

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

**МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – 2020**

Сборник научных статей по материалам
XXIII Международной научно-технической конференции
Часть 1
20-22 мая 2020 года

**MEDICAL-ECOLOGICAL
INFORMATION TECHNOLOGIES – 2020**

The Compilation of Articles of the
XXIII International Scientific and Technical Conference
Part 1
May 20-22th, 2020

Ответственный редактор д-р техн. наук,
профессор Н. А. Корневский

Курск 2020

ции / под общ. ред. В. И. Аршинова и О. Н. Астафьевой. СПб.: Издательский дом «МирЪ», 2012. 50 с.

17. Кастлер Г. Возникновение биологической организации. М.: Мир, 1967. 91 с.

18. Буданов В. Г. Методология синергетики в постнеклассической науке и в образовании / ИФ РАН. М.: УРСС, 2007. 232 с.

19. Artemenko M.V., Budanov V.G., Korenevsky N.A. Classification of sociotechnical landscape on the basis of analogies of cortegecodes of indicatos // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1352, N 1. P. 012002.

20. Эстес К. П. Бегущая с волками: Женский архетип в мифах и сказаниях. София, 2011. 323 с.

УДК 167.7+004.89

Н. А. Корневский, С. Н. Родионова

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск

СЕМАНТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕТЕВОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ПОВЕДЕНИЯ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ

В работе рассматривается семантическая модель базы знаний экспертной системы для анализа и управления социотехническими ландшафтами, характеризующими взаимодействие социальных практик с цифровыми технологиями. Обосновывается сетевая структура базы знаний с унифицированными решающими модулями в узлах сети.

Ключевые слова: социотехнический ландшафт, социальные практики, семантическая модель, база знаний, сетевая структура, цифровые технологии.

Одним из способов исследования взаимовлияния множеств цифровых технологий и социальных практик является методология социотехнических ландшафтов, основные идеи которой представлены в работах [1-4].

В основу построения социотехнических ландшафтов положено декартово произведение двух множеств таксонов, отражающих множество социальных практик (одна координатная ось) и множество цифровых технологий (вторая координатная ось), над которыми строится множество целевых функций (третья координатная ось) с формированием информации на языке предметной области специалистов, использующих определенную модель социотехнического ландшафта.

Анализ литературных источников и собственные исследования показали, что взаимосвязи между показателями (информативными признаками), описывающими взаимодействие социальных практик, цифровых технологий

и целевых функций, носят плохо формализуемый, динамичный, нечеткий характер, что не позволяет эффективно использовать методы традиционной математики, включая математическую статистику. Опыт решения подобных задач показывает, что наиболее эффективным инструментом описания и анализа таких структур данных являются экспертные системы, базы знаний которых взаимодействуют с пользователем через соответствующие семантические модели. Анализ задач, решаемых с использованием моделей социотехнических ландшафтов, позволил в качестве модели базы знаний выбрать сетевую модель, основываясь на следующих соображениях.

В общем виде целевые функции могут формироваться на любых сочетаниях социальных практик и цифровых технологий. Социальные практики взаимно дополняют и взаимодействуют друг с другом, например, здравоохранение определяет успешность решения задач образования и социологии и так далее. Цифровые технологии взаимодействуют и развивают друг друга, например технологии Big Data расширяют возможности нейросетевых технологий. На каждом этапе исследований проверяемые гипотезы и выводы могут быть подтверждены, уточнены, проверены, сменены с переходом по различным ветвям, связывающим социальные практики, цифровые технологии и целевые функции.

В таких условиях, если какой-либо этап принятия решения представить как узел модели предметной области, то из этого узла возможно совершение разветвленных переходов в другие различные узлы с достаточно сложным механизмом реализации этих переходов. Для реализации именно таких механизмов многие авторы считают целесообразным применение сетевых моделей предметной области [5-8].

Принятие решений на различных этапах работы информационно-логической (семантической) модели базы знаний может быть реализовано с помощью различных математических методов и моделей: линейных дискриминантных функций, нелинейных полиномиальных моделей, последовательной процедуры А. Вальда, метода группового учёта аргументов (МГУА), метода теории измерения латентных переменных с моделью Г. Раша, нечеткой логики принятия решений, четких и нечетких продукционных правил, методологии синтеза гибридных нечетких решающих правил и т. д. [4-28].

