

УДК 519+61:681.3

ФОРМАЛЬНЫЕ СХЕМЫ СЦЕНАРИЕВ ДИАГНОСТИКИ ПРОБЛЕМНЫХ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Ю.А. Прокопчук, А.С. Белецкий

Украинский государственный химико-технологический университет, ИТМ НАНУ и НКАУ
e-mail: itm2008@ukr.net

Введение. Для успешного функционирования интеллектуальных агентов, решающих задачи диагностики в конкретной предметной области, необходима разработка максимально полного набора сценариев диагностики. Формальные схемы сценариев должны быть помещены в Многоцелевой Банк Знаний, с которым взаимодействуют интеллектуальные приложения (агенты) [1-4].

Существуют развитые сценарии диагностики на основе решающих деревьев, нейронных сетей, нечеткого вывода и т.д. Зачастую, вместо того чтобы решать каждую задачу, исходя из первичных принципов, агент анализирует ситуацию в целом и «вспоминает», какие решения принимались ранее в подобных ситуациях. Затем он либо непосредственно использует эти решения, либо, при необходимости, адаптирует их к обстоятельствам, изменившимся для конкретной проблемы. Моделирование такого подхода к решению проблем, основанного на опыте прошлых ситуаций, привело к появлению технологии вывода, основанного на прецедентах (Case-Based Reasoning, или CBR), и, в дальнейшем - к созданию программных продуктов, реализующих эту технологию.

Наиболее универсальным методом диагностики является проведение консилиума интеллектуальными агентами, в качестве которых могут выступать как эксперты, так и компьютерные системы. Различные сценарии консилиумов описаны в работах [3-4]. Любой агент может использовать собственный сценарий диагностики [1].

Ниже представлен сценарий диагностики, который наиболее типичен для медицины [5, 6]. Однако представляется, что его обобщение с успехом может использоваться и в других предметных областях. Подчеркнем, что речь идет о сценариях диагностики, которыми могут пользоваться интеллектуальные программные системы.

Сценарий диагностики. Представленный в таблице 1 набор задач принятия решений (логических операций), осуществляемых в процессе диагностики состояния сложной системы, включает в себя восемь задач (этапов), объединенных четырьмя уровнями. На практике, в зависимости от конкретной ситуации, определяющее значение приобретает тот или иной этап диагностических рассуждений.

Таблица 1 – Этапы диагностики

Этапы диагностики	Название этапа	Уровни диагностики
I этап (ЗПР 1)	Установление наличия проблемной ситуации	Симптомологический
II этап (ЗПР 2)	Определение локализации проблемы	
III этап (ЗПР 3)	Формирование синдромов	Синдромологический
IV этап (ЗПР 4)	Выделение ведущего синдрома	
V этап (ЗПР 5)	Определение характера патологического процесса	
VI этап (ЗПР 6)	Формирование дифференциального ряда проблем	Проблемный
VII этап (ЗПР 7)	Выделение одной проблемы	
VIII этап (ЗПР 8)	Установление развернутого заключения о состоянии сложной системы	Заключительный

Задачей первого этапа диагностического процесса (ЗПР 1) является оценка состояния системы в целом на основании анализа наиболее общих неспецифических признаков и заключение о наличии или отсутствии проблемной ситуации (ПС). Поскольку решение ЗПР на данном этапе осуществляется на основе выявления наиболее общих и неспецифических проявлений ПС, имеется возможность лишь весьма предварительно сформулировать предположение о причинах ПС, которое нуждается в доказательстве другими методами.

Задачей второго этапа (ЗПР 2) является выделение подсистемы сложной системы, которая максимально поражена патологическим процессом. Этим решается вопрос о «месте проблемы». Непосредственная задача состоит в обнаружении и анализе симптомов, указывающих на возможную локализацию процесса. Однако в ряде случаев, несмотря на тщательно проведенный анализ, так и не удастся определить локализацию проблемы. Причиной такого положения может быть то, что проблема еще не проявилась на уровне того или иного элемента системы, либо диагностируемая проблема вообще не имеет преимущественно локализованного поражения.

Методологическая общность I и II этапов диагностического процесса состоит в анализе симптоматики проблем (внешних проявлений проблем). Это позволяет условно рассматривать начальные этапы диагностики в рамках единого симптомологического уровня диагностики [5-6].

Выход диагностического суждения о характере поражения того или иного элемента на уровень достоверности осуществляется на основе выявления специфических (патогномоничных) признаков проблемы. В медицине таковыми являются результаты прижизненных патоморфологических исследований органов и тканей. В технике таковыми являются результаты исследований деталей конструкции. Ввиду исключительной редкости специфических признаков, позволяющих сразу же предположить причину ПС, промежуточные этапы диагностического процесса оказываются необходимыми.

