

УДК 004.8

С. Б. Румовская, А. А. Литвин

**КОНЦЕПТУАЛЬНО-ВИЗУАЛЬНЫЙ БАЗИС
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГИБРИДНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

91

Рассмотрены элементы и особенности диагностики в медицине и предложено категориальное ядро функциональных гибридных интеллектуальных диагностических систем с когнитивной визуализацией проблем в медицине. Подобные системы позволят сгладить противоречивые показания и сделают процессы преодоления диагностической проблемы видимыми, контрастными.

The paper considers the elements and specialities of the diagnostic in the medical field. There is also proposed the categorical kernel of the functional hybrid intellectual diagnostic systems with cognitive visualization of problems in medicine. Such systems would give the opportunity to smooth the conflicting symptomatic data and would make the processes of negotiation of the diagnostic problem visible and contrastive.

Ключевые слова: диагностическая проблема, когнитивная визуализация, категориальное ядро неформальной аксиоматической теории ролевых визуальных моделей.

Keywords: diagnostic problem, cognitive visualization, categorical kernel of the axiomatic theory of role visual models.

Введение

В [1] подтверждена эффективность моделирования решения сложной задачи диагностики (проблемы) функциональными гибридными интеллектуальными системами, синтезирующими интегрированные методы и модели. Интегрированная модель диагностики повышает качество принимаемых решений, снижает число диагностических ошибок и, соответственно, повышает безопасность принимаемых диагностических решений. Однако ФГИС в основном моделируют логическое мышление, в то время как визуализация и схематизация улучшают и ускоряют понимание специалистами данных, информации и знаний, что повышает эффективность процесса принятия решений. Поэтому предлагается разрабатывать *функциональные гибридные интеллектуальные диагностические системы (ФГИДС)* как системы поддержки принятия диагностических решений с когнитивной визуализацией проблем,



встающих перед специалистом-врачом в медицине. Подобные системы снизят информационную и когнитивную нагрузку на врача, диагностирующего пациента, позволят выявлять и воспринимать значимые связи и показатели быстрее.

В данной работе представлены результаты анализа диагностического процесса в медицине: выделены его основные понятия и особенности, а также описан концептуально-визуальный категориальный базис функциональных гибридных интеллектуальных диагностических систем.

Диагностика в медицине. Основные понятия диагностического процесса

92

Медицинская диагностика – процесс распознавания болезни и оценки индивидуальных биологических особенностей и социального статуса субъекта [2, с. 89]. Включает целенаправленное медицинское обследование, истолкование результатов и их обобщение в виде установленного диагноза.

Объекту диагностического процесса – организму человека – нельзя дать полное и точное описание. При этом врач в процессе диагностики описывает состояние пациента с помощью понятий и связей между ними.

Уточним основные понятия, необходимые для исследования диагностического процесса в медицине. Будем опираться на книги М. А. Гайдеса «Общая теория систем (системы и системный анализ)» [3] и Г. И. Назаренко, Г. С. Осипова «Основы теории медицинских технологических процессов» [4], а также на Малую медицинскую энциклопедию [2; 5]. На рисунке 1 представлены результаты анализа этих трудов.

Объект диагностики на рисунке 1 – пациент, его организм. Субъект диагностики – врач. К *системным функциональным единицам* (СФЕ) систем организма [3] отнесем различные клеточные и тканевые структуры, например гемоглобин, нефрон почек, ацинус поджелудочной железы. При этом уровень детализации может быть различным: чем он выше, тем точнее будет исполнение функций системой, которую составляют СФЕ. Сами СФЕ работают по принципу максимального или нулевого действия.

Реакция [3] – действие системы на получение необходимого для ее выживания результата действия в ответ на внешнее воздействие, то есть это функция системы. Выделяют следующие реакции:

- нормальные;
- недостаточные – гипореактивность (патологическая реакция);
- чрезмерные – гиперреактивность (патологическая; нормальная, когда система компенсирует снижение функции, сопряженной с ней системы, то есть имеет место нормальная компенсаторная реакция из-за патологии сопряженных систем);
- извращенные – вместо ожидаемой реакции происходит неожиданная либо по количественному, либо по качественному признаку (падение артериального давления во время нагрузки, анафилактический шок от клубники).

