



Построение модели диагностического процесса

В.В. Краснов

Национальная медицинская академия последипломного образования имени П.Л.Шупика, Киев, Украина

РЕЗЮМЕ, ABSTRACT

Представлена формализация диагностической деятельности врача. Предложена модель диагностического процесса в виде конечного автомата. Определен набор структурных и процедурных компонентов модели. В модели предложены ограничения в виде параметра времени (Укр.журнал телемедицины и мед.телематики.-2010.-Т.8,№2.-С.153-157).

Ключевые слова: моделирование диагностического процесса, конечные автоматы, формализация

V.V. Krasnov

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ДІАГНОСТИЧНОГО ПРОЦЕСУ

Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л.Шупика, Київ, Україна

Представлено формалізацію діагностичної діяльності лікаря. Запропоновано модель діагностичного процесу у вигляді кінцевого автомата. Визначено набір структурних і процедурних компонентів моделі. У моделі запропоновані обмеження у вигляді параметра часу (Укр.журнал телемедицины та мед.телематики.-2010.-Т.8,№2.-С.153-157).

Ключові слова: моделювання діагностичного процесу, кінцеві автомати, формалізація

V.V. Krasnov

CONSTRUCTION OF DIAGNOSTIC PROCESS MODEL

National Medical Academy of Postgraduate Training named after P.L.Shupik, Kiev, Ukraine

Formalization of the doctor diagnostic activity is presented. The model of diagnostic process in the form of the final automatic machine is offered. The set of structural and procedural components of model is defined. In model restrictions in the form of time parametre are offered (Ukr.z.telemed.med.teleamat.-2010.-Vol.8,№2.-P.153-157).

Key words: model of diagnostic process, final automatic machine, formalisation

Согласно мнению многочисленных авторов, профессиональная диагностическая деятельность врача в конечном итоге определяются логико-методологическими возможностями его врачебного мышления. То есть она может быть полностью подчинена законам логики [1-3]. Отсюда можно предположить, что диагностическая и лечебная деятельность врача при функционировании

в типичных условиях может быть строго алгоритмизирована.

Когда заходит речь о передаче медицинских знаний при помощи различных информационных носителей, то всегда актуальным остается вопрос: каким образом эти знания необходимо представлять, чтобы при передаче минимизировать потери логики и смысла, которые хотел передать автор.

Цель исследования

Целью данной работы являлось определение стандартных составляющих диагностического процесса (ДП), разработка его формального описания и моделирование в виде конечного автомата с целью макси-

мального точного отображения этих знаний для их представления на любых носителях информации и последующего восприятия целевой аудиторией с минимальными искажениями.

Материал и методы

Анализируя врачебную логику построения диагноза и аналитические заключения экспертов, которые брали участие в данной работе, мы предположили, что деятельность медика в стандартных клинических ситуациях может быть смоделирована в виде конечного автомата.

Преимущества автоматных моделей перед другими моделями описания предметных областей состоят в следующем [4]:

1) основа автоматной модели – хорошая алгоритмическая база, не требующая синхронизации (все основные задачи алгоритмически разрешимы);

2) все процессы, описываемые в автоматной модели – конечны.

Согласно основам построения автоматных моделей, на вход в систему подается сигнал, далее он обрабатывается по зара-

нее определенным алгоритмам, на выходе мы получаем ожидаемый набор значений. В автоматной модели также учитывается тот факт, что когда в реальной ситуации появляется фактор, который выводит реальную ситуацию за пределы стандартной, то подобная ситуация идентифицируется и подается для решения на экспертный уровень.

Автомат представляет собой следующий вид: $A = (A, X, f, a_0, F)$, где A – конечное множество состояний; X – конечный алфавит, т.е. множество попарно различных символов или X – сигнал (команда) к переходу; f – взаимосвязь последовательности состояний через переходы, т.е. функция переходов; a_0 – начальное состояние автомата; $F \subseteq A$ – множество заключительных состояний автомата.