Получаемая на симптомологическом уровне диагностическая информация предоставляет возможность формирования «абстрактных целостных образов» - синдромов, характеризующих определенные стороны сущности проблемы [5-6].

Задачей третьего этапа (ЗПР 3) диагностического процесса является формирование синдромов. Свойством синдрома как целостного образа является неделимость. Свойство неделимости определяется связями между входящими в его состав симптомов и признаков. Специфика этих связей определяется патогенезом проблемы. В отличие от синдрома *симптомокомплекс* представляет собой всего лишь набор отдельных симптомов и признаков, не обладающий неделимой целостностью. Полный список синдромов содержится в Многоцелевом Банке Знаний [2].

Задачей четвертого этапа (ЗПР 4) является выделение ведущего синдрома. Ведущий синдром – это один или, реже, два синдрома, проявления которых наиболее выражены и преобладают в картине развития патологического процесса. Основной смысл выделения ведущего синдрома заключается в том, что этим достигается исключение из первоочередного рассмотрения значительного количества проблем, проявления которых не могут быть выражены данным синдромом.

Выделение ведущего синдрома позволяет выбрать конкретный *алгоритм дифференциальной диагностики* (АДД) из множества алгоритмов [1, 6]. В этом видится главная задача этапа. Если выделено несколько ведущих синдромов (как правило, не больше двух), то необходимо пройти АДД для каждого синдрома и сравнить результаты. Все АДД для каждого синдрома содержатся в Многоцелевом Банке Знаний.

Задачей пятого этапа (ЗПР 5) является установление общепатологического процесса, характеризующего синдромы, в том числе и ведущий. Возможность выделения

того или иного общепатологического процесса определяется тем, что большинство проблем условно можно разделить на сравнительно небольшое число групп, в каждую из которых входят проблемы, имеющие сходную сущность. Определение характера общепатологического процесса важно, прежде всего, потому, что он определяет одну из важнейших сущностей проблемы, а именно ее патогенез. В результате удается исключить из первоочередного рассмотрения как менее вероятные те группы проблем, которые, хотя и выражаются ведущим синдромом, однако не обусловлены общепатологическим процессом [5]. Любой формальный АДД содержит множество заключений – проблем, где каждая проблема имеет метку типа общепатологического процесса. Таким образом, выбрав АДД по ведущему синдрому можно из полного списка заключений отобрать только те проблемы, которые отвечают установленному типу общепатологического процесса. Если имеется несколько ведущих синдромов, то объединяются множества заключений, полученных для каждого синдрома.

Задачей шестого этапа (ЗПР 6) является формирование дифференциально-диагностического ряда проблем, обладающих патогенетической общностью в рамках единого ведущего синдрома. Классификатор проблем (например, нозологических единиц) содержится в Многоцелевом Банке Знаний.

Задачей седьмого этапа (ЗПР 7) является выделение одной проблемы из дифференциально-диагностического ряда, сформированного на предыдущем этапе. Выделение проблемы осуществляется методом дифференциальной диагностики. Инструментом проведения такой диагностики являются, в частности, АДД. Выполнение алгоритма чаще всего предполагает проведение лабораторно – инструментальных исследований, обладающих условно-специфической диагностической информативностью. Подобные алгоритмы являются неотъемлемой частью Многоцелевого Банка Знаний [2,4].

В результате выполнения этапа дифференциальной диагностики выделяется та проблема, степень вероятности которой оказывается наибольшей исходя из выявляемых условно-специфических признаков. В случае обнаружения специфических признаков, суждения о вероятности той или иной проблемы достигают достоверного уровня.

На восьмом этапе (ЗПР 8) формируется развернутое заключение о состоянии сложной системы. В медицине это может быть клинический диагноз. Этот этап можно назвать также этапом обоснования диагноза на основе частных алгоритмов.

Преобразование абстрактной формулировки проблемы в развернутое заключение реализуется, прежде всего, путем формирования этио-патогенетического представления. Это достигается выявлением причинно – следственных связей возникновения и развития проблемы на основе осмысления совокупности всех симптомов и признаков. При этом оценивается не только степень выраженности патологических проявлений, но и выраженность компенсаторно-адаптационных процессов в системе [5-6].

Процесс формирования развернутого заключения продолжается в ходе всего динамического наблюдения за состоянием системы вплоть до ее гибели или разрешения проблемы. Началом этого процесса является формулирование *предварительного заключения*. Оно выставляется сразу же после проведения объективного обследования системы. В последующем предварительное заключение может уточняться. Динамическое наблюдение за состоянием системы позволяет своевременно распознать осложнения основной проблемы.