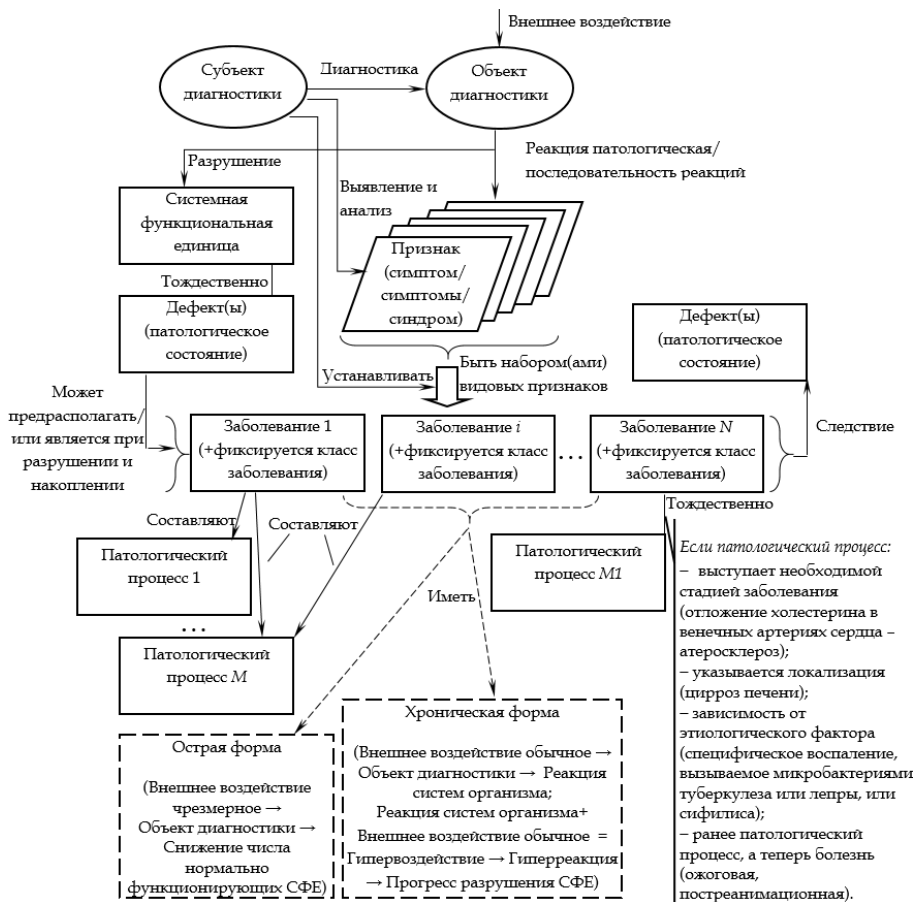


Рис. 1. Основные понятия диагностического процесса в медицине и их соотносении

Признак – это показатель предмета или его сущности. Например, заболевания или объекта диагностики, особенностей его реакции на внешнее воздействие. Любой симптом – это признак. При этом признаку может соответствовать несколько симптомов или синдром. У признака есть имя и содержание – множество областей значения и значений им соответствующих, например, «висцеральный болевой синдром» = {*боль по характеру тупая, боль по характеру ноющая, локализация нечеткая*}.

Различают симптомы неспецифические (общие) и патогномоничные (свойственные только данной нозологической форме); субъективные (выявляются при сборе анамнеза) и объективные (полученный в результате физикального, лабораторных и инструментальных обследований); предвестники болезни (продромальный период до появления клинических признаков заболевания), ранние и поздние. Симптомы могут отсутствовать, тогда течение болезни атипично.

Патология (отклонение состояния объекта диагностики от нормы) включает в себя два важных понятия – патологическое состояние (дефект) и патологический процесс (болезнь: острая и хроническая, вклю-



чающая порочный круг). Несмотря на тождественность понятий «болезнь» и «патологический процесс», также будем учитывать случаи, когда патологический процесс может развертываться в рамках различных заболеваний и когда одному заболеванию может соответствовать несколько патологических процессов.

Дефект, морфологическое изменение (патологическое состояние) — это недостаточное количество тех или иных СФЕ организма из-за их разрушения, недостаточного развития или из-за блокирования их деятельности. Дефект — всегда следствие болезни, он может предрасполагать к ней.

