

*С. Б. Румовская, И. А. Кириков
Е. А. Колодин, В. И. Данишевский*

**«ВИРТУАЛЬНЫЙ КОНСИЛИУМ».
ЧАСТЬ 1: МОДЕЛИ ГЕТЕРОГЕННОГО МОДЕЛЬНОГО ПОЛЯ**

Разработан ряд гибридных интеллектуальных систем: виртуальные консилиумы, основной элемент которых – гетерогенное модельное поле, описанное в терминах аксиоматической теории ролевых концептуальных моделей.

Hybrid intellectual systems: virtual councils, which basic elements is heterogeneous model field, described in terms of axiomatic theory of role conceptual models are created.

Ключевые слова: поддержка принятия коллективных решений, сложная неоднородная задача диагностики, виртуальный консилиум.

Key words: collective decision-support, complex diagnostic task, virtual council.

Введение

Изучение методов коллективного решения задач и их моделирование является важным направлением научных исследований в области системного анализа и имеет большое практическое значение. Особую роль играет исследование и моделирование коллективного решения сложных неоднородных задач, включающих подзадачи, каждая из которых должна решаться специалистом (или специалистами) соответствующей области знаний.

Примерами подобных задач служат задачи медицинской диагностики. Часто встречающаяся полиморбидность [1] – наличие нескольких патологических процессов одновременно – изменяет, осложняет классическую клиническую картину. Это обстоятельство требует участия коллектива специалистов различных профилей в принятии диагностического решения.

Для снижения рисков неверных диагностических заключений перспективной видится автоматизация поддержки диагностических решений [2–5]. Кроме того, развитие инструментальных методов исследования и контроля состояния пациентов [6] влечет потребность в системах, анализирующих информацию от датчиков физиологических параметров и формирующих предварительное диагностическое заключение для пользователя (врача).

В этой связи актуально повышение эффективности и качества диагностических решений в неоднородных задачах посредством разработки систем поддержки принятия решений (СППР) как гибридных интеллектуальных систем (ГИИС). Такие системы интегрируют разнородные модели знаний (в дальнейшем – гетерогенное модельное поле (ГМП)) и моделируют взаимодействие рассуждений различных типов в

коллективах, принимающих решения. Разработка СППР применительно к дифференциальной диагностике в медицине повысит безопасность принимаемых решений и сократит потери от ошибочных и нерелевантных сложности ситуации индивидуальных решений.

Инструментальная среда «Виртуальный консилиум» разрабатывалась на примере неоднородной задачи диагностики артериальной гипертензии (НЗДАГ) как модульная, гибкая с библиотекой всех моделей, решающих диагностические подзадачи. «Виртуальный консилиум» инициализирует ГиИС для поддержки принятия диагностических решений. Модели консилиума и его состав в данной работе описаны в терминах аксиоматической теории ролевых концептуальных моделей [7].

1. Концептуальная модель и особенности неоднородных задач диагностики в медицине

Медицинская диагностика (от др.-греч. διαγνωστικός, «способный распознавать») [8] — процесс распознавания болезни и оценки индивидуальных биологических особенностей, включающий целенаправленное медицинское обследование, истолкование результатов и их обобщение в виде установленного диагноза.

Рассмотрим концептуальную модель диагностического процесса (рис. 1) на примере Калининградской областной клинической больницы (КОКБ).