Для реализации семантической сетевой модели базы знаний в узлах сети предлагается располагать унифицированные модули, каждый из которых реализует одну из стандартных решающих процедур (линейную дискриминантную функцию, различные модификации методов эталонов, кусочно-линейные и нелинейные разделяющие поверхности, байесовские решающие правила, вальдовскую процедуру, алгоритмы типа FOREL и KRAB, продукционные правила с четким или нечетким выводом, набор подпрограмм, реализующих метод динамического интерактивного конструирования двумер-

ных отображающих пространств, МГУА, частные нечеткие модели, получаемые на основе методологии синтеза гибридных нечетких решающих правил (МСГНРП), подпрограммы первичной обработки результатов измерения и выделения из них информативных признаков и (или) симптомокомплексов и ряд других процедур).

На рисунке 1 представлена графическая схема решающего модуля (PM) для предлагаемой сетевой модели. Решающий модуль имеет несколько программируемых входных и выходных интерфейсов со своими спецификациями. Различаются интерфейсы для ввода/вывода фактов, данных, решающих правил, адресов, управляющей и обучающей информации.

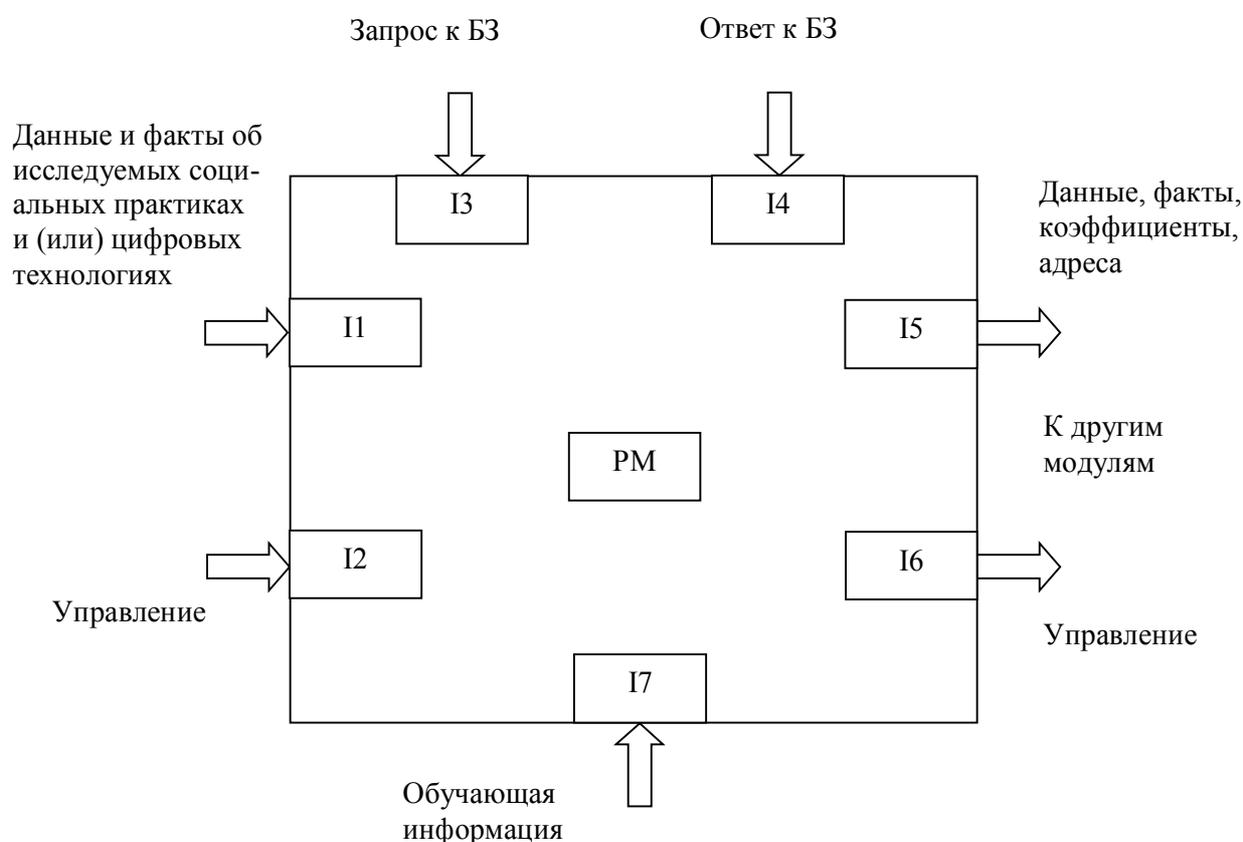


Рис. 1. Решающий модуль сетевой семантической модели

Интерфейс I1 обеспечивает передачу в решающий модуль признаков, описывающих исследуемые социальные практики и (или) цифровые технологии, а также данных и фактов, получаемых в результате работы других PM, связывающихся с данным решающим модулем. Через интерфейс I2 задаются условия использования и режимы работы решающего модуля. С помощью интерфейса I3 организуются запросы к базе знаний по извлечению информации, требуемой для уточнения принимаемых PM решений. В простейшем случае это обращения типа запрос/ответ, в более сложном случае – это запрос на получение информации по тактике работы с исследуемым объектом

(объектом исследования) с учетом организации динамического слежения. Через интерфейс I4 осуществляется начальная загрузка решающего модуля и получение дополнительной, уточняющей информации в ответ на запрос РМ. Интерфейсом I5 обеспечивается передача результатов решений, реализуемых РМ. Интерфейсом I6 формируется управляющая информация для других РМ по адресу, указанному интерфейсом I5. Обучающая информация, корректирующая (реализуемые РМ) решающие правила, передается в модуль через интерфейс I7.

Кроме своей основной функции по реализации заданного решающего правила (правила принятия решений по расчету и интерпретации целевых функций) решающие модули реализуют следующие наборы функций:

1) анализ входной информации, поступающей через интерфейс I1, на ее полноту и соответствие спецификации решающего модуля с возможностью управления условиями его реализации со стороны входной информации. Для этого в зависимости от типа решаемой задачи предусматриваются механизмы включения модуля по: заданному и необходимому набору входных признаков; заданной величине коэффициентов уверенности, поступающих с других РМ, удовлетворению условий, заданных входным набором правил, превышению заданного порога рассчитываемой весовой функции; попаданию вектора входных признаков в заданный входной класс;

