

Sergeev Nikolay Evgenievich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: oknok2005@yandex.ru

64 fl., 37, Dzerjinskogo street, 347901, Taganrog, Russia.

Phone: 88634312241.

Professor.

Цельх Юлия Александровна

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: juliet_tag@yahoo.com.

347924, г. Таганрог, ул. Воскова, 102, кв. 81.

Тел.: 89185203479.

Аспирантка.

Tselykh Julia Alexandrovna

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: juliet_tag@yahoo.com.

102, Voskov street, fl. 81, Taganrog, 347924, Russia.

Phone: 89185203479.

Postgraduate student.

УДК 004.832.34

В.А. Алексеев, М.В. Телегина, И.М. Янников

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В статье рассматриваются этапы обработки данных биомониторинга потенциально опасных химических объектов. На примере биообъектов выполнено формальное описание процесса автоматического изменения регламента измерений параметров биоиндикаторов с помощью нечетких метаимпликаций, разработаны правила принятий решений и построены матрицы нечетких отношений.

Биомониторинг; регламент; метаимпликация; нечеткое словесное описание; логический вывод; удельное фоновое содержание загрязняющего вещества.

V.A. Alekseev, M.V. Telegina, I.M. Yannikov

APPLICATION OF METHODS OF INDISTINCT LOGIC IN PROBLEMS OF THE ANALYSIS OF ECOLOGICAL DATA

In clause it is considered stages of data processing of biomonitoring of potentially dangerous chemical objects. On an example of bioobjects the formal description of process of automatic change of the rules of measurements of parameters of bioindicators by means of indistinct metaimplication is executed, rules of decision-making are developed and matrixes of indistinct attitudes are constructed.

Biomonitoring; the rules; metaimplication; the indistinct verbal description; a logic conclusion; the specific background maintenance of polluting substance.

Введение. Мониторинг потенциально опасных химических объектов (ПОХО) представляет собой комплексную систему долгосрочных наблюдений с целью оценки изменений состояния биосферы или ее отдельных компонентов под влиянием антропогенных воздействий, предупреждения о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья человека, других живых организмов и их сообществ.

Основной задачей биологического мониторинга, как одной из важнейших частей экологического мониторинга ПОХО, является наблюдение за уровнем загрязнения биоты с целью разработки систем раннего оповещения, диагностики и прогнозирования [3].

В рамках нового предложенного подхода к организации контроля загрязнений территории ПОХО выдача решения о характере объекта происходит на основании превышения уровня фонового содержания отравляющего вещества в биоиндикаторах. Формирование эталонов биоиндикаторов, экспериментальное изучение трансформации природных объектов и биологических систем на идентификационных экологических полигонах. Эти полигоны создаются в пределах зон влияния и санитарно-защитных зон. Определение удельного фонового содержания загрязняющего вещества в биообъекте по данным биомониторинга происходит с учетом зависимостей «доза-эффект» и «время-реакция», выявленных на идентификационных экологических полигонах [3].

Так как зачастую исследуемые параметры биообъектов могут представлять собой нечеткое словесное описание, то также использован метод представления знаний в виде нечетких отношений на множестве нечетких ситуаций, представляющих собой множество всех значений параметров, описывающих множество всех регламентов мониторинга. Методы нечеткой логики, теории множеств и отношений в настоящее время широко применяются при построении интеллектуальных систем принятия решений в различных областях человеческой деятельности, где необходимо принимать решение или оценивать ситуацию в условиях неточной информации или при наличии нечетких целей и ограничений [1].

Применение базы правил. В составе любой СППР должна быть база правил (или база знаний). При разработке базы правил необходимо определить множество элементов формальной системы и их область определения и правила преобразования элементов множества. Модуль логического вывода, используя исходные данные из рабочей памяти (базы данных), знания из базы знаний, данные расчетно-аналитического модуля, формирует такую последовательность правил, которые будучи примененными к исходным данным, приводят к решению задачи о необходимости изменения того или иного регламента измерений или о переходе к проведению оперативного мониторинга на основании превышения УФС по определенным видам и количеству биоиндикаторов [2].