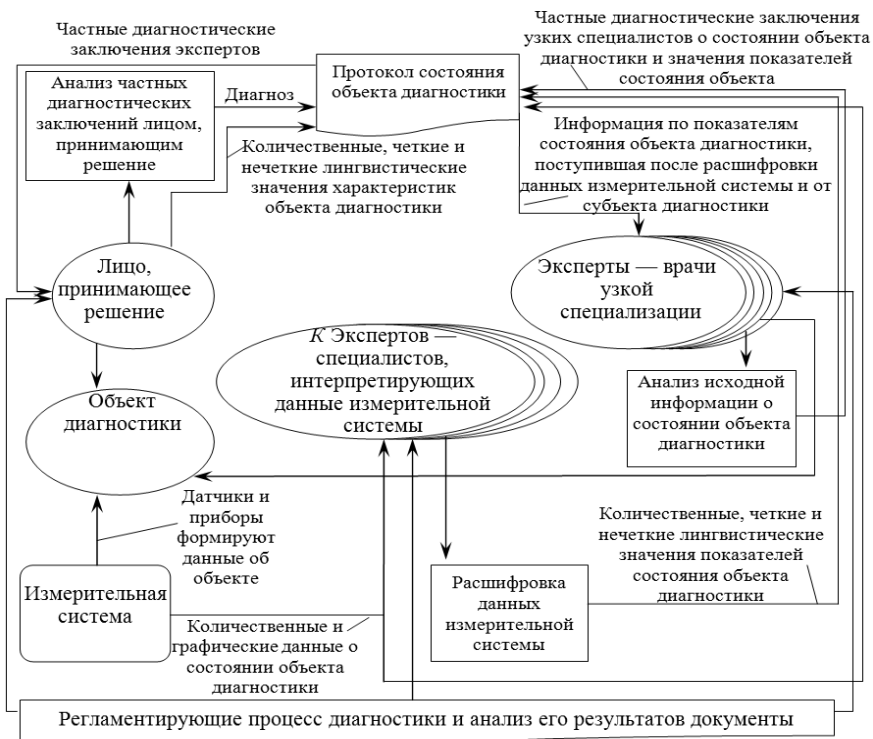


Рис. 1. Концептуальная модель диагностического процесса



Объект диагностики — система, состояние которой контролируется и анализируется субъектом диагностики. Лицо, принимающее заключительное решение (ЛПР) о состоянии объекта диагностики (пациента), то есть формирующее диагноз, — лечащий врач. Диагностический процесс в медицине состоит из трех основных этапов (первый этап реализует ЛПР):

1) сбор информации о состоянии больного и формирование множества симптомов (сбор анамнеза); физикальное обследование — прослушивание, простукивание и прощупывание пациента; лабораторное обследование — исследования испражнений, крови и так далее, а также функциональная или инструментальная диагностика: электрокардиограмма (ЭКГ), эхокардиограмма; занесение множества симптомов в протокол состояния объекта диагностики;

2) из протокола информация поступает множеству экспертов — врачам узкой специализации, которые дополняют и сопоставляют комплекс симптомов с данными об известных заболеваниях по своему направлению и выявляют совпадения заболевания с данными о состоянии больного;

3) дополнение и сопоставление лечащим врачом информации, поступившей от врачей узких специализаций, и симптоматической информации с данными об известных заболеваниях и формирование диагноза. Каждый объект характеризуется множеством значений показателей своего состояния или характеристик (множеством симптомов).

Определение 1. Неоднородная задача диагностики (НЗД) p_D [9] — задача, включающая «однородные подзадачи» со свойствами зашумленности, нечеткости исходных данных, специфицирующихся одним из методов формализованного представления систем и включающих контроль состояния и функционирования объекта диагностирования, выявление и локализацию отклонений.

Множество однородных задач обозначим как $P^h = \{p_1^h, \dots, p_N^h, p_D^h\}$, где p_1^h, \dots, p_N^h — однородные диагностические подзадачи, а p_D^h — однородная подзадача формирования заключительного диагноза. Введем предикатные символы: R^{st} — иметь «задача-состояние»; R^{pr} — иметь «задача-свойство»; R^{met} — «иметь метод»; R^{act} — «иметь действие»; R^{est} — «иметь оценку»; R_2 — «целое-часть»; R_3 — «влиять на»; R_4 — «есть причина».

Определение 2. Схема концептуальных моделей — средство определения классов понятий и типов отношений языка профессиональной деятельности, который используется для описания неоднородных предметной области и проблемной среды [10].

Тогда для структуризации проблемной среды [10] медицинской диагностики, используя аксиоматическую теорию ролевых концептуальных моделей, определение 1, определение 2 и схему неоднородной задачи (1.19) из [11], можно записать схему концептуальных моделей неоднородной задачи диагностики (p_D) как конъюнкцию атомарных формул:



$$\begin{aligned}
p_D = & R^{st}(p_1, G) \wedge R^{pr}(p_1, D) \wedge R^{met}(p_1, MET) \wedge R^{pr}(p_1, S) \wedge \\
& \wedge R^{pr}(p_1, f) \wedge R^{pr}(p_1, kp) \wedge R^{pr}(p_1, kt) \wedge R^{act}(p_1, ACT) \wedge \\
& \wedge R^{est}(p_1, EV) \wedge R_2(p_1, P^h) \wedge R_3(P^h, P^h) \wedge R_4(p_1, P^h),
\end{aligned} \quad (1)$$

