

УДК 681.3

## АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ГОМЕОПАТ

*А.А. Проватар., О.А. Проватар*

Институт кибернетики имени В.М. Глушкова,  
03680, МСП, Киев-187, пр. Глушкова,40  
e-mail: [aprowata@unicyb.kiev.ua](mailto:aprowata@unicyb.kiev.ua)

Рассматриваются вопросы построения нечетких моделей процессов диагностирования в системе Гомеопат и процедур нечеткого логического вывода.

The questions of construction of fuzzy models for processes of diagnosing in Homeopath system and procedures of fuzzy inference are considered.

### Введение

Разработкой математических методов решения медицинских задач диагностики и лечения ученые занимаются уже много лет. Эффективность подобных математических методов можно проследить по ряду медицинских диагностических систем, которые были разработаны в последнее время [1]. Общей чертой подобных систем является зависимость от конкретных методов обработки групповых данных, а также особенностей медицинской информации.

Удобным инструментом для представления информационных моделей в диагностических системах являются нечеткие множества [2, 3, 5].

### Теоретические предпосылки и гипотезы

Суть влияния гомеопатических лекарств на организм следует из одной из доктрин данного метода лечения: «подобное излечивается подобным». Принцип влияния низких потенций лекарственных препаратов определяется их волновыми свойствами [6]. Поэтому количество растворяемой субстанции (после разведения) уже не имеет значения, поскольку в силу вступают волновые характеристики. Потенция 30 является границей между обычными и волновыми характеристиками вещества. Поэтому до 30-й потенции свойства лекарств определяются наличием того или иного вещества в растворителе, выше 30-й – только волновыми характеристиками колебательных процессов наноструктур [7]. Любое вещество имеет свой волновой код, который и определяет его в волновых взаимодействиях. При этом волновые свойства проявляются обратно пропорционально уменьшению массы тела (вещества).

Поле головного мозга поддерживается гомеостаз материальной части организма. Возможно также влияние материальной части организма на регулирующее поле. Например, при длительном взаимодействии отдельных органов (или их совокупностей) с вредным агентом происходит их трансформация для увеличения сопротивляемости организма от воздействия негативного фактора. Такое изменение есть не чем иным, как приспособлением организма к новым условиям. Другими словами, реакция организма на вредный агент вызывает создание защитного механизма. Но даже самые низкие потенции гомеопатических лекарств не вызывают угнетения нервных окончаний, которое происходит в случае аллопатических доз. То есть, анализаторы информационного влияния не теряют свои свойства (деградируют), а продолжают функционировать в обычном режиме. Органические изменения, которые возникают при длительном влиянии болезнетворного агента, ведут, соответственно, к изменению амплитудно-частотных характеристик их излучений. При этом нарушается гармония поля организма, которую собственными силами он восстановить не может. Исходя из этого, можно сделать предположение о том, что острые болезни нарушают только органический гомеостаз, а хронические – взаимодействуют с материальным телом и поддерживаются за счет нарушения гармонии в поле организма.

Гомеопатические лекарства, попав в организм, действуют на нервные центры. На этом этапе происходит считывание информации с информационной матрицы лекарственной субстанции. Так как гомеопатические лекарства высокой потенции имеют только волновые свойства, то анализаторы должны быть оснащены средствами для восприятия волновой информации. При этом лекарства с материальным носителем (до 30-й потенции), взаимодействуют с нервными центрами, вызывая реакцию-ответ на раздражитель, подобную по принципу действия. То есть, действие таких лекарств будет направлено на материальную субстанцию, что вызывает материальную дисгармонию. Наоборот, высокие потенции гомеопатических лекарств, которые характеризуются волновыми свойствами, при попадании в организм вызывают изменения полевых субстанций организма. Следовательно, нервной системой будет создана реакция-ответ, направленная на ликвидацию полевого начала и, собственно, причины хронической

болезни, т. е. нарушение гармонии поля. Соответствующая реакция создается вследствие анализа собранной информации головным мозгом. Реакция-ответ, созданная организмом на гомеопатические лекарства, по силе превышает или соизмерима раздражителю, т. е.:  $R_e \geq F$ , где  $R$  – интенсивность реакции организма,  $F$  – интенсивность влияния раздражителя, обратная по своей сути.