При определении этиологических факторов, прежде всего, решается вопрос, является ли проблема самостоятельной (первичной) или является следствием других проблем (вторичной). В первом случае необходимо выделить конкретные этиологические факторы. Во втором же случае, определив основную проблему необходимо стремиться установить патогенетическую связь между основной и обсуждаемой проблемой. Кроме того, устанавливаются и другие факторы, которые могли бы способствовать

возникновению и прогрессированию проблемы, так называемые факторы риска. Все это способствует правильному установлению развернутого заключения, позволяет более обоснованно проводить этио-патогенетическое воздействие, правильно избрать методы, темп и объем реабилитационных мероприятий [5,6].

Построим формальную модель диагностического процесса, который объединял бы в себе синдромный и алгоритмический принцип диагностики, а также механизм обоснования диагноза (частная диагностика). Все компоненты модели должны принадлежать Банку знаний (БкЗ). Сценарий диагностики (логическая схема) также помещается в БкЗ.

Введем следующие обозначения: s – симптом (факт), SM – все симптомы из БкЗ; $Ps(s)$ – предикат, отражающий факт наличия или отсутствия симптома s у изучаемой системы ($\forall s Ps(s) = f \vee t$); Sp – все симптомы (факты), обнаруженные у системы; Si – синдром, SN – все синдромы из БкЗ; $P(Si, Sp)$ – предикат, отражающий факт наличия или отсутствия синдрома Si ($\forall Si P(Si, Sp) = f \vee t$); $\{DS\}$ – заключения из БкЗ, КД – дифференциальный комплекс заключений; $\{АДД(Si) \mid Si \in SN\}$ – древовидные алгоритмы дифференциальной диагностики из БкЗ (с алгоритмом работает интеллектуальный агент, например, врач), на выходе алгоритма формируется $\{DS\}$; $\{ЧД(DS) \mid DS \in БкЗ\}$ – предикаты, отражающие результаты работы частных диагностических алгоритмов из БкЗ ($\forall DS ЧД(DS) = f \vee t$).

Формальная модель сценария диагностики.

Шаг 1. Выявляем наличие у системы симптомов s из SM :

$Sp := \emptyset$; **for** всех $s \in SM$ **do if** $Ps(s) = t$ **then** $Sp := Sp \cup s$;

Шаг 2. Выявляем наличие у системы синдромов Si из SN (на основе Sp):

$S := \emptyset$; **for** всех $Si \in SN$ **do if** $P(Si, Sp) = t$ **then** $S := S \cup Si$;

Шаг 3. Для каждого Si из S запускаем алгоритм диагностики АДД(Si), а результат - $\{DS\}$ добавляем к КД:

$KD := \emptyset$; **for** всех $Si \in S$ **do begin** $\{DS\} = АДД(Si)$; $KD := KD \cup \{DS\}$ **end**;

Шаг 4. Для каждого DS из КД проводим частную диагностику, которая либо подтверждает, либо отвергает DS :

for всех $DS \in KD$ **do if** $ЧД(DS) = f$ **then** $KD := KD \setminus DS$;

Шаг 5. Выход - КД

return (КД).

Литература

1. Прокопчук Ю.А. Интеллектуальные медицинские системы: формально-логический уровень. – Дн-ск: ИТМ НАНУ, 2007.- 259 с.
2. Прокопчук Ю.А. Концепция многоцелевого банка знаний в области клинической медицины // Укр.ж. телемед. мед. телемат. – 2007. – Т.5, №3. – С. 262-264.
3. Прокопчук Ю.А. Проведение врачебных консилиумов с участием интеллектуальных систем // Вестник ХНТУ, 2007. - №4(27). – С. 198 – 202.
4. Прокопчук Ю.А. Консилиум интеллектуальных систем // Искусственный интеллект. – 2007. – №4.– С. 491 – 496.
5. Смирнов В.А., Анисов А.М., Арутюнов Г.П. Логика и клиническая диагностика. Теоретические основы: Учебник для медицинских вузов.– М.: Наука, 1994. – 297 с.
6. Наумов Л.Б. Болезни сердечно-сосудистой системы. Алгоритмы дифференциальной диагностики, лечения, врачебно-трудовой экспертизы. Программированное руководство / Л.Б Наумов, Ю.Г Гаевский, А.М. Бессонов, В.В. Меркушев. – Ташкент: Медицина, 1985. – 422 с.