Результаты и обсуждение

Диагностический процесс (ДП) (D^q) представляет собой последовательность действий медицинского работника по определению значений $\{\alpha^{in}_{i_s}\}$ признаков $\{\gamma^{in}_{i_s}\}$, которые характеризуют реальный объект p_i , с целью подтверждения диагностической гипотезы (ДГ) Π_s , где $i = \overline{1, q}$, $s = \overline{1, k}$. В свою очередь, основным элементом ДГ является стандартный больной, который может быть описан как фиксированное множество интервалов $\{[a_{i_1}, b_{i_1}], [a_{i_2}, b_{i_2}], \dots, [a_{i_k}, b_{i_k}]\}$, в которые должны попадать значения $\{\tilde{\alpha}_{i_1}, \tilde{\alpha}_{i_2}, \dots, \tilde{\alpha}_{i_k}\}$ признаков $\{\tilde{\gamma}_{i_1}, \tilde{\gamma}_{i_2}, \dots, \tilde{\gamma}_{i_k}\}$ стандартного объекта \tilde{p}_i при измерении.

Для определения основных составляющих ДП необходимо провести его анализ. На вход в ДП подается признак (назовем его, например, a_2), который является составляющим стандартного объекта. В процессе измерения (назовем его как R_4) получают значение признака (названного a_5).

На значение признака, которое получается при измерении, напрямую влияет та составляющая объекта измерения, которую он описывает. Например, признак – "температура тела". Составляющие объекта измерения: 1) подмышечная область; 2) ротовая полость; 3) паховая область; 4) прямая кишка. В зависимости от места измерения дан-

ный признак приобретает разные значения при одном и том же состоянии пациента.

Таким образом, признак, который характеризует объект, обладает еще и обязательным атрибутом – местом измерения (или источником получения данных) (назовем его a_3). Собственно, как один источник получения данных может быть описан целым набором признаков, так и конкретный признак может принадлежать различным источникам. Поэтому только явно описанная пара: "источник данных" – "признак", дает возможность в результате измерения определить значение признака.

В свою очередь, технология измерения (или метод получения информации), является тем компонентом, который также влияет на значение признака. Т.е., используя различные методы измерения признака, можно получить его различные значения.

Сами результаты измерения, как правило, не дают той характеристики объекта, которая помогает принять конечное врачебное решение. Необходимо задействовать процесс анализа и интерпретации полученных данных. Например, значение, которое получено при измерении температуры тела в подмышечной впадине, равное 38°C , само по себе только несет информацию для вывода. Анализируя полученные данные и сравнивая их с диапазоном нормы, можно сделать вывод, что данная температура высокая.

Таким образом, следующим компонентом, который продвигает врача к принятию решения, есть процесс анализа полученных данных (названного R_6). При этом для одного набора данных могут существовать разные методы их анализа. Например, если клиническая лаборатория меняет диапазоны норм, то выводы, получаемые при анализе результатов измерения, также могут меняться.

Собственно вид информации, которая получается в результате анализа (названная a_7), определяется методом анализа.

Последним компонентом диагностической цепочки является процедура вывода (названная R_8). В этой процедуре врач:

1) анализирует полученные в результате измерения данные;

2) определяет, действительно ли достигнута цель, которая ставилась на входе в диагностическую цепочку;

3) определяет валидность полученных данных;

4) делает вывод, который в последующем будет участвовать в постановке диагноза.

Таким образом, вся диагностическая цепочка по определению вывода, относительно состояния исследуемого признака состоит из следующих составляющих: a_2 – признак, который измеряется; a_3 – источник, из которого извлекается информация; R_4 – метод получения информации; a_5 – вид полученной информации; R_6 – метод анализа полученной информации; a_7 – вид информации, полученной в результате анализа; R_8 – вывод; a_9 – результаты вывода и оформление в документации стадий ДП.

Собственно *процедурными* компонентами некоторого уникального процесса диагностического измерения являются: R_1 ; R_4 ; R_6 ; R_8 . *Структурными* компонентами элементарного блока диагностического знания являются: a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_5 ; a_7 ; a_9 (рис. 1).