2) организация целенаправленного запроса дополнительной информации об исследуемом объекте через базу знаний для уточнения принимаемых РМ решений;

3) расчет показателей достоверности (коэффициентов уверенности) получаемых решений в зависимости от расположения модуля в сетевой модели, его функций, состава входной и дополнительной информации, получаемой через интерфейсы I1 и I4, а также расчет показателей качества от применения данного РМ при решении выбранной экспертом задачи;

4) получение нескольких вариантов альтернативных решений, достигаемых на данном этапе работы; расчет показателей качества (коэффициентов уверенности) с формированием адресов переходов для реализации следующих этапов решения поставленной задачи другими РМ сетевой модели;

5) выбор оптимальной тактики работы с исследуемым объектом на каждом этапе анализа взаимодействия цифровых технологий с исследуемой социальной практикой в зависимости от состава входной информации, поступающей в РМ через интерфейсы I1, I3.

6) организация фиксации фактов и данных, характеризующих взаимодействие и взаимовлияние социальных практик и цифровых технологий;

7) реализация механизма объяснений причин снижения качества принимаемых решений с указанием конкретной информации о том, чем вызвано это снижение:

– недостаточностью количества информативных признаков (с перечнем каких именно);

– малыми значениями коэффициентов уверенности, характеризующих надежность и уверенность в измерении признаков (с перечнем признаков и их реальных коэффициентов уверенности);

– недостаточной эффективностью применяемых решающих правил.

Этот же механизм предусматривает выдачу информации о том, какие нужно произвести действия, с тем чтобы увеличить достоверность принимаемых решений (получить недостающие признаки, более точно измерить параметры признаков, произвести корректировку решающих правил, включив механизм дообучения);

8) реализация режима слежения за списком динамических параметров, когда пользователь для уточнения исследуемых гипотез назначает список параметров динамического слежения, а также определяет интервал измерения параметров и количество измерений. В этом режиме для решающего модуля задается правило уточнения и (или) изменения гипотезы и тактики работы с исследуемым объектом в зависимости от изменения признаков динамического слежения. Модуль прекращает свою работу либо по достижении заданной уверенности в принятии решения, либо исчерпав заданное количество измерений, либо по команде пользователя. Если этапы динамического слежения требуют нескольких сеансов общения эксперта с исследуемым объектом, то создается специальный буфер промежуточных результатов с указанием номера решающего модуля и условий его работы;