где p_1 – «задача диагностики»; G, D – цель, определенная на множестве состояний, и входные данные НЗД, определенные на множестве свойств соответственно; \wedge – интерпретируется как одновременная выполнимость атомарных формул, и существуют такие значения термов, при которых атомарная формула становится фактом (если некая атомарная формула невыполнима на данном этапе исследования, то это значит, что у разработчика не хватает знаний о проблемной среде, и они будут пополнены на следующих этапах исследования); MET – метод, модель, алгоритм и программа для решения НЗД; S – спецификатор НЗД, включающий идентификатор I_D и схему неоднородной проблемной среды [10]; I_D – «Задача диагностики <некоего аспекта, подсистемы, подструктуры или системы, структуры> у <объекта> <субъектом>»; f – фазы неоднородной задачи диагностики; kp – класс переменных; kt – класс задачи (диагностика); EV – оценка результатов операции ACT , исполняющей решение НЗД.

Элементы схемы (1) раскрыты во втором разделе данной работы для задачи диагностики артериальной гипертензии.

2. «Виртуальный консилиум» – гибридная интеллектуальная система

Исследование велось в рамках концепции ГиИС [7], позволяющих отобразить состав, структуру, такие свойства задачи, как системность, неоднородность, в том числе и терминологическую – для решения неоднородной задачи диагностики разрабатывалась ГиИС по проблемно-структурной методологии [9].

Систему автоматизированной диагностики определим в соответствии с (5.16) из [9] и заданными в (1) понятиями как ГиИС, воспринимающую входные диагностические данные, выдающую выходные сигналы (диагноз) и находящуюся в некотором состоянии, релевантном состоянию коллективного диагностического процесса:

$$\begin{aligned}
\alpha(t) = & R^{met}(gis, MET^i) \wedge R^{pr}(gis, \bar{D}_D) \wedge R^{pr}(gis, \bar{G}_D) \wedge R^{st}(gis, \bar{st}) \wedge \\
& \wedge R_{f_1}(\bar{st}(t), \bar{st}(t+1)) \wedge R_{f_2}(\bar{D}_D(t), \bar{st}(t)) \wedge R_{f_3}(\bar{st}(t), \bar{G}_D(t)) \wedge \\
& \wedge {}^{vo}R_{int}^k(gis^n, gis^n) \wedge R_D(\bar{D}_D, D^n) \wedge R_G(G^n, \bar{G}_D),
\end{aligned} \quad (2)$$

где gis – «ГиИС»; MET^i – интегрированный метод; \bar{D}_D – вектор исходных данных НЗД (1), передаваемый на вход одного или нескольких элементов из gis^n , решающих подзадачи из декомпозиции неоднородной задачи диагностики; \bar{G}_D – вектор выходных данных НЗД; \bar{st} – вектор состояния ГиИС, формирующийся из состояний элементов из gis^n ; $R_{f_1}, R_{f_2}, R_{f_3}$ – отношения, заданные в смежные моменты времени на



множестве пар вход—состояние и на множестве пар состояние—выход соответственно; ${}^{\psi\phi}R_{int}^k$ — отношения интеграции элементов ϕ и ψ , значения которых участвуют в интеграции типа k ; D^n, G^n — множество свойств «вход» и «выход» элементов из gis^n соответственно; R_D, R_G — отношения на множестве пар вход ГиИС—входы элементов и на множестве пар выходы элементов—выход ГиИС соответственно.

Применение модели консилиума, как (2), для поддержки принятия неоднородных диагностических решений в медицине предоставит гетерогенное (целостное) восприятие объекта (пациента). Ключевой элемент ГиИС — гетерогенное модельное поле неоднородной задачи диагностики — множество разнородных моделей, отображающих теоретические, профессиональные знания и опыт экспертов, приглашенных в виртуальный консилиум поддержки принятия диагностических решений для обсуждения и для высказывания своего мнения относительно решения подзадач из состава НЗД.

«Виртуальный консилиум» разрабатывался на примере неоднородной задачи диагностики артериальной гипертензии (АГ).

Результаты системного анализа диагностического процесса на примере КОКБ [12]:

1) декомпозиция сложной задачи диагностики (выделено 12 диагностических и 9 технологических подзадач предобработки симптоматической информации);

2) определены методы решения однородных подзадач, на основе которых строится ГМП [13]. Рассмотрим его элементы подробнее (рис. 2).

