УДК 61:62-50

А. В. Чиркова, аспирант кафедры «Высшая математика»
Ижевский государственный технический университет

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ В МЕДИЦИНЕ

Рассмотрены конкретные меры алкогольной политики государства, выявлены наиболее эффективные. Приведена нечеткая модель адаптивной системы социально-медицинских показателей, построенная на основе экспертных оценок. Выяснено, что при увеличении расходов на душу населения соответственно поднимается и реализация алкогольных напитков, поэтому вместе с увеличением расходов на душу населения необходимо повышать цены на спиртные напитки.

В настоящее время алкоголизм является широко распространенным заболеванием и важнейшим деструктивным фактором демографического, социального и экономического развития России.

Главным толчком к росту потребления алкоголя и алкогольной смертности в России в 1990-х гг. стала либерализация алкогольной отрасли и, как следствие, возросшая экономическая доступность крепких алкогольных напитков и спирта. 7 июня 1992 года Б. Н. Ельцин отменил государственную монополию на водку, в результате чего относительная цена водки упала в несколько раз. Как показали Ю. В. Андриенко и А. В. Немцов, в России, как и в других странах, потребление алкоголя зависит от цен на спиртное [1]. Однако важным фактором потребления алкогольных напитков являются и доходы граждан. Анализ данных РМЭЗ показал, что в России «риск быть потребителем алкоголя растет вместе с индивидуальным доходом». Рост доходов россиян с 1999 года является серьезным фактором алкоголизации населения и нуждается в компенсации повышением цен на алкогольную продукцию.

Постановка задачи нечеткой адаптивной системы

Для исследования проблемы злоупотребления алкоголем (влияние различных критериев этого заболевания на развитие социально-экономических факторов в регионе) и принятия эффективного решения по борьбе с алкоголизмом воспользуемся математическим представлением данной проблемы, в частности будем использовать метод нечеткого моделирования адаптивных систем.

Адаптивные системы нечеткого вывода – класс систем, основанных на теории нечетких множеств, в настоящее время представляют собой перспективное направление в искусственном интеллекте.

В случае когда знания об исследуемом объекте сосредоточены у экспертов или лиц, принимающих решение (ЛПР), и возникают трудности при построении математической модели традиционными методами, основанными на точной обработке данных, нечеткое моделирование является наиболее эффективным способом решения поставленной проблемы. Действительно, методы теории нечетких множеств позволяют моделировать плавное изменение свойств объекта, а также неизвестные функциональные зависимости, выраженные в виде качественных связей; нечеткие множества идеально описывают субъектную активность ЛПР; нечеткие перемен-

© Чиркова А. В., 2009

ные наилучшим образом подходят для планирования факторов во времени, когда их будущая оценка затруднена (размыта, не имеет достаточных вероятностных оснований).

Для решения задачи управления сложной адаптивной системой процесс представляется в виде нечеткой сети. Взаимодействие между элементами системы представляется в виде нечетких правил. Нечеткая сеть может существовать в двух режимах [3].

Первый режим. Имеется достаточное количество данных, связывающих входные и выходные параметры системы (сети). В этом случае количественные параметры, определяющие функции принадлежности, находятся в процессе обучения сети.

Второй режим (экспертная система). При недостаточном количестве данных эксперты устанавливают меры условия и следствия, а также формулируют правила в виде нечетких высказываний.

Нечеткие высказывания

Нечеткими высказываниями называют высказывания следующего вида [2]:

- высказывания $<\beta$ есть $\alpha>$, где β – наименование лингвистической переменной, отражающей некоторый объект или параметр реальной действительности, относительно которого производится утверждение α, являющееся ее нечеткой оценкой (нечеткой переменной). Например, <уровень безработицы высокий >;
- высказывания вида $<\beta$ есть $m\alpha>$, $<\beta$ есть $Q\alpha>$, $<Q\beta$ есть $m\alpha>$, $<m\beta$ есть $Q\alpha>$, при этом m называется модификатором (ему соответствуют такие слова, как ОЧЕНЬ, БОЛЕЕ ИЛИ МЕНЕЕ, СРЕДНИЙ и др.), Q – квантификатором (ему соответствуют такие слова, как БОЛЬШИНСТВО, НЕСКОЛЬКО, МНОГО, НЕМНОГО, ОЧЕНЬ МНОГО и др.). Например, <дифференциация доходов очень высокая>;
- высказывания, образованные из высказываний первого и второго вида и союзов И; ИЛИ; ЕСЛИ ... , ТО; ЕСЛИ …, ТО ..., ИНАЧЕ. Например, <ЕСЛИ вероятность реализации возможности средняя И влияние высокое, ТО значение возможности большое>.