Заболевание — это динамический процесс разрушения СФЕ в каких-либо системах организма. Результат — появление и накопление дефектов. Если накопление дефектов прогрессирует, значит прогрессирует снижение количества СФЕ и, соответственно, уменьшение ресурсов данного организма и адекватности реакции на внешние воздействия. В итоге даже состояние покоя будет для организма чрезмерной нагрузкой — несовместимой с жизнью.

В общем заболевания делятся на острые и хронические. При *острой болезни* число нормально функционирующих СФЕ постоянно уменьшается из-за разрушающего чрезмерного внешнего воздействия.

Хроническая болезнь — это процесс разрушения СФЕ организма из-за срабатывания порочного круга. *Порочный круг* — реакция системы на собственный результат действия. К обычному внешнему воздействию добавляется воздействие на организм собственного результата реакции. В итоге на организм подается гипервоздействие и получается гиперреакция систем(ы) организма. Результат патологической гиперреакции — прогрессирующее разрушение собственных СФЕ с накоплением дефектов и прогрессирующим снижением качества жизни.

У хронических больных порочный круг запускает «принцип домино» — перегрузка смежных с дефектом СФЕ приводит уже к их разрушению и накоплению их дефектов. Если уровень внешнего воздействия (уровень нагрузок) таков, что начинают срабатывать порочные круги, то возникает динамический процесс разрушения СФЕ систем организма, рецидив хронической болезни. Если уровень внешнего воздействия ниже порога срабатывания порочных кругов, то происходит ремиссия.

Определим базовые ролевые визуальные модели и элементы категориального ядра «ресурс — свойство — действие» [6] применительно к предметной области медицинской диагностики. Элемент «отношение» [6] и его ролевые визуальные модели будут описаны на следующем этапе исследования.

Концептуально-визуальный базис функциональных гибридных интеллектуальных диагностических систем

Необходимо адаптировать категориальное ядро аксиоматической теории ролевых концептуальных моделей функциональных гибридных интеллектуальных систем [6] к предметной области медицинской диагностики (1) и расширить визуальным категориальным ядром (2).



$$KKY_d = \langle RES_d, PR_d, ACT_d, R \rangle, \quad (1)$$

где RES_d, PR_d, ACT_d – множества ресурсов, свойств и действий, раскрывающие структуру диагностики в медицине; R – множество отношений, заданных на RES_d, PR_d, ACT_d – «ресурс – ресурс», «свойство – свойство», «действие – действие», «ресурс – свойство», «свойство – ресурс», «ресурс – действие», «действие – ресурс», «действие – свойство», «свойство – действие».

$$KVY_d = \langle P^{RES_d}, P^{PR_d}, P^{ACT_d}, VR \rangle, \quad (2)$$

где $P^{RES_d}, P^{PR_d}, P^{ACT_d}$ – множества визуальных символов ресурсов, свойств и действий; VR – множество ролевых визуальных отношений на одном и более $P^{RES_d}, P^{PR_d}, P^{ACT_d}$, образные (визуально)-символьные графические высказывания.

Концептуально-визуальное ядро функциональных гибридных интеллектуальных диагностических систем (рис. 2) тогда может быть задано как

$$KKVY_d = \langle KKY_d, KVY_d, G \rangle, \quad (3)$$

где $G = \langle G^{RES}, G^{PR}, G^{ACT}, G^R \rangle$; $G^{RES} : RES_d \leftrightarrow P^{RES_d}$; $G^{PR} : PR_d \leftrightarrow P^{PR_d}$; $G^{ACT} : ACT_d \leftrightarrow P^{ACT_d}$; $G^R : R_d \leftrightarrow P^R_d$.

Введем определения элементов концептуально-визуального ядра ФГИДС (рис. 2).

Определение 1. Ресурс – понятие или форма, обозначающее или символизирующее вещь (одушевленную и неодушевленную), имеющуюся у субъекта диагностики для решения ДП. Это все то, что есть у врача для принятия решений. Для отображения состояния органов и систем человека среди ресурсов выделяют системные функциональные единицы (СФЕ) [1] разной степени детализации.