В базе правил, использующей данные биомониторинга, должны быть прописаны правила перехода с одного регламента измерения параметров биомониторинга на другой. При этом данные измерений представлены в виде нечетких параметров. Например, «сильное превышение УФС большого количества биоиндикаторов».

Самая сложная проблема автоматического изменения регламента – формальное описание этого процесса с помощью нечетких метаимпликаций вида «если x_i есть A_k , то y_j есть B_l » и построения по ним нечеткого соответствия или графа \tilde{R} , представляющего формальную модель базы знаний. Здесь приняты следующие обозначения: x_i – наименование признаков определения регламента; A_k – нечеткое значе-

ние, которое принимает признак x_i ; y_j – наименование предполагаемого регламента; B_l – нечеткая характеристика степени важности регламента y_j .

Обозначим входные данные x_i в следующем виде: x_1 – «количество биоиндикаторов», x_2 – «величина превышения». Множество возможных нечетких значений для переменной x_i имеет вид {«малое» или «низкое», «ниже среднего», «среднее», «выше среднего», «большое» или «высокое»}. Например, нечеткие множества для значений переменной x_1 (%) имеют вид: «очень малое» (A) – $\{\langle 1|0\rangle, \langle 0,1|10\rangle, \langle 0|20\rangle, \langle 0|30\rangle, \langle 0|40\rangle, \langle 0|50\rangle, \langle 0|60\rangle, \langle 0|70\rangle, \langle 0|80\rangle, \langle 0|90\rangle, \langle 0|100\rangle\}$.

Для установления системой регламента мониторинга введем обозначения лингвистической переменной (имени) y – «мониторинг». Пусть нечеткие значения лингвистической переменной y имеют следующий вид:

«первичный регламент» (PerReg) – $\{\langle 1|1\rangle, \langle 0|2\rangle, \langle 0|3\rangle, \langle 0|4\rangle, \langle 0|5\rangle\}$;

«регламент 1» (Reg1) – $\{\langle 0|1\rangle, \langle 1|2\rangle, \langle 0|3\rangle, \langle 0|4\rangle, \langle 0|5\rangle\}$;

«регламент 2» (Reg2) – $\{\langle 0|1\rangle, \langle 0|2\rangle, \langle 1|3\rangle, \langle 0|4\rangle, \langle 0|5\rangle\}$;

«регламент 3» (Reg3) – $\{\langle 0|1\rangle, \langle 0|2\rangle, \langle 0|3\rangle, \langle 1|4\rangle, \langle 0|5\rangle\}$;

«оперативный мониторинг» (Op) – $\{\langle 0|1\rangle, \langle 0|2\rangle, \langle 0|3\rangle, \langle 0|4\rangle, \langle 1|5\rangle\}$.

Разработка правил принятия решений. Правила принятия решений сформированы в виде метаимпликаций вида «если x_i есть A_k , то y_j есть B ».

Первичный регламент диагностического мониторинга характеризуется малым количеством биоиндикаторов с низкой, средней, высокой величиной превышения уровня фонового содержания отравляющего вещества. Метаимпликация для определения первичного регламента примет вид:

$$((x_1 \text{ есть } B) \& (x_2 \text{ есть } (I \cup K \cup L))) \rightarrow (y \text{ есть } \text{PerReg}), \quad (1)$$

где x_1 – переменная «количество биоиндикаторов», которая принимает значение B – «малое»; x_2 – переменная «величина превышения», которая принимает значения I – «низкая», K – «средняя», L – «высокая»; y – переменная «мониторинг», принимающая значение PerReg – «первичный регламент диагностического мониторинга».

Содержательно метаимпликацию (1) можно прочесть таким образом: «если количество биоиндикаторов x_1 малое B и величина превышения x_2 низкая I или средняя K или высокая L , то мониторинг y первичного регламента PerReg ».