Таким образом, либо на основе обучения, либо на основе экспертных оценок формируется набор правил R, $j=1,N$. Каждому правилу соответствуют функции принадлежности условия и следствия. Правила, содержащие одинаковые следствия и относящиеся к одному и тому же взаимодействию, объединяются в одно с помощью логического суммирования.

Количественный результат взаимодействия между элементами определяется на основе нечеткого вывода. Представим нечеткое правило в виде $A => B$. Условие A в общем случае представлено в виде

$$if\,(x_1 \in A)AND\,...\,(x_j \in A)AND\,...\,(x_M \in A_M)\;\; then\;\; (y \in B_i).$$

Для определения результирующего уровня активации применяется оператор логического умножения для отдельных составляющих условия в правиле

$$\mu^j{}_A(x) = \min_i\left(\mu_A(x_i)\right).$$

Агрегированная по всем правилам функция принадлежности определяется логическим суммированием:

$$\mu^j{}_B(y) = \max_i\left(\mu^j{}_A(x)\mu^j{}_B(y)\right).$$

Точечная оценка результата определяется относительно центра области:

$$y_c = \frac{\int\limits_y \mu_B(y)ydy}{\int\limits_y \mu_B(y)dy}.$$

Если обозначить вектор входных воздействий через $U = (u_k),\ k = 1, K$, а результирующий вектор – через $Y = (y_l),\ l = 1, L$, то функционирование системы в направлении от входа к выходу определится зависимостью $Y = F(U, W)$, где W – параметры системы, включая внешние факторы. При наличии обратной связи в системе функциональная зависимость принимает рекуррентный вид:

$$Y(t) = F(U(t-1), Y(t-1), W),$$

где t – год развития системы.

Данная модель позволяет имитировать поведение системы при варьировании величин компонент вектора U.

В результате нечеткого моделирования в режиме экспертной системы либо в режиме обучения строится модель вида $Y(t) = F(U(t-1), Y(t-1), W)$.

Пусть имеется нечеткая система социально-медицинских показателей (рис. 3)

$$\overline{Y} = F\left(x_i, b_j\right) = \left\{y_k\right\},\ i \in 1:n,\ j \in 1:m,\ k \in 1:l,$$

n – количество входных параметров системы, m – количество мероприятий (управлений), l – количество выходных параметров, где в качестве входных данных x_i служат медицинские показатели, в качестве управлений b_j в этой системе рассматриваются всевозможные мероприятия для предотвращения и уменьшения употребления алкоголя.

При помощи метода нечеткого моделирования, соответствующего подбора коэффициентов и многокритериальной оптимизации необходимо получить набор выходных данных y_k медицинского и социального характера, отражающий степень влияния входных параметров x_i и рассмотренных мероприятий по борьбе с алкоголизмом b_j.

В соответствии с республиканской целевой программой «Совершенствование форм и методов профилактической работы, направленной на предупреждение злоупотребления психоактивными веществами» были выбраны основные управляющие воздействия правительства, предприятий, инвесторов, связанные с выделением инвестиций.

Каждая стрелка на схеме (рис. 1) означает действие узла, стоящего в начале стрелки, на узел в конце. Действие формализовано в виде нечеткого условия: «Если *A*…, то происходит *B*» и определяется на лингвистическом множестве. Функции принадлежности, характеризующие каждое действие, составлены по результатам экспертных оценок медиков, профессоров здравоохранения Российской Федерации, экономистов.

Основными принципами экспертизы являются [4]:

1) компетентность и высокий профессиональный уровень лиц, учреждений и организаций, проводящих экспертизу;

2) независимость и правовая защищенность участников экспертного процесса при осуществлении ими своей деятельности;

3) ориентация на мировой уровень развития науки и техники, нормы и правила технологической и экологической безопасности, требования стандартов и международных соглашений;

4) системность организации экспертной работы и ее нормативного и научно-методического обеспечения;

5) учет общественного мнения по предмету проводимой экспертизы;

6) ответственность за достоверность, полноту и обоснованность рекомендаций экспертизы;

7) гласность экспертизы.