Уровень детализации определяется разработчиком совместно с экспертом. При этом не будем строго придерживаться того, что СФЕ реализует лишь одну функцию по принципу максимального или нулевого действия. Например, в качестве СФЕ поджелудочной железы (ПЖ) можно определить дольки или ацинусы и островки Лангерганса или перейти к следующему уровню детализации. Тогда СФЕ ПЖ [7] – это экзокринные панкреатоциты (ациноциты) и эпителиоциты (секреторные и протоковые клетки ацинуса соответственно), а также β -клетки (синтезируют инсулин, С-пептид, пакреастатин и пепетид YY), α -клетки (продуцируют глюкагон), D-клетки (секретируют соматостатин), PP-клетки (вырабатывают панкреатический полипептид). Также есть человеческие и технические ресурсы.

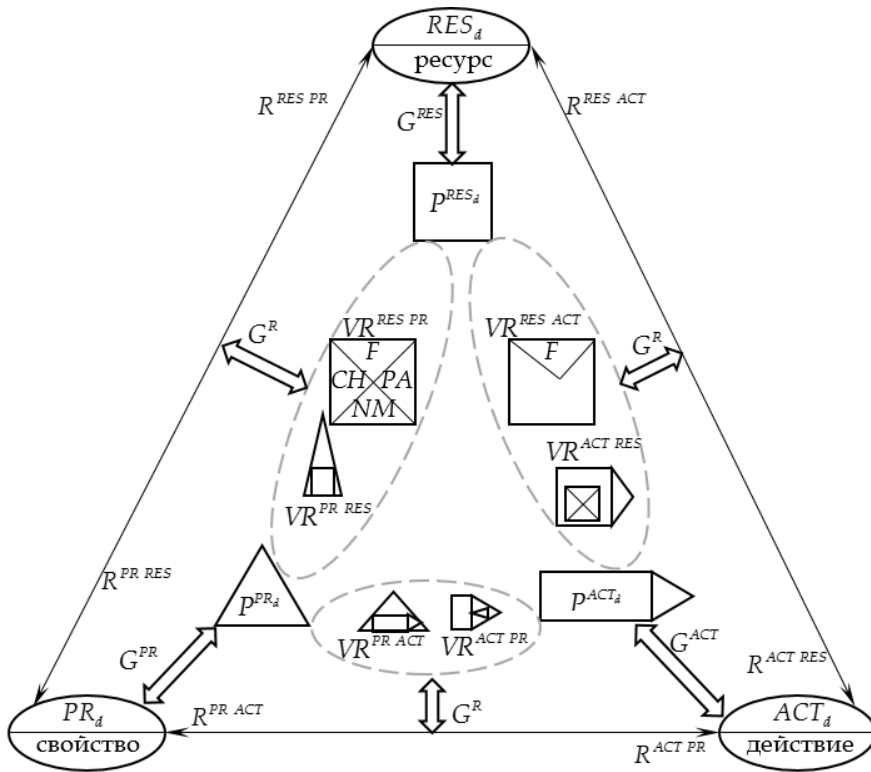


Рис. 2. Концептуально-визуальное ядро
«ресурс – свойство – действие – отношение»:

$P^{RES_d}, P^{PR_d}, P^{ACT_d}$ – множества визуальных символов ресурсов, свойств и действий;
 $R^{RES PR}, R^{PR RES}, R^{RES ACT}, R^{ACT RES}, R^{PR ACT}, R^{ACT PR}, VR^{RES PR}, VR^{PR RES},$
 $VR^{RES ACT}, VR^{ACT RES}, VR^{PR ACT}, VR^{ACT PR}$ – множества отношений «ресурс – свойство»,
 «свойство – ресурс», «ресурс – действие», «действие – ресурс», «свойство – действие»,
 «действие – свойство» и их ролевые визуальные модели соответственно; $G^{RES}, G^{PR},$
 G^{ACT}, G^R – биекция множеств ресурсов, свойств, действий и отношений на множества
 их визуальных символов соответственно; F, CH, PA, NM – множества функций,
 характеристик, параметров, имен

Определение 2. Свойство – все то, что не является границами данного ресурса. Это то, что, характеризуя ресурсы, не образует новых. Выделяют физические свойства (параметры), характеристические свойства (характеристики), именные свойства (имена) и функции (предназначение ресурса). Это, например, признаки, описывающие состояние здоровья пациента, совокупности которых могут соответствовать тому или иному заболеванию, параметры аппаратов компьютерной томографии (КТ), ультразвукового обследования.