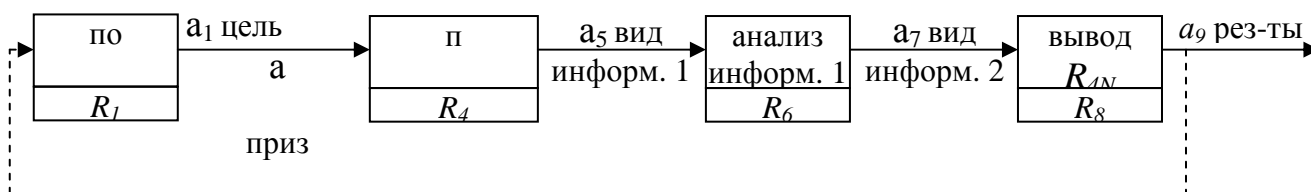


Рисунок 1. Компоненты элементарного блока диагностического знания

Вывод (составляющая, названная a_9), который должен сделать врач по результатам измерения признака, зависит от целого ряда переменных факторов, которые являются составляющими ДП. Переменные факторы представляют собой следующие наборы взаимоотношений и ограничений (данное описание имеет приблизительную онтологическую картину):

1) набор источников (a_3), из которых извлекается информация, ограничивается измеряемым признаком (a_2);

2) набор методов получения информации (R_4) ограничивается измеряемым признаком (a_2) и источником получения информации (a_3);

3) вид полученной информации (a_5), ограничивается методом получения информации (a_4);

4) метод анализа полученной информации (R_6), ограничивается методом получения информации (a_4);

5) вид информации, полученной в результате анализа (a_7), ограничивается методом анализа полученной информации (a_6);

6) процесс вывода (R_8) и результаты вывода (a_9) зависят от всех предыдущих составляющих.

Весь набор перечисленных составляющих находится под влиянием самого главного фактора – цели (составляющая a_1), которая определяет (или ограничивает) ожидаемый вывод и связанные с ним наборы элементов ДП.

Цель является тем главным фактором, который задает основные ограничения на использование составляющих ДП. Цель может минимизировать различные комбинации таких составляющих, как: a_3 – источник, из которого извлекается информация; a_4 – метод получения информации; a_6 – метод анализа полученной информации. Целью диагностического действия является не просто измерение признака (например, температу-

ры), а подтверждение того, что интерпретация значений, полученных при измерении признака, даст соответствующий вклад в построение ДГ (например, температура тела в подмышечной впадине – высокая).

Как следует из определения ДГ, основная часть ДП состоит из определения параметров всего набора признаков, который

описывает стандартный объект, соответствующий ДГ. Таким образом, главной целью ДП является подтверждение или подтверждение ДГ. В свою очередь, первый уровень декомпозиции главной цели представляет собой набор подцелей, соответствующих всему набору признаков, которые подлежат измерению.