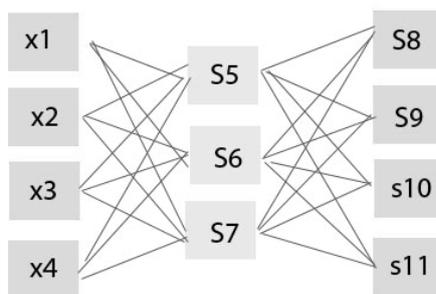
Непосредственно влияние гомеопатических лекарств можно описать следующим образом. Нарушения в организме, на физическом уровне, характеризуются изменением характеристик поля в окружностях биологически активных точек (БАТ), происходит гетерогенизация общего поля организма. В свою очередь БАТ через систему меридианов связаны с соответственными органами и системами органов. Вследствие этого, изменение излучения поля является отражением нарушения в отдельных составляющих целостной органической системы. Привнесение в организм гомеопатической субстанции, в соответствии с законом подобия, на начальном этапе (первичное действие лекарства), вызывает резонанс колебаний, что служит причиной гомеопатического ухудшения. Вторичное действие лекарства (реакция организма на раздражитель) создает диссонанс колебаний, в результате чего осуществляется регуляция полевой структуры организма.

Собственно, лекарственное вещество при взаимодействии с другим веществом или растворителем во время каждого этапа динамизации возбуждает колебательные процессы, которые за счет излучения высокочастотных волн воздействуют на растворитель, изменяя его квантовую структуру. В свою очередь, эта измененная структура растворителя изменяет свои характеристики излучения, которые, по сути, подобны излучению растворяемой компоненты. Таким образом, динамизация или потенцирование гомеопатических лекарств ведет к стимуляции электромагнитной активности, которая стимулирует нервную систему тонкими воздействиями, не вызывая побочных эффектов.

Большие дозы произвольного химического вещества, в данном случае лекарственного, при влиянии на нервную систему мощным химическим и значительно более слабым волновым воздействием угнетают ее чувствительность и восприимчивость. Это – следствием того, что при чрезмерном воздействии нервная система создает защитную функцию, которая для обеспечения гармонии, изменяет свойства чувствительных тканей. При длительном влиянии на ткани-мишени происходит их превращение, т. е. изменение структуры для обеспечения стабильности, что ведет к возникновению болезни. По схеме аллопатического метода лечения (даже при лечении низкими потенциями) достичь эффекта достаточно проблематично из-за несоответствия лекарств и болезни. В таком случае организм может создать противодействие раздражителю и, как следствие, только потеряет энергию (что может спровоцировать прогрессирование болезни). Отсюда следует, что закон подобия играет очень важную роль при лечении потенцированными и динамизированными лекарствами.

### **Постановка задачи**

Для решения задачи диагностирования и лечения в системе ГОМЕОПАТ [4] используется нейронная сеть (НС) следующей архитектуры (рисунок).



Рисунок

Обучение нейронной сети проходит на ограниченном количестве примеров, затем ей позволяют самостоятельно генерировать поведение в других ситуациях. Способность генерировать правильную реакцию на различные симптомы, не входящие в набор обучающих, является ключевым фактором при создании НС.

Сеть работает в двух режимах: в режиме обучения и в режиме распознавания. В режиме обучения производится в формировании так называемых логических цепочек. В режиме распознавания НС по конкретным входным сигналам с высокой степенью достоверности определяет, какие действия предпринять.

Построенная нейронная сеть достаточно точно определяет диагноз пациента по представленной симптоматике. Однако такая сеть не рассчитана на работу с нечеткой информацией, с помощью которой в большинстве случаев можно описать реальную картину симптоматики. Поэтому, в данной работе

предлагаются и исследуются нечеткие модели диагностики, определяющие нечеткий логический вывод, а также соответствующие нейронные сети для его реализации.

### **Нечеткие спецификации логического вывода**

Под нечеткой спецификацией логического вывода (алгоритмом) понимают упорядоченное множество нечетких инструкций, которые при выполнении дают приближенное (нечеткое) решение проблемы.