Определение 3. Параметр – свойство, значение которого может быть измерено по некоторой шкале. Например, *скорость* клубочковой фильтрации, *температура*, *концентрация* глюкозагона в сыворотке крови.



Определение 4. Характеристика — свойство, выражающее строение, устройство, особенности. Например, *многослойная КТ, спиральная КТ, альвеолярная железа, экзокринная часть поджелудочной железы, нейроэндокринная опухоль.*

Определение 6. Функция — свойство, выражающее предназначение ресурса. Например, *орган пищеварения, перенос кислорода, секреция гормонов.*

Определение 5. Имя — свойство, идентифицирующее ресурсы, действия, задачи, методы и выделяющее их среди других с одинаковыми параметрами, функциями и характеристиками. Например, *класс КТ-аппарата, модель протеза руки.*

Определение 7. Действие — понятие или форма, обозначающее (или символизирующее) отношения на ресурсах как следствие деятельности (исполняемых функций организма как системы), реакций (в том числе патологических, в результате которых возникают дефекты — опухоли, гипотрофии, инфилтраты, нагноения и т. д.) и внешних воздействий (например, радикальная, симптоматическая, восстановительная терапия).

Ядро на рисунке 2 дает достаточно простое и прозрачное структурирование мира визуальной диагностики, утверждая, что это есть мир ресурсов, действий их свойств и девяти классов отношений (петли «ресурс — ресурс», «действие — действие», «свойство — свойство» на рисунке 2 опущены).

Заключение

Перед тем как перейти к формальным описаниям предметной области медицинской диагностики, необходимо построить неформальную (содержательную) аксиоматическую теорию ролевых визуальных моделей, интерпретировать ее и развить. Данная работа охватывает первый этап ее разработки, а именно — определение базовых ролевых визуальных моделей представления категориального ядра теории «ресурс — свойство — действие — отношение». Для моделирования предметных знаний об объекте диагностики на следующем этапе исследования необходимо: 1) расширить концептуально-визуальное категориальное ядро; 2) описать ролевые визуальные отношения для репрезентации вербально-гапτικο-визуального образа «состояние органов и систем человека».

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-07-00250А «Субъективно-ориентированное моделирование образа проблемной ситуации медицинской диагностики методами и средствами гибридных интеллектуальных систем».

Список литературы

1. Румовская С. Б., Колесников А. В., Кириков И. А. Моделирование коллективных решений виртуальным консилиумом // Искусственный интеллект и принятие решений. М., 2018. № 4. С. 20—31.
2. Малая медицинская энциклопедия : в 6 т. М., 1991. Т. 2 : Грудь — Куммеля болезнь.



3. *Гайдес М. А.* Общая теория систем (системы и системный анализ). М., 2005.
4. *Назаренко Г. И., Осипов Г. С.* Основы теории медицинских технологических процессов. М., 2005. Ч. 1.
5. *Малая медицинская энциклопедия* : в 6 т. М., 1991. Т. 4 : Нефротомия – Почечная недостаточность.
6. *Колесников А. В.* Гибридные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки. СПб., 2001.
7. *Маев И. В., Кучерявый Ю. А.* Болезни поджелудочной железы: практическое руководство. М., 2009.

Об авторах

98

София Борисовна Румовская – канд. техн. наук, науч. сотр., Калининградский филиал Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН; ст. преп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: sophiyabr@gmail.com

Андрей Антонович Литвин – заместитель главного врача по медицинской части Областной клинической больницы Калининградской области; д-р мед. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: aalitvin@gmail.com

The authors

Dr Sophiya B. Rumovskaya, Research Fellow, Kaliningrad Branch of the FRC «Computer Science and Control» of the RAS; Assistant Professor, I. Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: sophiyabr@gmail.com

Prof. Andrei A. Litvin, Chief Medical Officer, Kaliningrad Regional Clinical Hospital; I. Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: aalitvin@gmail.com