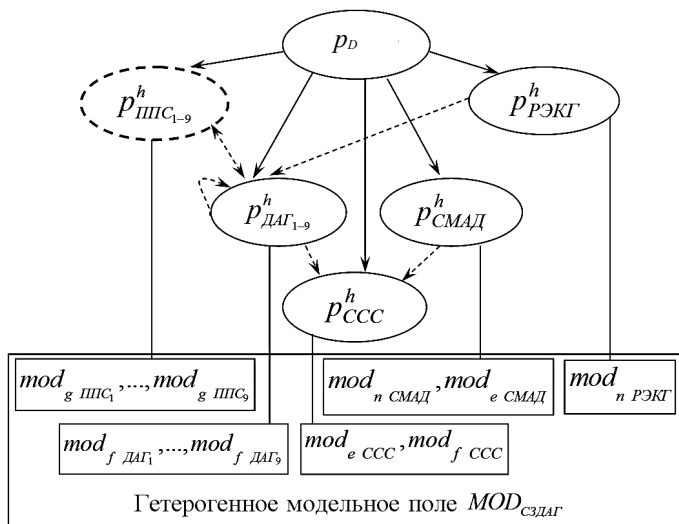


Рис. 2. Декомпозиция задачи диагностики

артериальной гипертензии — гетерогенное модельное поле

Обозначения: \circ — области функциональных подзадач неоднородной задачи диагностики артериальной гипертензии; --- — области технологических подзадач; \rightarrow — включения «целое—часть»; --- — отношения декомпозиции «подзадача *влияет на* подзадача»; --- — соответствие «подзадача—модель»



На рисунке 2 представлены схемы подзадач: $p_{РЭКГ}^h$ – «Распознавание и интерпретация электрокардиограммы» (РЭКГ); $p_{ССС}^h$ – «Оценка степени и стадии АГ, степени риска сердечнососудистых заболеваний» (ССС); $p_{СМАД}^h$ – «Анализ суточного мониторирования артериального давления» (СМАД); $p_{ДАГ_{1-9}}^h$ – «Диагностика критериев оценки сердечнососудистого риска и вторичной артериальной гипертензии у пациента» (ДАГ₁₋₉); $p_{ППС_{1-9}}^h$ – «Построение информативного набора признаков при диагностике заболеваний из областей 1–9» (ППС₁₋₉).

Множеству P^h поставлено в соответствие (рис. 2) множество моделей базисных методов [9] решения подзадач НЗДАГ: $MOD = \{mod_{n_{РЭКГ}}, mod_{n_{СМАД}}, mod_{e_{СМАД}}, mod_{g_{ППС_1}}, \dots, mod_{g_{ППС_9}}, mod_{f_{ДАГ_1}}, \dots, mod_{f_{ДАГ_9}}, mod_{f_{ССС}}, mod_{e_{ССС}}\}$, где индексы n, e, f, g указывают на то, что модель разработана по методологии искусственных нейронных сетей (ИНС), экспертных систем (ЭС), нечетких систем (НС) или генетических алгоритмов (ГА) соответственно. Последние в данной работе рассмотрены не будут.

2.1. Модели, решающие подзадачи

«Распознавание и интерпретация электрокардиограммы», «Анализ суточного мониторирования артериального давления» и «Оценка степени и стадии артериальной гипертензии, степени риска сердечно-сосудистых заболеваний»

Модель искусственной нейронной сети (МИНСРЭКГ, $mod_{n_{РЭКГ}}$ на рис. 2) [13] подзадачи РЭКГ обрабатывает ЭКГ-образы, относя их к одному из семи классов состояния здоровья пациента: норма, гипертрофия левого желудочка, отклонение электрической оси сердца влево, блокада левой ножки пучка Гиса, рубцовое поражение миокарда, признаки перегрузки левого предсердия, присутствие аритмии.

Для моделирования МИНСРЭКГ предложена модульная структура. Каждый модуль – ИНС (характеристики даны в табл. 1), распознающая норму или один из классов патологий. Сигнал образа ЭКГ поступает на все модули одновременно.

