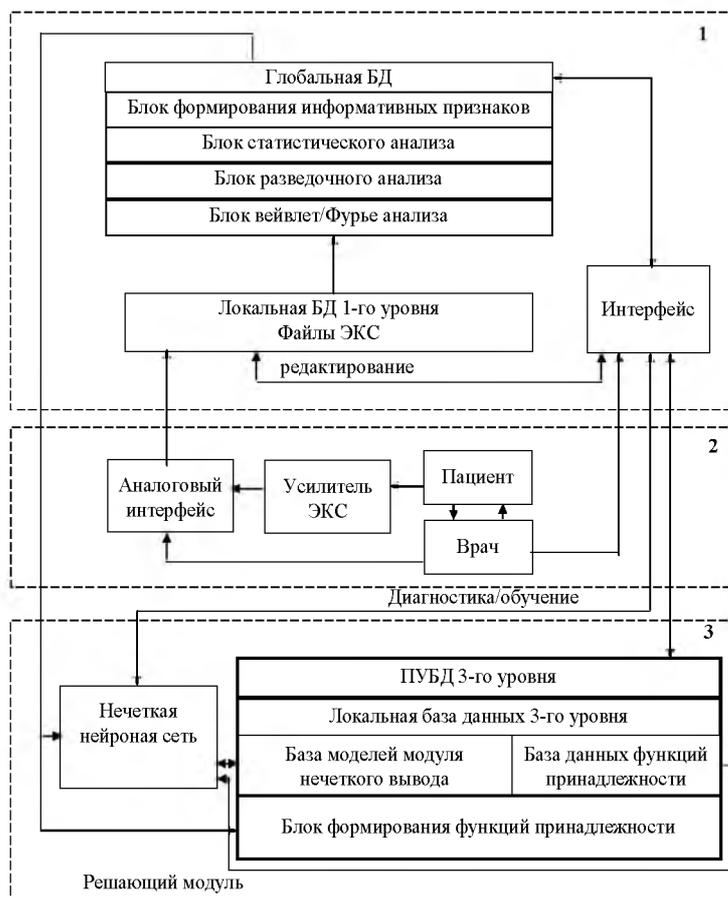


Рис. 3. Структурная схема автоматизированной системы для поддержки принятия решений при диагностике ишемической болезни сердца

В подсистеме оценке и управления средой функционирования в качестве признаков для принятия соответствующих решений, в зависимости от целей поставленной задачи, могут использоваться показатели, рассчитываемые в соответствии с индексно-нормативными методами, отражающими степень загрязнения различных сфер окружающей среды, либо по фактической величине поступления загрязнителя в среду, либо по отношению к установленному для данной территории значению санитарно-технического норматива (ПДК, ПДВ) [6]. Например, эколого-токсикологическая характеристика почвы может быть оценена набором показателей, определяющих содержание микроэлементов и тяжелых металлов – Zn, Mo, Cu, Mn, B, As, Cd, Hg, Pb, Co, Cr, Fe; по загрязнению почвы радионуклидами –  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ; по загрязнению почвы пестицидами и др. [11]. Для расширения возможностей по количеству и качеству принимаемых решений наряду с «загрязняющими» показателями рекомендуется использовать и различные «нормальные» признаки. Например, при описании состояния почвы в интересах сельского хозяйства могут быть определены: гранулометрический состав, степень эродированности, содержание гумуса, pH, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями, содержание щелочно-гидролизующего азота, содержание щелочно-гидролизующего азота, содержание подвижного фосфора и калия, содержание поглощенного натрия [11].

В качестве практических приложений по экологически зависимым заболеваниям нами решены задачи проектирования систем поддержки принятия решений для управления состоянием здоровья людей занятых в экологически опасном Железногорском районе Курской области подверженному комплексному воздействию вредных выбросов горно-металлургического комбината и постоянного магнитного поля (Курской магнитной аномалии) [2, 3, 4, 5].



### Литература

1. Большаков В.Н., Кряжимский Ф.В., Павлов Д.С. Перспективные направления развития экологических исследований в России // Экология. – 1993. – №3. – С.3-16.
2. Иванков Ю.А. Синтез нечетких решающих правил для прогнозирования и ранней диагностики заболеваний вызываемых состоянием окружающей среды с учетом индивидуальных особенностей организма / Н.А. Корневский, Ю.А. Иванков, Е.А. Яковлева, Н.Н. Савченко // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2007. Т.6, №2. – С.395-401.
3. Иванков Ю.А. Метод нечеткого прогнозирования заболеваний с учетом экологических факторов и индивидуального состояния здоровья/ Н.А. Корневский, А.А. Бурмака, Ю.А. Иванков // Медико-экологические информационные технологии: сб. материалов юбилейной X международной научно-технической конференции / Курск. гос. техн. ун-т. – Курск, 2007. – С.57-59.
4. Иванков Ю.А. Влияние магнитного поля на состояние здоровья человека на примере г. Железнодорожска/ М.П. Попов, Ю.А. Иванков // Системные исследования в науке и образовании: сборник научных трудов; КГУ, Курск МУ изд. центр ЮМЭКС, 2006. – С.29-32.
5. Коптева Н.А. Прогнозирование и ранняя диагностика заболеваний сельскохозяйственных рабочих на основе нечеткой логики принятия решений/ Н.А. Корневский, Н.А. Коптева, Р.А. Крупчатников // вестник Воронежского государственного технического университета Том 4, №7, 2008. – С.86-89.
6. Корневский Н.А. проектирование нечетких решающих сетей настраиваемых по структуре данных для задач медицинской диагностики [Текст] / Н.А. Корневский // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2005. – Т.4, №1. – С.12-20.
7. Корневский Н.А., Артеменко М.В. Экспертные системы диагностики и управления сложными социотехническими системами / Материалы международного экологического форума Современные экологические проблемы провинции. – Курск, 1993. – С.128-130.
8. Корневский Н.А., Гадалов В.Н. Принципы построения интерактивных систем поддержки принятия решения для типовых лечебных учреждений // Материалы и упрочняющие технологии-94: Материалы Всесоюзной конференции. – Курск, 1994. – С. 11-16.
9. Корневский Н.А. проектирование систем поддержки принятия решений для медико-экологических приложений: моног. / Н.А. Корневский, В.С. Титов, И.Е. Чернецкая – Курск. гос. техн. ун-т., 2004. – С.180.
10. Плотников В.В., Корневский Н.А., Забродин Ю.М. Автоматизация методик психологического исследования: Принципы и рекомендации. – Орел: Из-во ин-та психологии АН СССР: ВНИИОТ Госагропрома ССР, 1989.
11. Чуян Г.А., Карпинец Т.В. База данных для проведения аэроэкологического мониторинга земель Курской области / Материалы международного экологического форума Современные экологические проблемы провинции. – Курск, 1993.

## THE THEORY OF DESIGNING OF INDISTINCT NETWORK EXPERT SYSTEMS FOR MANAGEMENT OF MEDIKO-ECOLOGICAL SAFETY

**N.A. Korenevsky**

**S.A. Filist**

**A.B. Kraskovsky**

**V.I. Afanasyev**

*Kursk State Technical University*

*e-mail: SFilist@gmail.com*

In the given work at synthesis of corresponding control systems it is offered to consider interaction of the following major factors influencing ecological safety che-loveka and his environment of dwelling: a condition of an inhabitancy of the person; a state of health and a functional condition of the person; consisting-nie technogenic systems of associates of the person.

Key words: designing, network aspects, tehni-cheskaja a subsystem.