9) организация режима обучения (дообучения) с целью повышения качества принимаемых РМ решений. Обучение производится в зависимости от типа используемых решающих правил путем изменения их весовых коэффициентов, изменения логических связей в решающих правилах, пересчета значений коэффициентов уверенности и порогов принятия решений, путем реорганизации условий запросов и тактики принимаемых решений относительно искомого РМ.

На рисунке 2 представлена укрупненная схема сетевой семантической модели базы знаний предлагаемой экспортной системы. В этой схеме блок реализации целевых функций определяет количественные значения выбранных целевых показателей по всем информативным признакам, описывающим социальные практики и цифровые технологии (строки решающих модулей РМ) по выбранным уровням анализа (столбцы решающих модулей).

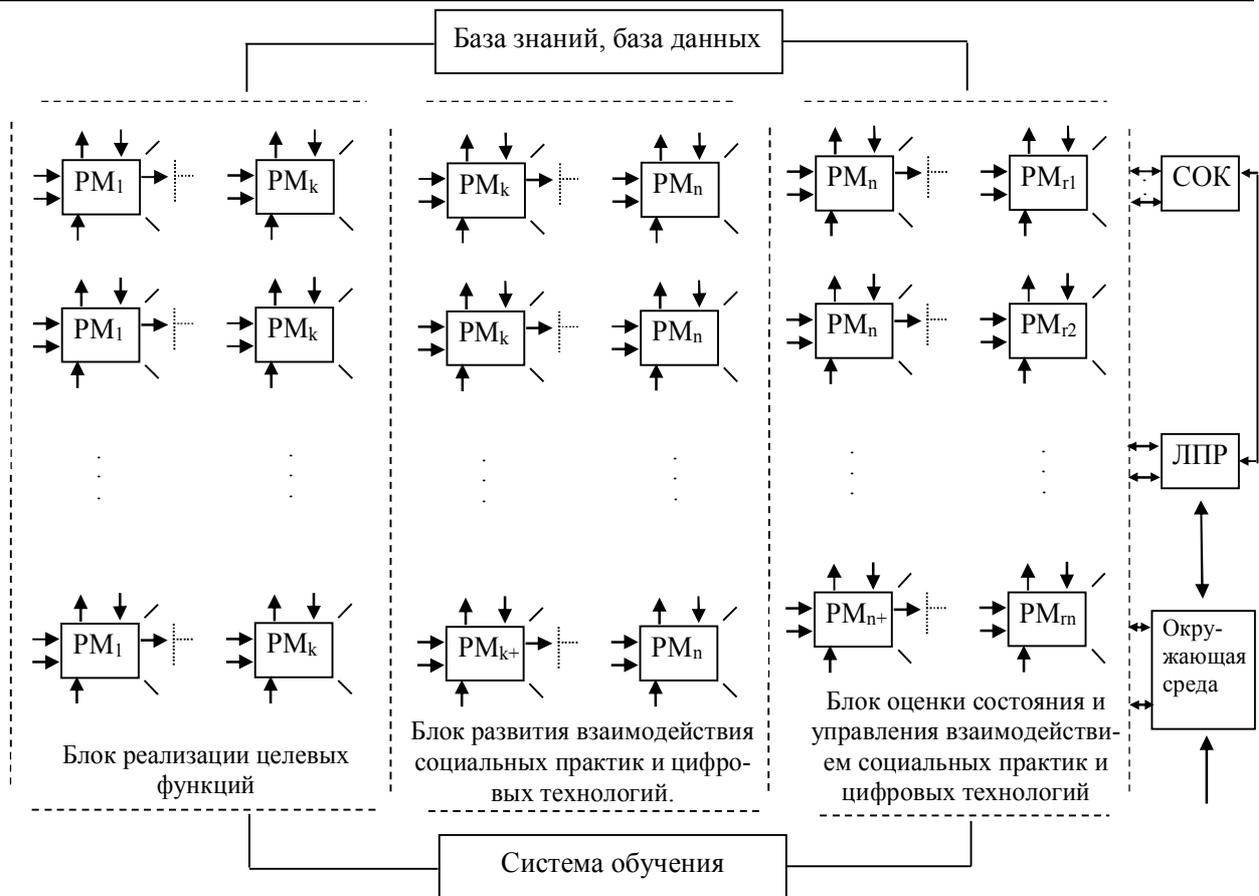


Рис. 2. Сетевая управляющая структура

В приведенной на рис. 2 схеме каждый модуль имеет двойной порядковый номер s, t по строке $s = 1, \dots, m$ и столбцу $t = 1, \dots, k, \dots, 1, \dots, r$ соответственно. Поскольку в общем случае число признаков, описывающих социальные практики и цифровые технологии, не совпадает с числом актов принимаемых решений, то реально матрица сетевой модели не совпадает с прямоугольной. Такое ее изображение является условным.

Каждый модуль сети ориентирован на решение своих специфических задач, и поэтому его порядковый номер фактически определяет реализуемую решающим модулем функцию и особенности ее выполнения. Таким образом, этап начальной загрузки решающего модуля производится к моменту начала его выполнения по его порядковому номеру st . Каждый решающий модуль сети имеет свой весовой коэффициент, изменяющийся от 0 до 1, определяющий «важность» его использования в решении той или иной задачи. Допускается на один модуль иметь вектор весовых коэффициентов, определяющий его «важность» в реализации задач.

Выбор решающего модуля для его включения в работу может осуществляться одним из следующих способов:

а) экспертом, по ключевым словам, хранимым в базе знаний как соответствующий справочник, в зависимости от вида решаемой задачи, от выдвигаемой гипотезы и от «глубины» решения;

б) полуавтоматически, когда после работы очередного модуля система формирует для эксперта набор рекомендаций по дальнейшему ходу реализуемого процесса, и пользователь, анализируя полученную информацию, сам определяет следующий шаг работы;

в) автоматически, когда система сама передает управление от модуля к модулю по заданному алгоритму их взаимодействия (чаще всего по направлению с максимальным значением коэффициента уверенности принятия решений) до выполнения заданного критерия останова или до момента останова со стороны пользователя.

