



УДК 004.8

С. Б. Румовская, В. В. Николаев, А. Е. Колодин, В. Ф. Мацула

ГЕТЕРОГЕННЫЕ МОДЕЛИ ПРОБЛЕМНОЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СРЕД ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ СЛОЖНОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

74

Представлены результаты исследования двухуровневого отображения сложной задачи диагностики (на макро- и микроуровнях), а также результаты разработки стратифицированной модели консилиумов, соответствующей новой картине мира применительно к медицинской диагностике и медицинской информатике и отображающей разнородную (гетерогенную), скоординированную клиническую деятельность коллективного труда экспертов в малых группах за «круглым столом».

We represents the results of research in the area of two-level representation of complex diagnostic problem (at macro- and microlevel). We also represents the results of development of stratifiable model of concilium, which corresponds the new scientific worldview in respect to medical diagnostic and health informatics. This model displays heterogeneous cooperative clinical collective work of experts in small groups "at the round table".

Ключевые слова: гетерогенная проблемная среда, стратифицированная модель, гетерогенная диагностика, консилиум.

Key words: heterogeneous problem environment, stratifiable model, heterogeneous diagnostic, concilium.

Введение

Решение задач системами управления шло в условиях смены научной картины мира [1]. Наука (математика, исследование операций, теория управления, теория принятия решений, искусственный интеллект, системный анализ, лингвистика), исследуя методы решения в мире искусственно упрощенных, игровых ситуаций выработала широкий спектр терминов и мнений от «простой задачи» до «сложной задачи», «проблемы». В целях упорядочения терминологии в [2] введена качественная шкала и мера сложности моделирования задач. Тем не менее в [3] высказывалось мнение, что, несмотря на одинаковое содержание терминов «проблема» и «задача», между ними есть ситуативная разница. Первый применяется в ситуациях когда «у нас есть проблема», а второй – опосредованно в ситуациях, когда «необходимо решить задачу». Измерения по шкале сложности задач («простая» – «сложная») относили проблему ближе к правой границе и переводили в сферу коллективного интеллекта. Такое же мнение высказал и В. Ф. Спиридонов [4], исследуя психологию решения задач и проблем.

Проблема, по В. Ф. Спиридонову (англ. *complex problem, ill-structured problem*), – это затруднительные условия без явно сформулированной цели или четкая цель, не связанная со сложившимися неблагоприят-

ными условиями. Свойства: отсутствие и необходимость поиска исходной формулировки, комплексное строение, «навязчивый» и сетевой характер, непрозрачность, собственная динамика, «человеческое» измерение, межпредметное содержание.

Сложная задача в искусственном интеллекте (англ. *complex problem*) [5] – взаимодействие в форме гетерогенной системы с неопределенностью. Свойства: субъективность, системность, неоднородность, динамичность, неопределенность ситуации решения, полиязыковый характер, внутренняя несогласованность.

Таким образом, формула идентичности терминов: «проблема» \cong «сложная задача».

В данной работе рассмотрено двухуровневое представление сложной задачи диагностики, введены понятия предметной области и проблемной среды, а также построена стратифицированная модель инструментальной диагностической среды системы поддержки принятия решения (СППР), отображающей гетерогенную диагностику пациента медицинским консилиумом.

1. Предметная и проблемная области сложных задач диагностики

Модель сложной задачи диагностики имеет двухуровневое представление (рис.): на макроуровне – задача как целое и ее свойства (p_D); на микроуровне – система из подзадач p^h (светлые окружности) и координирующей задачи p^k (темная окружность).

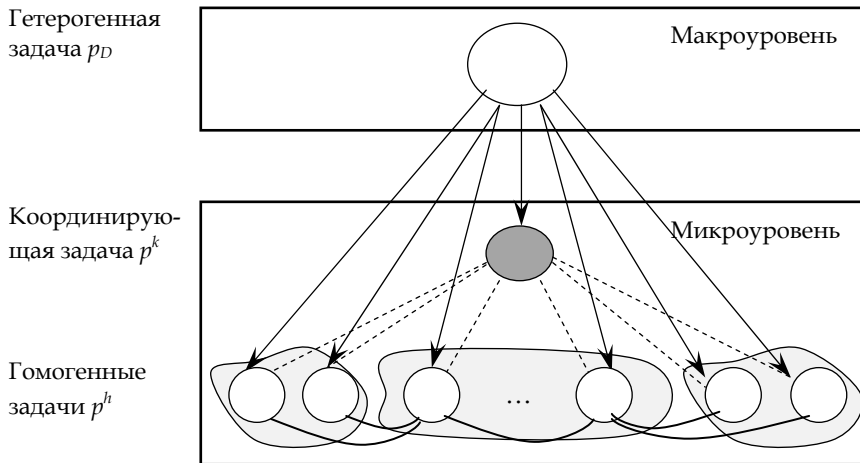


Рис. 1. Двухуровневое представление сложной задачи диагностики:
 → отношения включения; - - - отношения координации; — отношения декомпозиции