Оперативный мониторинг характеризуется количеством биоиндикаторов выше среднего с высокой величиной превышения УФС ЗВ или большим количеством биоиндикаторов со средней, высокой величиной превышения или предельным количеством биоиндикаторов с низкой, средней, высокой величиной превышения.

Метаимпликация для определения оперативного мониторинга примет вид:

$$\begin{aligned} &(((x_1 \text{ есть } E) \& (x_2 \text{ есть } L)) \cup ((x_1 \text{ есть } F) \& (x_2 \text{ есть } (K \cup L)))) \cup \\ &\cup ((x_1 \text{ есть } G) \& (x_2 \text{ есть } (I \cup K \cup L))) \rightarrow (y \text{ есть } \text{Op}), \quad (2) \end{aligned}$$

где x_1 – переменная «количество биоиндикаторов», которая принимает значения: E – «выше среднего», F – «большое», G – «предельное»; x_2 – переменная «величина превышения», которая принимает значения I – «низкая», K – «средняя», L – «высокая»; y – переменная «мониторинг», принимающая значение Op – «оперативный мониторинг».

Содержательно метаимпликацию (2) можно прочесть таким образом: «если количество биоиндикаторов x_1 выше среднего E и величина превышения x_2 высокая L , или если количество биоиндикаторов x_1 большое F и величина превышения x_2 средняя K или высокая L , или если количество биоиндикаторов x_1 предельное G и величина превышения x_2 низкая I , средняя K или высокая L , то мониторинг y есть оперативный Op ».

Таким образом, метаимпликации представляют собой составную нечеткую логическую формулу импликации $P \rightarrow Q$, в которой **посылка** P также является нечеткой логической формулой, зависящей от значений лингвистических переменных, определяющих **заклучение** Q .

Построение матрицы инцидентий входных и выходных данных биомониторинга. По составленным метаимпликациям построим матрицы нечетких отношений. Они примут вид

$$R = \|x_1, x_2\| \times \|y\|. \quad (3)$$

Для пояснения работы системы построим теперь матрицу нечетких отношений по метаимпликации (1). Запишем метаимпликацию в сокращенном виде $(x_1 \& x_2) \rightarrow (y)$ и построим матрицу инцидентий $R_2 = \|x_1, x_2\| \times \|y\|$ как декартово произведение всевозможных пар соответствующих элементов на базовых шкалах, значения функции принадлежности которых равны нечеткой конъюнкции значений функций принадлежности составляющих ее элементов. Запишем далее значения лингвистических переменных, входящих в метаимпликацию на базовых шкалах в виде:

$$\begin{aligned} & \{ \langle 0|0 \rangle, \langle 0|10 \rangle, \langle 1|20 \rangle, \langle 1|30 \rangle, \langle 0,1|40 \rangle, \langle 0|50 \rangle, \langle 0|60 \rangle, \langle 0|70 \rangle, \langle 0|80 \rangle, \\ & \langle 0|90 \rangle, \langle 0|100 \rangle \}, \\ & \{ \langle 0|0 \rangle, \langle 0|1 \rangle, \langle 0|2 \rangle, \langle 0|3 \rangle, \langle 0|4 \rangle, \langle 0|5 \rangle, \langle 1|6 \rangle, \langle 1|7 \rangle, \langle 1|8 \rangle, \langle 1|9 \rangle, \langle 0,1|10 \rangle, \\ & \langle 0|11 \rangle, \langle 0|12 \rangle, \langle 0|13 \rangle, \langle 0|14 \rangle, \langle 0|15 \rangle, \langle 0|16 \rangle, \langle 0|17 \rangle, \langle 0|18 \rangle, \langle 0|19 \rangle, \langle 0|20 \rangle, \\ & \langle 0|21 \rangle, \langle 0|22 \rangle, \langle 0|23 \rangle, \langle 0|24 \rangle, \langle 0|25 \rangle \} \rightarrow \{ \langle 0|1 \rangle, \langle 1|2 \rangle, \langle 0|3 \rangle, \langle 0|4 \rangle, \langle 0|5 \rangle \}. \end{aligned}$$

Тогда матрица инцидентий нечеткого соответствия R_2 представляет собой декартово произведение, множество строк которого помечено элементами базовой шкалы лингвистических переменных x_1, x_2 , а множество столбцов – элементами базовой шкалы лингвистической переменной y . Аналогично строятся матрицы инцидентий для остальных метаимпликаций.