В качестве критериев для останова предлагается следующий их набор:

- до получения решения с заданным качеством;
- до обращения к эксперту;
- на заданную глубину (по номеру);
- до заданной уверенности принятия решения;
- до выхода на модули, требующие проверки экстренных ситуаций;
- до выполнения условий достижимости заданного порога весовой функцией, определяющей интегральный критерий с учетом возможностей эксперта, организации, экономических показателей, трудоемкости и т.д.

Выбор типов и объемов задач, реализуемых одним решающим модулем, производится инженером по знаниям совместно с экспертами, в интересах которых создается система, при этом принимается во внимание, что объем выбираемой РМ информации должен быть, с одной стороны, не большим, с тем чтобы обеспечить приемлемую скорость работы системы, а с другой – обладать функциональной полнотой, обеспечивая требования хорошей видимости, понимаемости и интерпретируемости. Желательно при этом, чтобы объем информации, перерабатываемой модулем, был достаточен для реализации одного сеанса общения эксперта с исследуемым объектом.

Блок анализа развития взаимодействия социальных практик и цифровых технологий обеспечивают решение следующих задач:

- формирование и интерпретация целевых показателей на языке предметной области лица, принимающего решение (ЛПР);

- прогнозирование результатов взаимодействия цифровых технологий с социальными практиками;

- реализация просмотра фактов и данных, позволяющих оценить динамику взаимодействия и взаимовлияния социальных практик и цифровых технологий;

- динамическое слежение за результатами взаимодействия цифровых технологий с социальными практиками;

– расчет показателей качества, характеризующих взаимодействие ЛПР с экспертной системой, например, с целью формирования подсказок при некорректных действиях экспертов.

Блок оценки состояния и управления взаимодействием социальных практик и цифровых технологий решает задачи:

– формирование рекомендаций на языке предметной области ЛПР по корректирующим и управляющим воздействиям с целью оптимизации взаимодействия цифровых технологий с социальными практиками;

– выявление возможных отрицательных тенденций от взаимодействия цифровых технологий с социальными практиками с механизмом динамического слежения за показателями качества такого взаимодействия;

– документирование результатов взаимодействия цифровых технологий с социальными практиками;

– расчет показателей качества проведения корректирующих мероприятий.