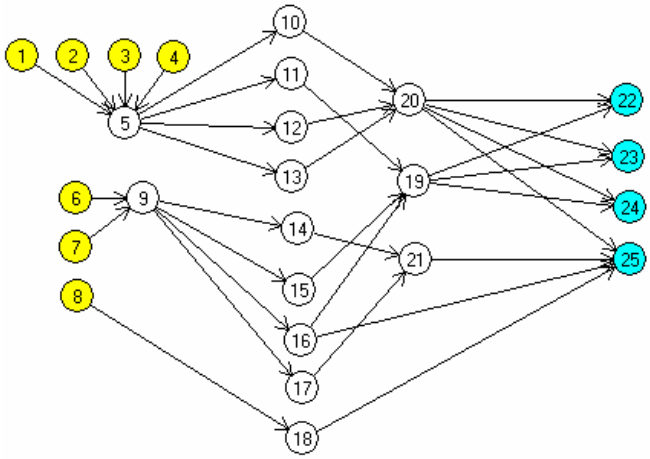

Рис. 1. Нечеткая модель социально-медицинских показателей

Входные параметры (социально-медицинские показатели, x_i):

1 – показатель I стадии хр. алкоголизма;

2 – показатель II стадии хр. алкоголизма;

3 – алкогольные психозы;

4 – случаи отравления алкоголем;

6 – выделение средств на мероприятия по уменьшению злоупотребления ПАВ из средств бюджета;

7 – выделение средств больницы, поликлиники и пр. на лечение одного больного алкоголизмом;

8 – расходы на душу населения.

Мероприятия (b_j):

5 – алкогольный урон УР;

9 – финансовые средства;

13 – ограничение физической доступности алкогольных напитков;

11 – строгий надзор над розничной продажей спиртных напитков (поэтапное повышение цен на розничную и оптовую торговлю алкогольными напитками с широкой предварительной информационно-образовательной, агитационной работой);

12 – меры, направленные на сокращение количества точек, торгующих алкоголем; уменьшение числа патентов на питейную торговлю и разрешений на устройство питейных домов;

10 – увеличение ответственности за содеянное деяние в пьяном виде в два раза, чем за это же деяние в трезвом;

14 – разработка для высших, средних и школьных учебных учреждений и включение в образовательные программы дополнительных разделов (курсов, тематики) по проблемам алкоголизации и государственной антиалкогольной профилактики на новой мировоззренческой методологической основе;

16 – разработка методов психологической защиты, препятствующих употребление алкоголя в экстремальных и в простых условиях;

17 – подготовка и переподготовка специалистов в области антиалкогольной политики, профилактики и лечения алкоголизации (медицинского персонала учебных заведений, медицинских частей предприятий и учреждений; специалистов органов внутренних дел, здравоохранения);

18 – уровень жизни, который выступает как воздействие, действующее независимо от данной системы;

15 – приобретение лабораторных расходных материалов для определения ПАВ в биосредах человека, лечебно-диагностического, технического оборудования;

20 – административно-правовые мероприятия, законодательные меры;

13 – мероприятия в социальной сфере;

19 – финансово-экономические мероприятия.

Выходные параметры (y_k):

23 – смертность от отравлений алкоголем по УР;

22 – количество ДТП, совершенных в состоянии АО в УР;

24 – численность населения в УР;

25 – нравственный подъем (или культура пития, выражающаяся в количестве потребления алкоголя на душу населения в УР или в реализации спиртных напитков);

Связи между элементами представлены в виде правил:

(1-5) – влияние показателя I стадии алкоголизма на алкогольный урон УР;

(2-5) – влияние показателя II стадии алкоголизма на алкогольный урон УР;

(3-5) – влияние показателя алкогольных психозов на алкогольный урон УР;

(4-5) – влияние показателя отравлений алкоголем на алкогольный урон УР;

(5-10) – влияние алкогольного урона УР на увеличение ответственности за совершенное деяние в пьяном виде в два раза, чем за это же деяние в трезвом;

(5-11) – влияние алкогольного урона УР на повышение цен на алкоголь и крепкие алкогольные напитки;

(5-12) – влияние алкогольного урона УР на сокращение количества точек, торгующих алкоголем;