Построение базы знаний на множестве нечетких ситуаций. По нечеткой метаимпликации можно построить нечеткое соответствие, задаваемое нечетким двудольным графом или матрицей инцидентий, и используемое для определения регламента мониторинга, которое осуществляется автоматически. В результате выполнения декомпозиции как раз и получается нечеткое значение вектора регламента. Эта процедура выражает собой суть декомпозиционного правила нечеткого логического вывода.

В качестве примера построим логический вывод по ситуации S_1 . Представим каждый шаг логического вывода в виде выражения $\frac{A}{B}$, где A – посылка, которая представляет собой совокупность экспериментальных данных – измеренные зна-

чения биомониторинга; В – заключение, которое представляет собой принимаемое посылке А решение.

1. Исходное утверждение: первичный регламент диагностического мониторинга проводится при малом количестве биоиндикаторов с низким, средним или высоким превышением уровня фонового содержания (УФС) загрязняющего вещества (ЗВ).
2. Шаг вывода: Измеренные значения: малое количество биоиндикаторов с низким превышением.

При таких измеренных значениях необходимо проводить первичный регламент.

Алгоритм принятия решения об изменении регламента биомониторинга.

Анализ данных биомониторинга включает в себя несколько этапов: определение эталонов, измерение значений параметров биоиндикаторов, перерасчет значений в зависимости от влияния внешних факторов, определение уровня фонового содержания отравляющего вещества, принятие решения об изменении регламента, определение дальнейших действий. В данной статье приведен алгоритм принятия решения об изменении регламента.

Входные данные:

1. База данных для хранения информации о биоиндикаторах, их параметрах и эталонах.
2. Нечеткая переменная X_{value} «величина превышения», описанная в виде [3] (α , T, X, A), где α – название нечеткой переменной «величина превышения»; T – описание терм-множества = {«очень низкая», «низкая», «средняя», «высокая»}; X – универсальное множество (область определения α), $X_v = [0, 25]$; A – нечеткое множество на X, описывающее ограничения, $A = \{[X_v, \mu(x)] | x \in X\}$ на значения нечеткой переменной α , $\mu(x)$ – функция принадлежности элемента множества X_v к величине превышения.
3. Нечеткая переменная X_{amount} «количество биоиндикаторов», (α , T, X, A), где α – название нечеткой переменной «количество биоиндикаторов»; T – описание терм-множества = {«очень малое», «малое», «ниже среднего», «среднее», «выше среднего», «большое», «предельное»}; X – универсальное множество (область определения α), $X_a = [0, 100]$; A – нечеткое множество на X, описывающее ограничения, $A = \{[X_a, \mu(x)] | x \in X\}$ на значения нечеткой переменной α , $\mu(x)$ – функция принадлежности элемента множества X_a к количеству биоиндикаторов.
4. База правил принятия решения об изменении регламента проведения биомониторинга в виде нечетких ситуаций.

Выходные данные:

Необходимо по уровню фонового содержания отравляющего вещества в различных видах биоиндикаторов сделать вывод о необходимости проведения оперативного или диагностического мониторинга.

Алгоритм определения регламента:

1. Выбираем из базы данных проведенное измерение с рассчитанными УФС ЗВ.
2. Определим процентное содержание одного биоиндикатора при проведении выбранного регламента.

$$amount_i = \frac{100\%}{c}; i = 1, \dots, c; \quad (4)$$

где $amount_i$ – процентное содержание каждого биоиндикатора при проведении выбранного регламента, %; c – количество биоиндикаторов в выбранном регламенте.