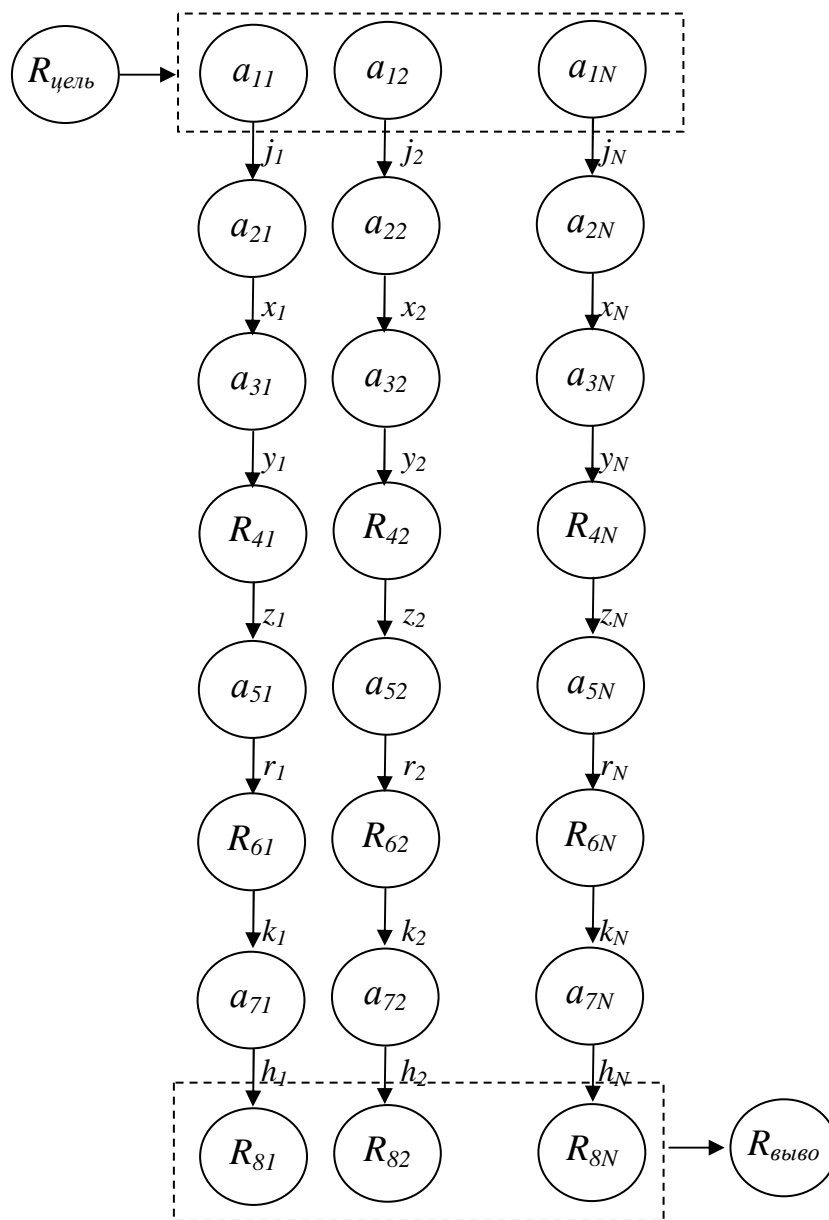


Рисунок 2. Схема последовательности направленных действий ДП

Определение главной цели оказывает влияние на формат подцелей. Каждая подцель получает свою процедурную направленность. Т.е. если мы описываем принципы измерения артериального давления не как полностью самостоятельный процесс, а в рамках процесса подтверждения гипотезы об артериальном давлении (АД), то мы це-

лю ДП ставим подтверждение высокого АД. Остальные описательные блоки по определению и анализу нормального и низкого АД в данном блоке редуцируются.

Общая схема ДП, в которой последовательности диагностических действий приобрели направленность под действием общей цели, представлена на рис. 2.

При этом $A = \{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1N}, a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2N}, a_{31}, a_{32}, \dots, a_{3N}, R_{41}, R_{42}, \dots, R_{4N}, a_{51}, a_{52}, \dots, a_{5N}, R_{61}, R_{62}, \dots, R_{6N}, a_{71}, a_{72}, \dots, a_{7N}, R_{81}, R_{82}, \dots, R_{8N}, a_2, a_{91}, a_{92}, \dots, a_{9N}\}$

$X = \{j_1, j_2, \dots, j_N, x_1, x_2, \dots, x_N, y_1, y_2, \dots, y_N, z_1, z_2, \dots, z_N, r_1, r_2, \dots, r_N, k_1, k_2, \dots, k_N, h_1, h_2, \dots, h_N, g_1, g_2, \dots, g_N\}$

$f(a_{1j}, j_s) = a_{2s}; f(a_{2j}, x_s) = a_{3s}; f(a_{3j}, y_s) = R_{4s}; f(R_{4j}, z_s) = a_{5s}; f(a_{5j}, r_s) = R_{6s}; f(R_{6j}, k_s) = a_{7s}; f(a_{7j}, h_s) = R_{8s}; f(R_{8j}, g_s) = a_9$

В свою очередь, цель (j) определяет всю последовательность процедурных и структурных компонентов процесса диагностического исследования. Появление цели вносит ограничения, т.е. конкретизирует путь в автомате, ограничивая набор состояний и переходов. Например, в наборе переходов $\{x_1, x_2, x_3\}$ альтернативные варианты приобретают значение пустого множества вида $\{\emptyset, x_2, \emptyset\}$, которое означает, что для выбранной ДГ важен только путь по переходу x_2 . В этом случае введение цели f_j определяет конкретную последовательность процедурных и структурных компонентов ДП и диагностическое слово может представлять собой следующий вид: $f_j: a_1 j_2 a_2 x_2 a_{32} y_2 R_{42} z_2 a_{52} r_2 R_{62} k_2 a_{72} h_s R_{82} g_s a_9 \Rightarrow f_j: j_2 x_2 y_2 z_2 r_2 k_2 h_s g_s$.