(5-13) – влияние алкогольного урона УР на ограничение физической доступности алкогольных напитков (в определенные часы и дни);

(6-9) – влияние денежных средств, выделяемых на мероприятия по уменьшению злоупотребления ПАВ из средств бюджета на имеющиеся финансовые средства;

(7-9) – влияние денежных средств, выделяемых на лечение 1 больного алкоголизмом из средств больницы на имеющиеся финансовые средства;

(8-18) – влияние денежных расхода на уровень жизни, который выступает как некое воздействие, действующее независимо от данной системы;

(9-14) – влияние определенного количества финансовых средств на проведение в СМИ разъяснительной работы среди населения, а также во всех видах учебных учреждений;

(9-15) – влияние определенного количества финансовых средств на приобретение лабораторных расходных материалов для определения ПАВ в биосредах человека, лечебно-диагностического, технического оборудования;

(9-16) – влияние определенного количества финансовых средств на разработку методов психологической защиты, препятствующих употреблению алкоголя;

(9-17) – влияние определенного количества финансовых средств на подготовку и переподготовку специалистов в области антиалкогольной политики, профилактики (медицинского персонала, специалистов здравоохранения);

(10,12,13-20) – объединяют административно-правовые мероприятия, законодательные меры;

(11,15,16-19) – объединяют финансово-экономические мероприятия;

(14,17-21) – объединяют мероприятия в социальной сфере;

(18-25) – влияние уровня жизни, который выступает как внешнее воздействие, действующее независимо от данной системы на нравственный подъем (или культура пития, выражающаяся в количестве потребления алкоголя на душу населения в УР или в реализации спиртных напитков);

(19-22) – влияние финансово-экономических мероприятий на количество ДТП, совершенных в состоянии АО;

(19-23) – влияние финансово-экономических мероприятий на смертность от отравлений алкоголем по УР;

(19-24) – влияние финансово-экономических мероприятий на численность населения в УР;

(20-25) – влияние административно-правовых мероприятий, законодательных мер на нравственный подъем (или культура пития, выражающаяся в количестве потребления алкоголя на душу населения в УР или в реализации спиртных напиков);

(20-22) – влияние административно-правовых мероприятий, законодательных мер на количество ДТП, совершенных в состоянии АО;

(20-23) – влияние административно-правовых мероприятий, законодательных мер на смертность от отравлений алкоголем по УР;

(20-24) – влияние административно-правовых мероприятий, законодательных мер на численность населения в УР;

(21-25) – влияние мероприятий в социальной сфере на нравственный подъем (или культура пития, выражающаяся в количестве потребления алкоголя на душу населения в УР или в реализации спиртных напитков);

Вид функций принадлежности и их количественные характеристики, вводимые в режиме экспертной системы, показаны на рис. 2.

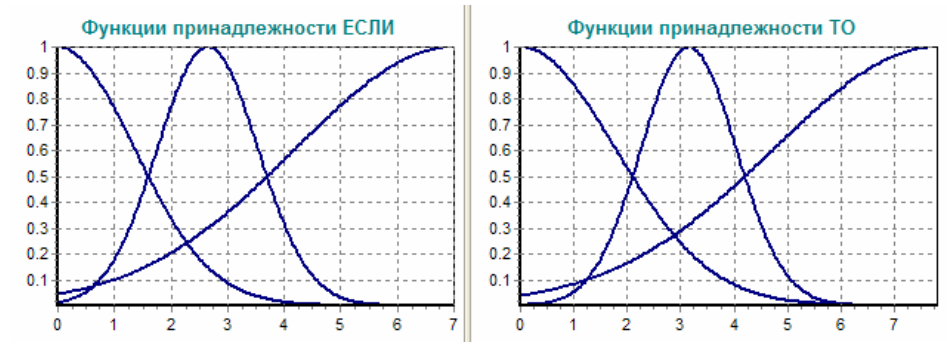

Рис. 2. Функции принадлежности ЕСЛИ … , ТО

Как было сказано ранее, при помощи метода нечеткого моделирования, соответствующего подбора коэффициентов и многокритериальной оптимизации необходимо получить набор выходных данных y_k медицинского и социального характера, отражающий степень влияния входных параметров x_i и рассмотренных мероприятий по борьбе с алкоголизмом b_j.

В таблице показано изменение выходных параметров при изменении входных данных.