Зададим множество языков профессиональной деятельности $L = \{L_1, \dots, L_{N_L}\}$ и отношение $\Psi_1 \subseteq L \times \hat{S} \mid \Psi_1 \neq \emptyset$, где множество страт



$\widehat{S} = \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$ для модели mod_2 [6] очных консультаций. В модели mod_1 [6] заочных консультаций используется $\{S_1, S_2, S_3\} \subset \widehat{S}$. Параметрическая (S_3), ситуационная (S_1) или потоковая (S_2) страты тесно связаны с методами моделирования соответственно: эвристические нейровычисления, нечеткие вычисления и эволюционные; логические рассуждения, рассуждения на основе опыта и адаптивные эволюционные вычисления; и статистические вычисления. Четвертая страта – принятия решения лицом, принимающим решение (ЛПР).

В настоящей работе применена mod_2 -стратификация. Одной страте может соответствовать более одного языка профессиональной деятельности, а также одному языку профессиональной деятельности может соответствовать более одной страты.

Тогда *гетерогенной предметной областью* назовем

$$E^L = \langle \widehat{S}, L, \Psi_1 \rangle. \quad (1)$$

Пусть в E^L есть гетерогенная задача p_D с декомпозицией $P^h = \{p_1^h, \dots, p_{N_h}^h\}$. Допустим, что p_D может возникнуть только на $S_j | j = 2, 3$ и S_4 для mod_1 - и mod_2 -стратификаций соответственно. Зададим $\Psi_2 \subseteq p \times \widehat{S}$, $\Psi_3 \subseteq P^h \times \widehat{S}$ – соответствия, определяющие стратификацию сложной задачи. Причем на каждую страту $S_j | j = 1, \dots, 3$ может попасть более одной диагностической подзадачи. Тогда при $S_4 = \Psi_2(p) \exists S_1 = \Psi_3(P_1^h) \exists S_2 = \Psi_3(P_2^h) \exists S_3 = \Psi_3(P_3^h)$ для модели mod_2 очных консультаций, а для модели mod_1 заочных консультаций – при $S_3 = \Psi_2(p) \exists S_1 = \Psi_3(P_1^h) \exists S_2 = \Psi_3(P_2^h)$, а при $S_2 = \Psi_2(p) \exists S_1 = \Psi_3(P_1^h)$.

Тогда *гетерогенной проблемной средой* назовем

$$E^u = \langle E^L, p, P^h, \Psi_2, \Psi_3 \rangle. \quad (2)$$

Сформулируем свойства E^u :

1) в силу свойств E^L – это редуцированное, многоуровневое представление сложной задачи диагностики, на стратах которого есть свои ЯПД и задачи;

2) задача на страте S_4 по определению гетерогенная, а задачи на стратах $S_j | j = 1, \dots, 3$ – гомогенные (однородные);

3) по определению методы решения диагностических подзадач из P^h известны и на стратах $S_j | j = 1, \dots, 3$ могут строиться модели их решения;

4) по определению метод решения сложной задачи диагностики на страте S_4 неизвестен, и нет априори заданных моделей;

5) в силу свойств \widehat{S} между стратами существуют двунаправленные потоки информации, координирующие решение однородных задач в составе гетерогенной.



2. Стратифицированная модель гетерогенной диагностики пациента консилиумом

Степень исследования, понимания и качества диагностики проблемных сред и их окружения отражена в научной картине мира, которая онтологизирует представления человека и делает рассуждения и целенаправленную деятельность «зависимыми» от них. В ИИИ понятию «картина мира» соответствует понятие «модель внешнего мира» Д. А. Поспелова и М. Г. Гаазе-Раппопорта [7].