Таблица 1

Характеристики модели знаний кардиолога, читающего ЭКГ

Характеристики модулей	Значения характеристик
Топология	Сети без обратных связей
Алгоритм обучения	«Обратное распространение ошибки»
Архитектура	Многослойный перцептрон
Парадигма обучения	«Обучение с учителем»
Функции активации	Логистическая функция [14]
Число выходных слоев	1
Число входных нейронов	128



Число нейронов в скрытом слое подбирается, изменяясь от 1 до 51 с шагом 10.

Рассмотрим модель профессиональных знаний эксперта-кардиолога, решающего подзадачу СМАД (МИНССМАД, $mod_n^{СМАД}$ на рис. 2), реализованную [13] методами двух ИНС: первая прогнозирует нормальные показатели суточного мониторинга систолического давления, а вторая – нормальные показатели диастолического давления. По векторам выхода МИНССМАД вычисляется отклонение данных суточного мониторинга артериального давления (СМАД) пациента от нормы. Характеристики ИНС даны в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики модели знаний кардиолога, анализирующего данные СМАД

Характеристики модулей МИНССМАД	Значения характеристик модулей
Топология	Сети без обратных связей
Архитектура	Многослойные сети с прямым распространением сигнала
Алгоритм обучения	«Обратное распространение ошибки»
Парадигма обучения	«Обучение с учителем»
Функции активации	Логистическая функция [14]
Число входных нейронов	2 – пол и возраст пациента
Число нейронов в скрытом слое	Подбирается в процессе экспериментов с моделью, варьируясь от 1 до 10 с шагом 1
Число выходных нейронов	24

Концептуальные модели искусственных нейронных сетей подзадач РЭКГ и СМАД обобщены в схему (3), построенную на базе (3.24) из [9] и расширенную свойствами (тип нормализации, архитектура ИНС и моделью нейронов ИНС) и ресурсами (входы и выходы ИНС, обучающая и тестирующая последовательности):

$$\begin{aligned}
 mod_n^z = & R^{met} (p_z^h, met_z) \wedge R^{pr} (met_z, pr_{kon}^k) \wedge R^{pr} (met_z, pr_{bbox}^{sh}) \wedge \\
 & \wedge R^{pr} (met_z, pr_m^{mlang}) \wedge R^{pr} (met_z, pr_{eq}^{mlang}) \wedge R^{pr} (met_z, pr_{direct}^{solpr}) \wedge \\
 & \wedge R^{pr} (met_z, pr_{invdist}^{learnalg}) \wedge R^{pr} (met_z, pr^{arch}) \wedge R^{res} (met_z, X) \wedge \\
 & \wedge R^{res} (met_z, Y) \wedge R^{pr} (met_z, EV) \wedge R^{res} (met_z, res^{ed\ test}) \wedge \\
 & \wedge R^{pr} (met_z, pr_{lin}^{norm}) \wedge R^{mod} (met_z, N) \quad \Big| \quad Z \in \{СМАД, РЭКГ\},
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

где p_z^h – схема концептуальных моделей подзадачи СМАД или РЭКГ, которая определена в [12]; met_z – метод; pr_{kon}^k – классификатор метода:



«коннекционистский»; pr_{bbox}^{sh} – модель-схема метода: «черный ящик»; pr_m^{mlang} – язык описания модели («матрицы»), pr_{eq}^{mlang} – язык описания модели («уравнения»); pr_{direct}^{solpr} – процедура получения решения («прямое распространение в нейросетях»); $pr_{modist}^{learnalg}$ – алгоритм обучения нейросетей («обратное распространение»); pr^{arch} – архитектура ИНС; X, Y – множество входов и выходов ИНС; EV – спецификатор, включающий знания о средней ошибке обучения (5.5.37–5.5.38 из [7]) и знания о гибридных возможностях (табл. 7.2 и 8.6 из [7]); $res^{ed\ test}$ – обучающая и тестирующая последовательности [15]; pr_{lin}^{norm} – тип нормализации («линейная»); R^{mod} – «иметь модель»; N – множество моделей нейронов ИНС.

Рассмотрим также альтернативные модели (см. рис. 2): модели рассуждений кардиолога для подзадачи СМАД (модель МЭСМАД, $mod_{e\ СМАД}$ на рис. 2) и для подзадачи ССС (модель МЭССС, $mod_{e\ ССС}$ на рис. 2), реализованные в [13] методами ЭС [9]. МЭССС определяет степень АГ (7 классов), стадию (3 класса) и общий риск сердечнососудистых заболеваний (5 классов). Характеристики моделей МЭСМАД и МЭССС приведены в таблице 3. Факты и знания извлечены из рекомендаций комитета экспертов Всероссийского научного общества кардиологов (ВНОК) [16], исследований [17] и бесед с экспертом КОКБ.