Пусть  $x$  и  $y$  – входная и выходная лингвистические переменные [2, 3];  $A$  и  $B$  – некоторые нечеткие множества, задающие значения элементов терм-множеств переменных  $x$  и  $y$  соответственно. Простейшим нечетким алгоритмом может быть такая конструкция:

*вход* ( $x$ );  
*если*  $x$  *есть*  $A$ , *то*  $y$  *есть*  $B$ ;  
*выход* ( $y$ ).

Инструкция “*если*  $x$  *есть*  $A$ , *то*  $y$  *есть*  $B$ ” интерпретируется как нечеткая импликация  $A \rightarrow B$  и, следовательно, задается нечетким отношением на декартовом произведении областей определения (четких множествах)  $X$  входной переменной и  $Y$  выходной переменной. Выходное значение алгоритма определяется с помощью композиционного правила. А именно, если на вход подается нечеткое множество  $A'$ , то на выходе получаем нечеткое множество  $B'$ , которое определяется по формуле

$$B'(y) = \max_{x \in X} \min (A'(x), \min \{A(x), B(y)\}), y \in Y.$$

Более сложный нечеткий алгоритм образует конструкция вида:

*вход* ( $x$ );  
*если*  $x$  *есть*  $A_1$ , *то*  $y$  *есть*  $B_1$ ;  
*если*  $x$  *есть*  $A_2$ , *то*  $y$  *есть*  $B_2$ ;  
...  
*если*  $x$  *есть*  $A_m$ , *то*  $y$  *есть*  $B_m$ ;  
*выход* ( $y$ ),

где  $A_i$  и  $B_i$  – нечеткие множества.

Существует два основных способа определения выхода  $B'$ . В обоих используется так называемое понятие *агрегации* правил, т. е. учет сумарного эффекта от работы всех правил. Оператор агрегации **Agg** действует как  $s$ -норма [2], но разрешается использование произвольной  $t$ -нормы.

Первый способ определения выхода состоит в предварительной агрегации нечетких отношений  $R = \text{Agg}(R_1, R_2, \dots, R_m)$ . Результат  $B'$  при заданном входе  $A'$  определяется с помощью композиционного правила:  $B' = A' \circ R$ . Если оператор агрегации является операцией нахождения максимума, то  $B'$  определяется по формуле

$$B' = A' \circ \bigcup_{i=1}^m R_i$$

Второй способ состоит в определении выходов для каждого правила с помощью использования композиции  $B'_i = A' \circ R_i, i = 1, \dots, m$ . Далее осуществляется агрегация полученных выходов по правилу  $B' = \text{Agg}(B'_1, B'_2, \dots, B'_m)$ , т. е.

$$B' = \bigcup_{i=1}^m (A' \circ R_i).$$

**Утверждение.** При использовании  $\max$ - $\min$  композиций совместно с операцией максимума в роли оператора агрегации результаты, полученные обоими механизмами логического вывода, будут эквивалентными, т. е. справедливо соотношение

$$A' \circ \bigcup_{i=1}^m R_i = \bigcup_{i=1}^m (A' \circ R_i).$$

Более интересной представляется ситуация, когда алгоритм имеет не один, а несколько входов:

*вход* ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ );  
*если*  $x_1$  *есть*  $A_{11} \wedge x_2$  *есть*  $A_{12} \wedge \dots \wedge x_n$  *есть*  $A_{1n}$  *то*  $y$  *есть*  $B_1$ ;  
*если*  $x_1$  *есть*  $A_{21} \wedge x_2$  *есть*  $A_{22} \wedge \dots \wedge x_n$  *есть*  $A_{2n}$  *то*  $y$  *есть*  $B_2$ ;

...  
**если**  $x_1$  **есть**  $A_{m1} \wedge x_2$  **есть**  $A_{m2} \wedge \dots \wedge x_n$  **есть**  $A_{mn}$  **то**  $y$  **есть**  $B_m$ ;  
**выход** ( $y$ ),

где  $x_j, j = 1, \dots, n$  – входные лингвистические переменные,  $y$  – выходная лингвистическая переменная;  $A_{ij}$  и  $B_i$  – нечеткие множества. Логическая связка “ $\wedge$ ” интерпретируется как  $t$ -норма нечетких множеств. В отличие от случая с одной входной переменной, представление импликации в виде отношения в алгоритмах со многими входными параметрами невозможно. Учитывая это используется другая процедура нахождения выхода, которая использует так называемые уровни истинности правил типа **если**  $x_1$  **есть**  $A_{i1} \wedge x_2$  **есть**  $A_{i2} \wedge \dots \wedge x_n$  **есть**  $A_{in}$  **то**  $y$  **есть**  $B_i$ .