3. Определим нечеткое значение переменной X_{value} «величина превышения». Из базы данных выбирается четкое значение величины превышения уровня фонового содержания отравляющего вещества в фонах и в соответствии с базой правил принятия решения определяется нечеткое значение данной переменной.

Если исследованы все биоиндикаторы в данном регламенте, то переходим к п.4, иначе возвращаемся к п.2.

4. Если нечеткое значение X_{value} при проведении выбранного регламента для различных биоиндикаторов равно, то пересчитывается X_{amount} по следующему правилу:

Если $((X_{value_d} = X_{value_f}) \text{ И } (d=1, \dots, c) \text{ И } (f=1, \dots, c) \text{ И } (d \neq f)),$

то $((amount_d = amount_d + amount_f) \text{ И } (amount_f = nul) \text{ И } (X_{value_f} = nul)).$

5. По имеющимся данным в базе правил определим нечеткое значение переменной X_{amount} «количество биоиндикаторов».
6. Итак, при расчете получается множество ситуаций $MS \ MS = \{S_i\};$ $i=1, \dots, g;$ $g \leq c;$ где g – количество ситуаций; количество данных ситуаций может быть равно количеству биоиндикаторов исследованных в выбранном регламенте или быть меньше этого количества; S_i – ситуация, возникающая при определенных значениях переменных X_{amount} и X_{value} ; она выглядит следующим образом: $S = \{X_{amount}, X_{value}\}.$
7. По базе правил находим данные ситуации и определяем значения предстоящих решений выбора регламента. Если в результате получается несколько разных решений, то выбираем регламент с максимальным весом значимости.
8. $Reg = Reg_i \text{ нпу } Weight(Reg_i) = \max(Weight(Reg_i)); i=1, \dots, b;$ где b – количество возможных регламентов; $Weight(Reg_i)$ – вес регламента.

Выходными данными системы анализа данных биомониторинга является вывод об изменении регламента диагностического мониторинга или о переходе к оперативному мониторингу с предлагаемым вариантом отбора проб на данном объекте.

Проведены эксперименты по апробации методологического подхода к организации биомониторинга с использованием экологического идентификационного полигона. Оценивалось воздействие мышьяксодержащего раствора на липу мелколистную, сосну обыкновенную, кипрея узколистного, для этих биообъектов по результатам сформированы эталоны различного уровня фонового содержания ЗВ. На основании выявленных зависимостей «доза-эффект» и «время-реакция» произведен расчет уровня содержания УФС ЗВ в исследуемом биообъекте вблизи ПОХО.

Необходимо отметить, что измерения параметров биоиндикаторов производились согласно требований к мониторингу флоры и фауны в зоне защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия по стандартным методикам. В качестве отравляющего вещества использовано мышьяксодержащее соединение [3]. Учитывая особенности миграции и трансформации таких соединений в природных средах, биоиндикаторные таксоны выбраны среди организмов-

обитателей экосистем лесной подстилки, поверхностного слоя почвы, организмов пресноводных экосистем.

Впервые для обработки данных экологического мониторинга на примере биообъектов выполнено формальное описание процесса автоматического изменения регламента измерений параметров биоиндикаторов с помощью нечетких метаимпликаций. Именно применение аппарата нечеткой математики, позволяющего формализовать, выразить и преобразовывать количественно нечеткие (качественные) понятия, позволили разработать правила принятий решений и по составленным метаимпликациям и построить матрицы нечетких отношений. Программно реализованы алгоритмы определения уровня фонового содержания отравляющего вещества и принятия решения об изменении регламента.