Таблица 3

**Характеристики экспертных систем,
моделирующих знания кардиолога**

Характеристика	Значения характеристик моделей	
	МЭССС	МЭСМАД
Тип	Статическая продукционная	
Задача	Классификация	Анализ
Размерность базы знаний	45	50
	правил «Если <условие>, то <действие>»	
Размерность базы фактов	180	98
	символьных описаний ресурсов задачи	
Механизм рассуждений	Рассуждения в прямом направлении	
Механизм разрешения конфликтов	Выборочная стратегия [18]	

Концептуальные модели экспертных систем МЭСМАД и МЭССС построены на базе (3.14) [9], расширены ресурсами (база фактов и база знаний системы) и объединены в (4):



$$\begin{aligned}
 mod_{e_z} = & R^{met} \left(p_z^h, met_z \right) \wedge R^{pr} \left(met_z, pr_{igl}^k \right) \wedge R^{pr} \left(met_z, pr_{prod}^{mlang} \right) \wedge \\
 & \wedge R^{pr} \left(met_z, pr_{forw}^{solpr} \right) \wedge R^{pr} \left(met_z, EV \right) \wedge R^{pr} \left(met_z, KB \right) \wedge \\
 & \wedge R^{pr} \left(met_z, pr_{ifthen}^{sh} \right) \wedge R^{pr} \left(met_z, FB \right) \quad \Big| \quad Z \in \{СМАД, ССС\},
 \end{aligned} \quad (4)$$

где p_z^h – схема концептуальной модели подзадачи СМАД или РЭКГ, которая определена в [12]; met_z – метод; pr_{igl}^k – классификатор метода («логико-лингвистический или символьный»); pr_{prod}^{mlang} – язык описания модели («продукции»); pr_{forw}^{solpr} – процедура получения решения («прямой вывод»); EV – знания о гибридных возможностях (табл. 7.2 и 8.6 из [7]); KB – база знаний как множество символьных правил-продукций, моделирующих минимально возможную конструкцию точных, детерминированных рассуждений эксперта в форме «условие-действие»; pr_{ifthen}^{sh} – модель-схема метода: «условие-действие»; FB – база фактов ЭС как множество связанных или несвязанных друг с другом символьных выражений, задающих декларативную, фактографическую информацию о предметной области необходимую и достаточную для решения подзадачи Z .

2.2. Модели нечетких рассуждений экспертов, решающих десять подзадач определения состояния здоровья пациента

Моделирование рассуждений экспертов: терапевта, невролога, кардиолога, нефролога, сосудистого хирурга и эндокринолога, решающих девять подзадач из подмножества «Диагностика критериев оценки сердечнососудистого риска и вторичной АГ у пациента» из декомпозиции НЗДАГ (см. рис. 2) – (модели $МНСДАГ_1–МНСДАГ_9$, $mod_{f_{ДАГ_1}, \dots, mod_{f_{ДАГ_9}}$ на рис. 2), и моделирование рассуждений эксперта-кардиолога, решающего подзадачу «Оценка степени и стадии АГ, степени риска сердечнососудистых заболеваний» (модель $МНСССС$, $mod_{f_{ССС}}$ на рис. 2), реализовано [13] методами НС.

$МНСССС$ определяет степень АГ по данным систолического и диастолического давления и/или данным от МИНСМАД, стадию эссенциальной артериальной гипертензии (или гипертонической болезни) в случае отсутствия вторичной артериальной гипертензии (диагностируется $НСДАГ_{7-9}$) по данным от $НСДАГ_{1-3}$ и $НСДАГ_5$, $НСДАГ_6$, определяет общий риск сердечнососудистых заболеваний у больного по данным от $НСДАГ_{1-6}$ и формирует диагноз. Характеристики моделей нечетких систем представлены в таблице 4.