Новая картина мира складывается из многочисленных теорий и взглядов:

- 1) «ноосфера», «разумный мир» (В. И. Вернадский, Н. Н. Моисеев, А. В. Поздняков);
- 2) «мир диалектики» — мир диалога разных логик (Е. Л. Доценко);
- 3) социальная парадигма искусственного интеллекта (“The society of mind”) М. Минского;
- 4) системно-организационный подход в ИИИ В. Б. Тарасова;
- 5) теория иерархических многоуровневых систем М. Месаровича, Д. Мако и И. Такахару;
- 6) мир НЕ-факторов А. С. Нариньяни;
- 7) гибридный интеллект в психологии и эргономике В. Ф. Венды;
- 8) «Спектроглобус» В. П. Грибашева, — и укладывается в семь постулатов [2]:
 - а) квантово-волновой характер мира, признание гетерогенности мира и любого объекта, разнообразия жизни;
 - б) неопределенность границ объектов и связь «всего со всем»;
 - в) относительность любой иерархии, которая должна сочетаться с горизонтальными связями;
 - г) дополнительность и сотрудничество;
 - д) полицентризм;
 - е) относительность знания, введение координат наблюдателя для снижения относительности и неопределенности;
 - ж) соответствие управления сложности объекта.

В первом постулате отражено неотъемлемое свойство внешнего мира и процесса диагностики различных объектов — гетерогенность. Опыт науки в целом и медицины, в частности, показывает, что если удавалось понять, сделать контрастными новые знания и использовать на практике это свойство естественных систем и (или) создавать искусственные гетерогенные интеллектуальные системы с полезными для человека свойствами, возникал прорыв, качественный скачок в технике, медицине, информатике и т. д. Именно в таких системах отображаются дополнительность, сотрудничество и относительность знаний.

Следствие закона необходимого разнообразия У.Р. Эшби [8] констатирует, что управление обеспечивается, если разнообразие средств управляющего не меньше разнообразия управляемой им ситуации. Это достигается организацией и самоорганизацией. Для отображения в



информатике ситуативного разнообразия в естественных гетерогенных системах в [6] введены модели (см. рис.) «гетерогенная, неоднородная задача» и «гомогенная, однородная задача», а сам закон трактуется так: только разнообразная, скоординированная клиническая деятельность, элементы которой в комбинации решают одну задачу, сделает результат диагностики качественно лучше в обществе с новой научной картиной мира. Специфике такой работы соответствует коллективный труд экспертов в малых группах за круглым столом — консилиумы, совещания, естественные гетерогенные системы для решения сложных задач. Здесь на первый план выходят знания и опыт ЛПР и экспертов.

Стратификация, по Месаровичу и Такахаре [9], постулирует, что анализ сложной задачи целесообразно проводить с различных точек зрения, с разных позиций наблюдателей, экспертов — врачей смежных специальностей, профессионально лучше, чем ЛПР, знающих отдельные аспекты, области однородных параметров гетерогенной задачи, обладающих специальными знаниями и опытом, а также данными о ситуации для выработки и принятия решения. В итоге создается не одна, а несколько относительно простых моделей, реализовать и исследовать которые в целях решения задачи значительно проще. При этом качество решений зависит от количества таких выделенных аспектов-страт. Чем больше моделей, т. е. чем выше функциональная избыточность, тем лучше качество вырабатываемых СППР решений.

Настоящая работа следует выдвинутой в [2] гипотезе:

1) никто и ничто в настоящее время не решает сложные диагностические задачи, удовлетворяющие модели «гетерогенная задача», лучше, чем коллективы экспертов — СППР;

2) если в компьютер ввести имитационную модель коллективного решения, то результаты автоматизированного решения сложной задачи, т. е. консультации для индивидуального использования, по качеству будут не хуже, чем в реальном коллективе, и лучше, чем индивидуальные.

Относительность знания ассоциируется с субъективностью познания и присуща консилиумам.

Анализ результатов влияния новой картины мира на врачебную практику и медицинскую информатику [10] показал, что, несмотря на стремление биомедицины к гетерогенности восприятия организма человека и процесса его диагностики в рамках семипостулатной картины мира, человек остается «расчлененным» объектом познания, поскольку с исследованием внутриклеточных процессов сформировались узкие специалисты, поглощенные решением только частных задач. Новый тип ученого «прагматика-фактолога» перестал задумываться над тем, что делается «вокруг» и какое значение могут иметь добытые им факты для понимания работы всего организма. В этой связи очевидна необходимость перехода от методов «конкурентной» диагностики к методам гетерогенной диагностики.