При формировании рекомендаций по корректирующим мероприятиям каждый решающий модуль, используя набор входных признаков и значений целевых функций, формирует набор гипотез, сопровождающихся соответствующими значениями коэффициентов уверенности. Для подтверждения выдвигаемых гипотез РМ запрашивает дополнительную информацию и на ее основе уточняет принимаемые решения. Входные признаки, значения целевых показателей и дополнительная информация сопровождаются значениями весовых коэффициентов, определяющих их вклад в формирование соответствующих гипотез. Если ни одна из гипотез не обеспечивает решения с заданной уверенностью, производится переход к новому РМ либо вглубь (уточнение или развитие версии по выбранной гипотезе), либо вширь (переход к новой гипотезе), либо возврат назад, если первоначально выдвигаемые гипотезы не верны. Набор признаков и дополнительно запрашиваемая РМ информация могут быть не полными, что отражается в уверенности принимаемых решений. При этом у пользователя имеется возможность просмотра и уточнения роли отдельных признаков в формировании той или иной гипотезы с целью получения информации о необходимости дообследования, смены гипотезы или тактики работы с исследуемым объектом.

Если в результате работы решающих правил модуля получается низкий (ниже порогового) коэффициент уверенности (при низких коэффициентах уверенности по признакам), эксперту предлагается уточнение значений этих признаков. 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. Это позволяет проследить этапы и весь ход реализации исследуемых процессов. Поскольку для каждого модуля известен 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 (показатели целевых функций). Функцию контроля качества за деятельностью эксперта выполняют специальные программные средства системы оценки качества (СОК) (см. рис.2). Логика работы СОК основывается на том, что чем более весомые, с точки зрения выбранного критерия, РМ или признаки не задействуются (не анализируются) экспертом при работе с исследуемым объектом, тем ниже оценивается качество работы лица, принимающего решение (ЛПР).

При работе в автоматическом режиме переход от одного РМ 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 ЛПР проверить и другие высоко вероятные гипотезы.

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, в зависимости от типа решающих правил и характера совершаемых ошибок к этому модулю подключается система обучения, производящая коррекцию соответствующих решающих правил и (или) связей.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 19-18-00504.

Список литературы

1. Artemenko M. V., Budanov V. G., Korenevsky N. A. Classification of sociotechnical landscape on the basis of analogies of cortegecodes of indicatos // Journal of Physics: Conference Series, 2019.

2. Социотехнический ландшафт в условиях цифровизации: к проблеме концепта и методологии исследования / В. Г. Буданов, Е. Г. Каменский, В. И. Аршинов, И. А. Асеева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика, социология, право. 2019. Т. 9, № 3(32). С. 213-225.

3. Корневский Н. А., Артеменко М. В., Родионова С. Н. Социотехнический ландшафт: мягкое картирование по базовым координатам онтологических матриц социальных практик и цифровых технологий // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2019. № 3. С. 62-76.

4. Социотехнический ландшафт цифровой реальности: философско-методологический концепт, онтологические матрицы, экспертно-эмпирическая верификация: коллективная монография / В. И. Аршинов, М. В. Артеменко, И. А. Асеева, В. Г. Буданов, О. А. Гримов, Е. Г. Каменский, Н. А. Ко-

реневский, А. В. Маякова, В. В. Чеклецов / отв. ред. В. Г. Буданов, И. А. Асева. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2019. 232 с.

5. Кореневский Н.А. Полифункциональная система интеллектуальной поддержки принятия решений по рационализации лечебно-диагностических процессов // Вестник новых медицинских технологий. АМНТ. 1996. Т. 3. С. 43-46.

6. Кореневский Н. А. Принципы и методы построения интерактивных систем диагностики и управления состоянием здоровья человека на основе полифункциональных моделей: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 1993. 322 с.

7. Черняховская М. Ю. Представление знаний в экспертных системах медицинской диагностики: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 1991. 46 с.

8. Кореневский Н. А., Титов В. С., Чернецкая И. Е. Проектирование систем поддержки принятия решений для медико-экологических приложений: монография / Курск, гос. техн. ун-т. Курск, 2004. 180 с.