Фактически предложен и частично реализован механизм определения масштабов воздействия ПОО на окружающую среду на основании данных биомониторинга, позволяющий определять воздействие объекта на окружающую среду на уровне малых и сверхмалых доз, в том числе и в отсроченной перспективе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мелихова О.А.* Методы построения интеллектуальных систем на основе нечеткой логики. Научное издание. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2007.
2. *Телегина М.В., Янников И.М.* Учет данных в системе принятия решений при анализе экологической ситуации // Приоритетные направления развития науки и технологий: Доклады Всероссийской научно-технической конф. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. – С. 75.
3. *Янников И.М.* Биомониторинг с использованием полигонов – неотъемлемая часть системы экологической безопасности объектов по хранению и уничтожению химического оружия // Экологическая безопасность регионов России и риск от техногенных аварий и катастроф: Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. – Пенза: Изд-во ПСХА, 2008. – С. 94-95.

Телегина Марианна Викторовна

ГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет».

E-mail: mari_tel@mail.ru.

г. Ижевск, ул. Студенческая, 7.

Тел.: 83412218866; 89068193918.

Научный сотрудник.

Telegina Marianna Viktorovna

«The Izhevsk state technical university».

E-mail: mari_tel@mail.ru.

7, Student's street, Izhevsk, Russia.

Phone: 83412218866; 89068193918.

Scientific employee.

Алексеев Владимир Александрович

ГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет».

E-mail: alekseevv@istu.ru.

Тел.: 83412218866; 89068193918.

г. Ижевск, ул. Студенческая, 7.

Проректор ГОУ ВПО «ИжГТУ» по научно-организационной работе; профессор.

Alekseev Vladimir Aleksandrovich

«The Izhevsk state technical university».

E-mail: alekseevv@istu.ru.

7, Student's street, Izhevsk, Russia.

Phone: 83412218866; 89068193918.

Prorector on scientifically-organizational work; the professor.

Янников Игорь Михайлович

Главное управление МЧС России по Удмуртской Республике, г. Ижевск.

E-mail: astaroth@mail.org.

г. Ижевск, ул. Красногеройская, 73.

Тел.: 83412218866; 89068193918.

Первый заместитель начальника Главного управления МЧС России по Удмуртской Республике

Yannikov Igor Mixailovich

Central administrative board of the Ministry of Emergency Measures of Russia on the Udmurt Republic, Izhevsk, Russia.

E-mail: astaroth@mail.org.

73, Krasnogeroyevskaya street, Izhevsk, Russia.

Phone: 83412218866; 89068193918.

The First deputy chief of Central administrative board of the Ministry of Emergency Measures of Russia on the Udmurt Republic.

УДК 004.89

Ю.А. Целых

**МУЛЬТИАГЕНТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОПИСАНИЯ СЛОЖНЫХ СЦЕН
ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯМ**

В статье рассматриваются особенности описания сложных сцен по видеоизображениям на основе мультиагентной парадигмы. Функционирование системы обработки видеоизображений представляется в виде совокупности автономных процессов. Предлагается архитектура интеллектуального агента. Для анализа сцен по месту локализации агентов слежения размещаются маркеры и производится замена изображения объекта фантомом.

Мультиагентные системы; интеллектуальный анализ сцен; агенты слежения.

J.A. Tselykh

**MULTIAGENT IMPLEMENTATION OF COMPLEX SCENES DESCRIPTION
BASED ON VIDEO IMAGES**

We address the aspects of identification of complex scenes using video images based on multiagent paradigm. The operation of video-display processing system is presented as an aggregate of autonomous processes. We propose an architecture of an intelligent agent. For scene analysis we locate the markers on the surveillance agents and replace an object image with a phantom.

Multiagent systems; intelligent analysis; surveillance agents.

Для решения задач автоматического описания сцен по видеоизображениям в статье [1] предложена технология работы системы видеоаналитики. С целью получения значений признаков, достаточных для описания сцен по видео- и фотоизображениям, было введено понятие виртуального агента слежения. Далее рассмотрим особенности описания сложных сцен по видеоизображениям на основе мультиагентной парадигмы.

Алгоритм функционирования системы обработки видеоизображений в общем виде представлен на рис. 1.