Для этого построим стратифицированную (многоуровневую) модель консилиума специалистов в соответствии с моделью очных консультаций в СППР «за круглым столом» А. В. Колесникова [6], отобра-



жающую в искусственной гетерогенной системе относительность знаний: решение неоднородной задачи должно основываться на ее многостороннем анализе относительно множеств узкопрофессиональных точек зрения [10].

Пусть задана гетерогенная система принятия решений:

$$\begin{aligned} PR_1^X &\rightarrow PR_1^Y, \\ S: PR_2^X &\rightarrow PR_2^Y, \\ PR_3^X &\rightarrow PR_3^Y, \end{aligned}$$

где PR_j^X, PR_j^Y – множества свойств «вход» и «выход» соответственно.

Каждая пара $(PR_j^X, PR_j^Y) | j=1, 3$ приписывается страте $S_j | j=1, 2, 3$:: параметрической (S_3), ситуационной (S_1) или потоковой (S_2). Тогда можно ввести модель стратификации системы принятия решений $S = \langle S_1, S_2, S_3, S_4 \rangle$ [6], причем

$$\{S_j : PR_j^X \times ACT_4 \rightarrow PR_j^Y\}, \{S_4 : PR_4^X \times ACT_j^L \rightarrow PR_4^Y\} | j=1, 2, 3, \quad (3)$$

где ACT_j^L – множество действий «воздействия первых трех страт на четвертую»: поступление значений показателей состояния объекта диагностики от экспертов смежных специальностей; ACT_4 – множество действий «воздействие ЛПП на экспертов смежных специальностей». Принятие решения в системе S идет за «круглым столом», когда ЛПП формирует СППР для решения p_D на четвертом уровне.

В модель стратификации [6] введем ACT_4^4 – множество действий «воздействие ЛПП на самого себя»; $ACT_1^3, ACT_3^1, ACT_1^2, ACT_2^1, ACT_2^3, ACT_3^2$ – множество действий «воздействия экспертов соответствующих страт друг на друга». Тогда модель (3) трансформируется в

$$\{S_j : PR_j^X \times ACT_4 \times \{ACT_{j_1}^{1/2}\} \rightarrow PR_j^Y\}, \{S_4 : PR_4^X \times \{ACT_j^L\} \times ACT_4^4 \rightarrow PR_4^Y\}, \quad (4)$$

где $j_1 \neq j_2$ и $j, j_1, j_2 = 1, 2, 3$, а $PR_j^Y \subset PR_4^X$ (множества свойств «выход» первых трех страт – это подмножества свойства «вход» 4-й страты).

Модель естественной гетерогенной системы «неоднородная предметная область» E^L в соответствии с (1) запишем как

$$E^L = \langle \{S_1, S_2, S_3, S_4\}, L, \Psi_1 \rangle,$$

где L – профессиональный язык экспертов, $\Psi_1 \subseteq L \times \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$.

В соответствии с (2) запишем редуцированное неоднородное представление системы S – неоднородная проблемная среда как

$$E^U = \langle E^L, p_D, P^h, \Psi_2, \Psi_3 \rangle, \quad (5)$$

где $P^h = \{p_i^h | i = \overline{1, N_h}\}$ – множество подзадач из декомпозиции p_D размерности N_h ; $\Psi_2 \subseteq p_D \times \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$, $\Psi_3 \subseteq P^h \times \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$ – соответствия, определяющие стратификацию сложной задачи диагностики.



При этом для сложной задачи диагностики на четвертой страте нет априори заданной модели и метода решения, в то время как для подзадач на экспертных стратах известны методы и модели.

По аналогии с (5) для неоднородной проблемной среды свойства однородной проблемной среды запишем следующим образом:

$$E^h = \left\langle \left\langle S_k, L, \Psi_1 \right\rangle^{E^{lh}}, P_z^h, P^h \right\rangle,$$

где S_k — параметрическая, потоковая или ситуационная страта; $\Psi_1 \subseteq L \times S_k \mid k = 1, 2, 3$; L — профессиональный язык экспертов; z — элемент множества кодов подзадач из декомпозиции сложной задачи диагностики, E^{lh} — однородная предметная область.

В модели (4) знания ЛПП и экспертов извлекаются как автоматизировано или посредством взаимодействия инженера по знаниям с экспертом, так и из эмпирических и теоретических баз данных.