9. Кэнал Л. Обзор систем для анализа структуры образов и разработки алгоритмов классификации в режиме диалога // Распознавание образов при помощи цифровых вычислительных машин. М.: Мир, 1974. С. 67-82.

10. Малышев Н. Г., Бернштейн Л.С., Боженюк А. Б. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. М.: Энергоатомиздат, 1991. 195 с.

11. Овчинников С. В., Рьера Т. О. О нечетких классификациях // Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: [пер. с англ.] / под ред. Р. Р. Ягера. М.: Радио и связь, 1986. 408 с.

12. Яхмо Т. М. Системы продукции: структура, технология, применение. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1990. 231 с.

13. Кореневский Н. А. Проектирование нечетких решающих сетей, настраиваемых по структуре данных, для задач медицинской диагностики // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2005. Т. 4. № 1. С. 12-20.

14. Оценка и управление состоянием здоровья обучающихся на основе гибридных интеллектуальных технологий: монография / Н. А. Кореневский, А. Н. Шуткин, С. А. Горбатенко, В. И. Серебровский. Старый Оскол: ТНТ, 2016. 472 с.

15. Кореневский Н. А., Крупчатников Р. А. Информационно-интеллектуальные системы для врачей рефлексотерапевтов: монография. Старый Оскол: ТНТ, 2013. 424 с.

16. Кореневский Н. А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 2. С. 99-103.

17. Кореневский Н. А., Родионова С. Н., Хрипина И. И.. Методология синтеза гибридных нечетких решающих правил для медицинских интеллек-

туальных систем поддержки принятия решений: монография. Старый Оскол: ТНТ, 2019. 472 с.

18. Кореневский Н. А., Разумова К. В. Синтез нечетких классификационных правил в многомерном пространстве признаков для медицинских приложений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2012. № 2 (41). С. 223-227.

19. Рябкова Е. Б., Говорухина Т. Н., Кореневский Н. А. Алгоритмы коррекции многомерной линейной разделяющей поверхности // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7, № 7. С. 194-199.

20. Прогнозирование и диагностика заболеваний, вызываемых вредными производственными и экологическими факторами, на основе гетерогенных моделей / Н. А. Кореневский, Н. А. Серебровский, В. И. Коптева, Н. А. Говорухина. Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2012. 231 с.

21. Использование технологий мягких вычислений для прогнозирования и диагностики профессиональных заболеваний работников агропромышленного комплекса: монография / Р. В. Степашов, Н. А. Кореневский, А. В. Серебровский, Т. Н. Говорухина. Курск, 2016. 224 с.

22. Кореневский Н. А., Юлдашев З. М. Проектирование биотехнических систем медицинского назначения. Общие вопросы проектирования: учебник. Старый Оскол: ТНТ, 2018. 312 с.

23. Шуткин А. Н., Кореневская С. Н., Федянин В. В. Проектирование баз знаний медицинских экспертных систем с использованием коллективов нечетких правил // Информационные проекты в медицине и педагогике. Материалы международной научно-практической конференции. Курск, 2014. С. 61-64.

24. Al-Kasabeh R.T., Korenevskiy N.A., Ionescu F. Synthesis of combined fuzzy decision rules based on the exploration analysis data // Proc. 4th IAFA Intern. Conference Interdisciplinary Approaches in Fractal Analysis, Bucharest, Romania, May 26-29, 2009. P. 71-78.

25. Use of an Interactive Method for Classification in Problems of Medical Diagnosis / N. A. Korenevsky, S. V. Degtyarev, S. P. Seregin, A. V. Novikov // Biomedical Engineering. 2013. Vol. 47, is. 4. P. 169-172.

26. Design of network-based fuzzy knowledge bases for medical decision-making support systems / N. A. Korenevsky, S.A. Gorbatenko, R.A. Krupchatnikov, M. I. Lukashov // Biomedical Engineering. 2009. Vol. 43, N 4. P. 187-190.

27. Korenevskiy N. A., Krupchatnikov R. A., Gorbatenko S. A. Generation of fuzzy network models taught on basic of data structure for medical expert systems // Biomedical Engineering Journal. 2010. Vol. 42, N 2. P. 67-72.

28. Korenevskiy N. A. Application of Fuzzy Logic for Decision-Making in Medical Expert Systems // Biomedical Engineering. 2015. Vol. 49. P. 46-49.