Учет временной составляющей.

Одним из ключевых моментов клинических процессов является то, что эти процессы не статичны, а активно меняются и развива-

ются с течением времени. Например, значение признака в момент измерения может еще не достичь интервала, соответствующего стандартному пациенту выбранной диагностической модели, однако общая клиническая картина может быть такой, что врач примет решение о слежении за динамикой изменения значений этого признака.

Т.о., в предложенную модель можно внести параметр времени как ограничения и учитывать ее динамические составляющие. Любой мониторинг представляет собой последовательность измерений, как правило, через одинаковый промежуток времени $t(i+1) = t(i) + q$, где q – дискрет времени. Тогда последовательность компонентов ДП принимает следующий вид: $A = \{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1N}, a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2N}, a_{31}, a_{32}, \dots, a_{3N}, R_{41}t_{41}(i), R_{42}t_{42}(i), \dots, R_{4N}t_{4N}(i), a_{51}t_{51}(i), a_{52}t_{52}(i), \dots, a_{5N}t_{5N}(i), R_{61}t_{61}(i), R_{62}t_{62}(i), \dots, R_{6N}t_{6N}(i), a_{71}t_{71}(i), a_{72}t_{72}(i), \dots, a_{7N}t_{7N}(i), R_{81}t_{81}(i), R_{82}t_{82}(i), \dots, R_{8N}t_{8N}(i), a_9t_9(i)\}$, где $t(i+1) = t(i) + q$.

Например, в наборе переходов $\{x_1, x_2, x_3\}$, в котором альтернативные варианты приобретают значение пустого множества вида $\{\emptyset, x_2, \emptyset\}$, диагностическое слово может представлять собой следующий вид: $f_j: a_{12} j_2 a_{22} x_2 a_{32} y_2 R_{42}t_{42}(i) z_2 a_{52}t_{52}(i) r_2 R_{62}t_{62}(i) k_2 a_{72}t_{72}(i) h_s R_{82}t_{82}(i) g_s a_{92}t_{92}(i) \Rightarrow f_j: j_2 x_2 y_2 z_2 r_2 k_2 h_s g_s$.

Выводы

Таким образом, деятельность врача при постановке диагноза может быть формализована и смоделирована в виде конечного автомата, где составляющие ДП представляют собой строгий, последовательный набор структурных и процедурных компонентов. Дальнейшее использование подобного подхода при описании всей диагностической деятельности врача может помочь представлять медицинские знания в достаточно

структурированном виде, который, в свою очередь, может стать основой для отображения этих знаний на любых информационных носителях для последующего восприятия целевой аудиторией с минимальными искажениями. Перспективы дальнейшего развития построенной модели – это модель на основе временных автоматов и сетей Петри.

Литература и веб-библиография

1. Тарасов К.Е. Логика и семиотика диагноза: Методологические проблемы/ Тарасов К.Е., Великов В.К., Фролова А.И. – М.: Медицина, 1989.- 272 с.
2. Коваленко В.Л. Диагноз в клинической практике (теоретические и практические основы формулирования)/ Коваленко В.Л.- Челябинск, 1995. - 115 с.

3. Постовит В.А. Диагноз и диагностика в клинической медицине/ Постовит В.А.- Ленинград, 1991. - 104 с.
4. Карпов Ю.Г. Теория автоматов/ Карпов Ю.Г.- Питер, 2002.- 224 с.

Надійшла до редакції: 02.10.2010.

© В.В.Краснов

Кореспонденція: Краснов В.В.,
вул. Шевченко, 1/а, 04112, Київ, Україна
E-mail: k-minf07@nmapo.edu.ua