В случае двух входов  $x_1$  и  $x_2$ , процедура выполнения алгоритма будет состоять из следующих шагов:

для каждого правила  $R, i = 1, \dots, m$  вычисляем уровень истинности правила

$$\alpha_i = \min \left[ \max_{X_1} (A'_1(x_1) \wedge A_{i1}(x_1)), \max_{X_2} (A'_2(x_2) \wedge A_{i2}(x_2)) \right];$$

для каждого правила вычисляем индивидуальные выходы

$$B'_i(y) = \min(\alpha_i, B_i(y));$$

вычисляем агрегатный выход

$$B'(y) = \max(B'_1, B'_2, \dots, B'_m).$$

Эта процедура называется max–min процедурой или процедурой логического вывода Мамдани (импликация интерпретируется как операция минимум, агрегация выходов правил – как операция максимум).

**Утверждение.** При использовании max–min композиций и логического вывода Мамдани результаты будут эквивалентными, т. е. справедливо соотношение

$$B'(y) = \max_{x \in X} (A'(x) \wedge (R(x,y))) = \max_{i=1}^m (\alpha_i \wedge B_i(y)).$$

### Нечеткие спецификации логического вывода в системе Гомеопат

Рассмотрим пример построения нечетких спецификаций для диагностирования пациента в системе Гомеопат. Пусть  $X_1 = \{5, 10, 15, 20\}$ ,  $X_2 = \{5, 10, 15, 20\}$ ,  $X_3 = \{35, 36, 37, 38, 39, 40\}$  – пространства для определения значений элементов терм-множеств “Кашель” = {“слабый”, “умеренный”, “сильный”}, “Насморк” = {“слабый”, “умеренный”, “сильный”} и “Температура” = {“нормальная”, “повышенная”, “высокая”, “очень высокая”} соответственно. Определим элементы этих терм-множеств следующим образом:

|                |                 |                                      |
|----------------|-----------------|--------------------------------------|
| “Кашель”:      | “слабый”        | = 1/5 + 0.5/10;                      |
|                | “умеренный”     | = 0.5/5 + 0.7/10 + 1/15;             |
|                | “сильный”       | = 0.5/10 + 0.7/15 + 1/20.            |
| ”Насморк”:     | “слабый”        | = 1/5 + 0.5/10;                      |
|                | “умеренный”     | = 0.5/10 + 1/15;                     |
|                | “сильный”       | = 0.7/15 + 1/20.                     |
| “Температура”: | “нормальная”    | = 0.5/35 + 0.8/36 + 0.9/37 + 0.5/38; |
|                | “повышенная”    | = 0.5/37 + 1/38;                     |
|                | “высокая”       | = 0.5/38 + 1/39;                     |
|                | “очень высокая” | = 0.8/39 + 1/40.                     |

Пусть  $Y = \{6, 12, 24, 30, 48, 96\}$  – пространство для определения значений элементов терм-множества “Антигриппин” = {“низкое”, “среднее”, “высокое”}. При этом

|                |           |                  |
|----------------|-----------|------------------|
| ”Антигриппин”: | “низкое”  | = 1/6 + 0.5/12;  |
|                | “среднее” | = 1/24 + 1/30;   |
|                | “высокое” | = 0.8/48 + 1/96. |

Тогда зависимость разведения препарата от симптомов пациента может быть описана следующей системой спецификаций:

**вход** ( $x_1, x_2, x_3$ );  
**если**  $x_1$  **есть** “слабый”  $\wedge x_2$  **есть** “слабый”  $\wedge x_3$  **есть** “повышенная” **то**  $y$