Влияние входных данных на выходные параметры

Входные данные (X_0)							Выходные параметры			
1	2	3	4	6	7	8	23	24	25	22
3,06	11,88	0,92	0,326	0,85	0,56	0,75	1,074	1,407	0,79	0,496
3,06	11,88	0,92	0,326	0,85	0,56	1,75	1,074	1,407	1,103	0,496
3,06	11,88	0,92	1,326	0,85	0,56	0,75	1,342	1,307	0,886	0,719
3,06	11,88	0,92	0,326	3,85	0,56	0,75	1,044	1,407	1,347	0,496
3,06	11,88	0,92	0,326	0,85	0,56	5,75	1,499	2,805	1,718	0,496

Так, при увеличении расходов на душу населения соответственно поднимается и реализация алкогольных напитков, поэтому вместе с увеличением расходов на душу населения необходимо повышать цены на спиртные напитки.

При увеличении количества отравлений от алкоголя соответственно увеличивается количество ДТП, смертность от отравлений алкоголем, следовательно, численность населения уменьшается. При увеличении денежных средств, выделяемых на мероприятия по уменьшению злоупотребления ПАВ из средств бюджета, наблюдается уменьшение смертности от отравлений от алкоголя.

Список литературы

1. *Андриенко, Ю. В.* Оценка индивидуального спроса на алкоголь / Ю. В. Андриенко, А. В. Немцов. / – М. : EERC, 2005.

2. *Заде, Л. А.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М. : Мир, 1976. – 165 с.

3. *Гуляшинов, А. Н.* Теория принятия решений в сложных социотехнических системах / А. Н. Гуляшинов, В. А. Тененев, Б. А. Якимович. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2005. – 280 с.

4. *Карпов, А. Е.* Научные основы и методы поведения независимых экспертиз / А. Е. Карпов, В. Г. Тоценко, А. Г. Ласковенко, И. А. Быков // Технологии экспертизы : учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – М. : Изд-во МГУ, 2006.

5. *Чиркова, А. В.* Многокритерильная оптимизация функций большой размерности с помощью генетического алгоритма с вещественным кодированием // Интеллектуальные системы в производстве. – 2007. – № 2.

УДК 519.854

А. С. Шаура, студент
Ижевский государственный технический университет

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ПОИСКОМ ДОПУСТИМЫХ ОСОБЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УСЛОВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ-РАВЕНСТВАМИ

Предложен алгоритм решения задач условной оптимизации при ограничениях-равенствах с применением генетических операторов с вещественным кодированием. В отличие от метода штрафных функций предлагаемый метод не требует подбора весовых коэффициентов, поскольку допустимые решения выбираются на этапе отбора, а их количество в популяции специально повышается.

В общем виде задача условной оптимизации с целевой функцией $F(X)$ и системой ограничений $g_i(X)$ и $h_i(X)$ имеет вид

$$F(X) = F(x_1, x_2, ..., x_N) \to \min ; \quad (1)$$

$$g_i(X) \le 0, \quad i = \overline{1, m_1} ; \quad (2)$$

$$h_i(X) = 0, \quad i = \overline{1, m_2} . \quad (3)$$

В частном случае задача условной оптимизации (1)–(3) может иметь более простой вид и принадлежать к одному из классов, выделенных по типу ограничений: задачи с ограничениями-неравенствами (1), (2) и задачи с ограничениями-равенствами (1), (3). Для каждого класса характерна своя специфика. В частности при решении исходной задачи с ограничениями в виде неравенств с помощью генетического алгоритма в популяции может присутствовать достаточно много допустимых особей, для которых выполняются ограничения $g_i(X)$, причем исходя только из функций ограничений нельзя как-либо сравнить эти особи между собой, поэтому они равнодопустимы, а лучшей из них логично считать ту особь, для которой функция минимальна. Эффективный метод решения таких задач, основанный на параллельном поиске допустимых особей, предложен в статье Прохоровской Е. В., Тененева В. А., Шауры А. С. (Интеллектуальные системы в производстве. 2008. № 2. С. 46–55).

В случае же ограничений-равенств понятие допустимости особи приобретает относительный характер, поскольку точное выполнение равенств (3) практически невозможно, поэтому говорить о допустимости можно лишь с некоторой оговоркой на то, что указанные равенства выполняются с известной погрешностью ε. Кроме

© Шаура А. С., 2009