Заключение

Один из главных вызовов для лица, принимающего решения в сложных медицинских диагностических ситуациях, — способность качественно осмысливать огромный объем разнородной информации на сокращающихся временных интервалах приема пациентов, синтезируя из нередко противоречивой мозаичной картинки диагностической ситуации целостное представление об объекте диагностики. Однако лица, принимающие решения, все более склонны оперировать эмоциональными понятиями, а не логическими связями. Рассуждая над симптомами и диагнозом врачи-практики переключаются с критического осмысления фактов и явлений на сопереживательно-эмоциональное (интуитивное, первобытное) мышление, сталкивающее устаревшие научные картины мира.

Избавиться от эмоционального мышления призвано системное мышление (двухуровневое представление), которое может разложить сложную диагностическую задачу — разнородную информацию, на взаимосвязанные элементы — подзадачи, однородные области, моделировать частные, относительные мнения, профессиональные точки зрения относительно фактов и явлений в узких предметных областях, и организовать сотрудничество дополняющих друг друга разнородных знаний в «ментальных» (когнитивных) моделях видения поведения объектов диагностики.

Диагностический процесс в сложных ситуациях медицинской диагностики носит коллективный характер. Именно коллективы специалистов как естественный коллективный интеллект в настоящее время способны оценивать ситуации и вырабатывать релевантные диагностические решения. В медицинской практике коллективный интеллект принято называть консилиумом. Стратифицированная модель консилиума специалистов отображает в искусственной гетерогенной системе относительность знаний, что позволяет преодолеть в медицинской ди-



агностике положение, когда организм человека-пациента воспринимается врачом-практиком как редуцированный и релевантный его профессиональной специализации объект.

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

Список литературы

1. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. М., 1986.
2. Колесников А. В., Кириков И. А., Листопад С. В. и др. Решение сложных задач коммивояжера методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. М., 2011.
3. Самсонова М. В., Ефимов В. В. Технология и методы коллективного решения проблем. Ульяновск, 2003.
4. Спиридонов В. Ф. Психология мышления: Решение задач и проблем : учеб. пособие. М., 2006.
5. Колесников А. В., Кириков И. А. Концептуальная модель двунаправленной гибридизации при разработке компьютерных систем поддержки принятия решений // Системы и средства информатики / Дополнительный выпуск. М., 2008. С. 21 – 53.
6. Колесников А. В., Кириков И. А. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. М., 2007.
7. Гаазе-Раппопорт М. Г., Поспелов Д. А. От амебы до робота: модели поведения. М., 1987.
8. Ashby W. R. Principles of the Self-Organizing Dynamic System // J. of General Psychology. 1947. № 37. P. 125 – 128.
9. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М., 1973.
10. 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.

Об авторах

София Борисовна Румовская – ассист., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, КФ ФИЦ ИУ РАН, Калининград.

E-mail: sophiyabr@gmail.com

Виталий Викторович Николаев – канд. техн. наук, доц., Калининградский государственный технический университет, Калининград.

E-mail: Vitaly.Nikolaev@gmail.com

Александр Евгеньевич Колодин – асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: Alex_kolodin@mail.ru

Владимир Федорович Мацула – канд. тех. наук, доц., Калининградский государственный технический университет.

E-mail: matsoula@mail.ru



About authors

Sophiya Rumovskaya – Assistant, I. Kant Baltic Federal University; Kaliningrad Branch of the Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences, Kaliningrad.

E-mail: sophiyabr@gmail.com

Dr Vitaly Nikolaev – Ass. Prof., Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad.

E-mail: Vitaly.Nikolaev@gmail.com

Aleksandr Kolodin – PhD student, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: Alex_kolodin@mail.ru

Dr Vladimir Matsoula – Ass. Prof., Kaliningrad State Technical University.

E-mail: matsoula@mail.ru

82

УДК 378.146

И. В. Лищук

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Исследуется проблема построения образовательного процесса в информационном обществе. Современное образование требует непрерывного повышения качества учебного процесса, одной из основ которого является педагогический контроль знаний. Анализируется задача использования информационных технологий в системе контроля знаний. Рассмотрен опыт использования тестовой системы контроля знаний, типы вопросов, требования к тестовой системе.

The article dwells upon a problem of building the educational process in the informational society. A modern education requires continuous quality improvement of the educational process, one of the bases of which is pedagogical knowledge control. The article is devoted to the problem of the use of information technologies in the system of knowledge control. The article covers the issues of user experience of the test system of knowledge control, variants of question types, tasks, requirements to the test system.

Ключевые слова: информационные технологии, контроль знаний, тестирование, тестовое задание, образовательный процесс.

Keywords: information technology, knowledge control, testing, test item, educational process.