Концептуальные модели для МНСДАГ₁₋₉ и МНСССС (5) построены на базе (3.22) из [9] и расширены ресурсами (пространства входных и выходных переменных, база знаний системы, множество функций принадлежности, метод дефазификации):

$$\begin{aligned} \text{mod}_{f_z} = & R^{\text{met}}(p_z^h, \text{met}_z) \wedge R^{\text{pr}}(\text{met}_z, \text{pr}_{\text{igl}}^k) \wedge R^{\text{pr}}(\text{met}_z, \text{pr}_{\text{prod}}^{\text{mlang}}) \wedge \\ & \wedge R^{\text{pr}}(\text{met}_z, \text{pr}_{\text{fuzz}}^{\text{solpr}}) \wedge R^{\text{pr}}(\text{met}_z, EV) \wedge R^{\text{pr}}(\text{met}_z, KB) \wedge \\ & \wedge R^{\text{pr}}(\text{met}_z, \mathbf{X}) \wedge R^{\text{pr}}(\text{met}_z, \mathbf{Y}) \wedge R^{\text{pr}}(\text{met}_z, F^\mu) \wedge R^{\text{pr}}(\text{met}_z, \text{MET}^{\text{Def}}) \wedge \\ & \wedge R^{\text{pr}}(\text{met}_z, \text{pr}_{\text{gbox}}^{\text{sh}}) \wedge R^{\text{pr}}(\text{met}_z, \text{pr}_{\text{cyg}}^{\text{alg, fuzz}}) \mid Z \in \{ \text{ДАГ}_i, \text{ССС} \mid i = \overline{1, 9} \}, \end{aligned} \quad (5)$$

где p_z^h – схема концептуальных моделей подзадачи Z , которая определена в [12]; met_z – метод; pr_{igl}^k – классификатор метода («логико-лингвистический или символичный»); $\text{pr}_{\text{prod}}^{\text{mlang}}$ – язык описания модели («продукции»); $\text{pr}_{\text{fuzz}}^{\text{solpr}}$ – процедура получения решения («нечеткий вывод»); EV – знания о гибридных возможностях; KB – база знаний как множество из $k = 1, \dots, N_{KB}$ правил; \mathbf{X}, \mathbf{Y} – пространства входных лингвистических и выходных детерминированных переменных; F^μ – множество функций принадлежности пространства входов; MET^{Def} – метод дефазификации; $\text{pr}_{\text{gbox}}^{\text{sh}}$ – модель-схема метода («серый ящик»); $\text{pr}_{\text{cyg}}^{\text{alg, fuzz}}$ – алгоритм нечеткого вывода (Такаги-Сугено).

Таблица 4

**Характеристики моделей,
определяющих патологическое состояние пациента**

Характеристика	Значения характеристик моделей	
	МНСДАГ ₁ – МНСДАГ ₉	МНСССС
Алгоритм нечетких рассуждений	Такаги-Сугено	
Пространство выходов	Y с четкими константами, принимающими значения 0 или 1 размерности N_Y	
	$N_Y = 7, 7, 10, 2, 6, 12, 19, 22, 3$ соответственно	$N_Y = 100$
Пространство входов	X с нечеткими лингвистическими переменными	
Функции принадлежности	Сигмоидная и треугольная. Построены методом экспертного опроса [19]	
Метод дефазификации	Метод центра тяжести (5.4.29) в [7]	
Размеры баз знаний	19, 14, 15, 15, 38, 27, 34, 26, 24	40
	Синглтонная БЗ [19]	

Модели ГМП (3)–(5) исследованы [15]. Результаты их тестирования [15] подтвердили релевантность моделей реальной диагностиче-



ской ситуации. Построение декомпозиции и разработка гетерогенного модельного поля позволяет перейти к следующим этапам исследования — конструирование метода решения неоднородной задачи и разработка инструментальной среды «Виртуальный консилиум». Результаты последних, а также описание моделей генетических алгоритмов, снижающих размерность признакового пространства при диагностике, планируется отразить в следующей работе.

Заключение

Искусственные гетерогенные системы, моделирующие коллективные решения (консилиумы), разнообразие хранимой и перерабатываемой информации в которых релевантно разнообразию информации в диагностических ситуациях, потенциально способны динамично синтезировать над неоднородным модельным полем новый метод выработки диагноза, в частности АГ, для каждого пациента индивидуально и применять его. По мнению эксперта-кардиолога КОКБ, разработка подобных виртуальных медицинских консилиумов, в частности для диагностики АГ, и их эксплуатация актуальны в лечебно-профилактических учреждениях широкого профиля: амбулаториях, поликлиниках и т. д., — они повысят качество диагностических решений в подобных лечебных учреждениях, несмотря на возможное удорожание диагностики пациентов.