есть “низкое”;  
 если  $x_1$  есть “слабый”  $\wedge x_2$  есть “умеренный”  $\wedge x_3$  есть “высокая” то  $y$   
 есть “среднее”;  
 если  $x_1$  есть “слабый”  $\wedge x_2$  есть “умеренный”  $\wedge x_3$  есть “очень высокая”  
 то  $y$  есть “высокое”;  
 выход ( $y$ ),

где  $x_1, x_2, x_3$  – входные лингвистические переменные, принимающие значения из терм-множеств “Кашель”, “Насморк” и “Температура” соответственно,  $y$  – выходная лингвистическая переменная. Если на вход  $x_1$  этого алгоритма подать величину  $A'_1 = 1/5 + 0.7/10$ , на вход  $x_2$  – величину  $A'_2 = 1/5 + 0.5/10$ , на вход  $x_3$  – величину  $A'_3 = 1/36 + 0.9/37$ , то в соответствии с процедурой выполнения этого алгоритма получаем:

1. Уровень истинности первого правила  
 $\alpha_1 = \min[\max(1 \wedge 1, 0.7 \wedge 0.5), \max(1 \wedge 1, 0.5 \wedge 0.5), \max(1 \wedge 0, 0.9 \wedge 0.5)] =$   
 $= \min[\max(1, 0.5), \max(1, 0.5), \max(0, 0.5)] = \min(1, 1, 0.5) = 0.5.$
2. Уровень истинности второго правила  
 $\alpha_2 = \min[\max(1 \wedge 1, 0.7 \wedge 0.5), \max(0.5 \wedge 0.5), \max(1 \wedge 0, 0.9 \wedge 0)] =$   
 $= \min[\max(1, 0.5), \max(0.5, 0.5), \max(0, 0)] = \min(1, 0.5, 0) = 0.$
3. Уровень истинности третьего правила  
 $\alpha_3 = \min[\max(1 \wedge 1, 0.7 \wedge 0.5), \max(0.5 \wedge 0.5), \max(1 \wedge 0, 0.9 \wedge 0)] =$   
 $= \min[\max(1, 0.5), \max(0.5, 0.5), \max(0, 0)] = \min(1, 0.5, 0) = 0.$

Вычисляем индивидуальные выходы  $B'_i$  каждого правила:

$$B'_1 = \min(0.5, 1)/6 + \min(0.5, 0.5)/12 = 0.5/6 + 0.5/12;$$

$$B'_2 = 0,$$

$$B'_3 = 0.$$

Агрегация индивидуальных выходов приводит к следующему выходу алгоритма:

$$B' = 0.5/6 + 0.5/12.$$

При дефазификации полученного нечеткого множества  $B'$  получаем:

$$y^* = (0.5 \cdot 6 + 0.5 \cdot 12)/(0.5 + 0.5) = 9.$$

Этот результат может быть интерпретирован как “Антигриппин” девятого разведения.

### **Выводы**

Таким образом, процесс диагностирования в системе обеспечивается как в случае четкой, так и нечеткой симптоматики. При этом, основываясь на фундаментальном результате Фунахаша о том, что с помощью нечетких систем можно аппроксимировать с любой заданной точностью любую непрерывную на компакте функцию, появляется возможность использования нечетких спецификаций для решения задач четкой диагностики. Открытым остается вопрос об эффективности такого использования.

1. Cholewa W., Czogala E. Podstawy systemow ekspertowych // Warszawa: Prace IBiB PAN, 1989. – N 28.
2. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Телеком, 2006. – 382 с.
3. Leski J. Systemy neuronowo-rozmyte. – Warszawa: Naukowo-Techniczne, 2008. – 690 с.
4. Катеринич Л, Проватар А. Диагностирование на нейронных сетях в системе Гомеопат // XIII-th International Conference: Knowledge Dialogue Solution. – Sofia, 2007. – V 1. – P. 64 – 68.
5. Zadeh L.A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility // Fuzzy Sets and Systems. – 1978. – N 1. – P. 3 – 28.
6. Довгуша В.В., Лехтлаан-Тынисон Н.П., Довгуша Л.В. Вода – привычная и парадоксальная. – Петербург: Пресс-Сервис, 2007. – 242 с.
7. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи. – М.: Изд. дом “Вильямс”, 2004. – 240 с.