Исследование особенностей процесса принятия коллективных диагностических решений позволило разработать новую концептуальную модель выработки решения, отображающую разнородную, скоординированную коллективную деятельность экспертов в малых группах — консилиумах (на примере медицинской диагностики). Отражением модели выработки решений стало разработанное гетерогенное модельное поле, включающее множество моделей диагностических подзадач, релевантное разнообразию знаний экспертов из медицинского консилиума, что позволяет учесть разнообразие мнений экспертов в сложных диагностических ситуациях. Результаты исследований уже на данном этапе подтверждают перспективность виртуальных консилиумов в медицинской диагностике.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-07-00272 А.

Список литературы

1. Нургазизова А. К. Происхождение, развитие и современная трактовка понятий «коморбидность» и «полиморбидность» // Казанский медицинский журнал. 2014. Т. 95, № 2. С. 292–296.
2. Попов Э. В. и др. Статические и динамические экспертные системы. М., 1996.
3. Фомин Я. А., Тарловский Г. Р. Статистическая теория распознавания образов. М., 1986.
4. Чернавский Д. С. и др. Распознавание. Аутодиагностика. Мышление. Синергетика и наука о человеке. М., 2004.



5. Бонгард М. М. Проблемы узнавания. М., 1967.
6. Регистр лекарственных средств России РЛС Пациент 2003 URL: http://www.rlsnet.ru/books_book_id_2.htm/ (дата обращения: 19.07.2017).
7. Колесников А. В. Гибридные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки. СПб., 2001.
8. Малая медицинская энциклопедия : в 6 т. М., 1991. Т 2.
9. Колесников А. В., Кириков И. А. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. М., 2007.
10. Румовская С. Б., Николаев В. В., Колодин А. Е., Мацула В. Ф. Гетерогенные модели проблемной и инструментальной диагностической сред поддержки принятия решения сложной диагностической задачи // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2016. № 4. С. 74–82.
11. Колесников А. В. и др. Решение сложных задач коммивояжера методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. М., 2011.
12. Кириков И. А., Колесников А. В., Румовская С. Б. Исследование сложной задачи диагностики артериальной гипертензии в методологии искусственных гетерогенных систем // Системы и средства информатики. 2013. Т. 23, № 2. С. 96–114.
13. Кириков И. А., Колесников А. В., Румовская С. Б. Функциональная гибридная интеллектуальная система для поддержки принятия решений при диагностике артериальной гипертензии // Системы и средства информатики. 2014. Т. 24, № 1. С. 153–179.
14. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М., 2006.
15. Кириков И. А., Колесников А. В., Румовская С. Б. Исследование лабораторного прототипа искусственной гетерогенной системы для диагностики артериальной гипертензии // Системы и средства информатики. 2014. Т. 24, № 3. С. 121–143.
16. Комитет экспертов ВНОК. Диагностика и лечение артериальной гипертензии. Российские рекомендации // Системные гипертензии. 2010. № 3. С. 5–26.
17. Staessen J. et. al. The increase in blood pressure with age and body mass index is overestimated by conventional sphygmomanometry // American Journal of Epidemiology. 1992. Vol. 136. P. 450–459.
18. Гаврилова Т. А., Кудрявцев Д. В., Муромцев Д. И. Инженерия знаний. Модели и методы. СПб., 2016.
19. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. М., 2007.

Об авторах

София Борисовна Румовская — канд. техн. наук, программист, КФ ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Россия.
E-mail: sophiyabr@gmail.com

Игорь Александрович Кириков — канд. техн. наук, директор КФ ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Россия.
E-mail: baltbipiran@mail.ru

Александр Евгеньевич Колодин — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.
E-mail: alex_kolodin@mail.ru



Владислав Игоревич Данишевский – асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: danishevskii.v.i@mail.ru

The authors

Dr Sophiya Rumovskaya, programmer I. Kaliningrad Branch of the Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: sophiyabr@gmail.com

Dr Igor Kirikov, director of Kaliningrad Branch of the Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: baltbipiran@mail.ru

79

Aleksandr Kolodin, PhD student, I. Kant Baltic federal university, Russia.

E-mail: alex_kolodin@mail.ru

Vladislav Danishevskii, PhD student, I. Kant Baltic federal university, Russia.

E-mail: danishevskii.v.i@mail.ru