

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НЕЧЕТКИХ ОПИСАНИЙ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Костикова А.В.<sup>1</sup>, Гагарин А.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия (400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28), e-mail: anastasia.ise@yandex.ru

В статье рассматривается методика оценки состояния объектов сложных систем на основе динамических нечетких множеств. Разработан алгоритм моделирования динамических нечетких функций принадлежности, описывающих свойства исследуемых объектов. Каркас графической модели динамических нечетких множеств формируется из реперных и бифуркационных точек, поиск неизвестных значений функций принадлежности осуществляется на основе алгоритмов аппроксимации. Для представления этапов процесса построения динамических нечетких множеств и описания взаимодействия элементов используется методология функционального моделирования. Подробно описаны основные информационные потоки и структура промежуточных процессов формирования динамических нечетких множеств. На основе теоретических и прикладных исследований разработано программное обеспечение моделирования динамических нечетких множеств. Информационная система написана в интегрированной среде разработки Lazarus на языке Object Pascal. Представлены основные этапы работы программы, и их описания. Для иллюстрации использования информационной системы приведены экранные формы.

Ключевые слова: экспертные оценки, динамические нечеткие функции принадлежности, лингвистическая переменная, реперные точки, бифуркационные точки, аппроксимация.

## SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE EXPERT MODELING THE DYNAMIC FUZZY DESCRIPTIONS OF COMPLEX SYSTEMS

Kostikova A.V.<sup>1</sup>, Gagarin A.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Volgograd State Technical University, Russia, Volgograd (400005, Volgograd, Lenin avenue, 28), e-mail: anastasia.ise@yandex.ru

There are represented the new approach to estimate the condition of complex systems, which based on the dynamic fuzzy sets concept. An algorithm for constructing the dynamic membership function has been developed. The frame of the dynamic membership function is formed by defining points and the point of bifurcation. For searching unknown points are used approximation methods. Stages in the process of constructing dynamic fuzzy sets and the description of interaction of elements are represented by using methodology of functional modeling. There are described the main information flows and the structure of the intermediate modeling process. We have developed software for the automation constructing the dynamic membership function. Program was developed in the IDE Lazarus in the language of Object Pascal. There are characterized the main program steps and to show the application of the information system provided on-screen forms.

Keywords: the expert estimations, dynamic membership function, linguistic variable, defining points, the point of bifurcation, approximation.

Проблема разработки методик аналитико-экспертного оценивания для описания динамических характеристик объектов весьма актуальна для лиц, анализирующих поведение сложных систем, информация о свойствах которых представляется не только в числовой форме, но и в виде неформализованных знаний, выраженных в экспертных суждениях. Кроме того, существующие методы не учитывают влияние фактора времени в процессе анализа и оценки поведения объектов, что ограничивает описание динамических систем и не всегда может гарантировать достоверность получаемых результатов в процессе принятия

решений на определенный момент времени. Преодоление указанных ограничений решается путем применения концепции динамических нечетких множеств [4,5].

Даже при отсутствии точных данных о значениях каких – либо критериев, лицо, принимающее решение или эксперт в состоянии описать их словами, например, «в последние несколько лет наши конкурентные преимущества достаточно высоки», «на протяжении текущего года сохраняется высокий уровень спроса» и т.д. Такой оценки вполне достаточно для определения функций принадлежности лингвистических переменных и их компьютерной обработки наряду с другими, более детерминированными показателями. Множество значений лингвистической переменной составляют нечеткие множества, смысловое значение которых заключается в том, что они характеризует определенный оценочный уровень или класс, такой как, например, «низкий-средний-высокий». В общем случае для оценки состояния объекта на основе знаний эксперта требуется построить динамические нечеткие множества для каждого параметра исследуемого объекта, произвести математические вычисления и определить к какому кластеру принадлежит значение исследуемого показателя.

Исходным пунктом для построения ДНМ является постановка задачи предметной области ( $Z$ ), так как именно особенности изучаемого предмета задают основные характеристики для моделирования, отражают смысловую нагрузку решаемой задачи, служат базой для определения критериев оценки и ограничений задачи.

$$Z = \{F_n, L_m, D(L_m), T, P_i(x_i, \mu_{x_i}), R_i(x_i, \mu_{x_i})\},$$

где  $F_n$  – набор критериев для принятия решения;

$L_m$  - набор лингвистических переменных;

$D(L_m)$  - область определения лингвистических переменных;

$T$  - горизонт построения модели;

$P_i(x_i, \mu_{x_i}), R_i(x_i, \mu_{x_i})$  - реперные точки и точки бифуркации.

В результате обработки исходных данных и применения вычислительных экспериментов, получаем динамические терм-множества значений критериев  $T_D$ .

$$T_D = \{T_{Dk}\}, k = 1, 2, \dots, m$$

Описание нечетких подмножеств осуществляется путем формирования соответствующих динамических функций принадлежности в следующей последовательности:

1. Указание реперных и бифуркационных точек на всем горизонте построения модели[4];

2. Формирование массивов экспериментальных данных из указанных экспертом точек, описывающих степень принадлежности каждого исследуемого параметра заданному нечеткому множеству в разные моменты времени[3];
3. Поиск неизвестных точек путем применения алгоритмов аппроксимации[5];
4. Описание динамических нечетких множеств и их графическое представление в виде построения динамических функций принадлежности;
5. Построение динамического терм-множества значений показателей.

Алгоритмизация процесса построения динамических нечетких множеств, в том числе описание взаимодействия элементов и информационных потоков, представлена функциональной моделью на рисунке 1. На входе диаграммы – постановка задачи, на выходе – динамические терм-множества значений критериев. Эксперт снабжает систему знаниями об исследуемом объекте предметной области, реперными и бифуркационными точками на всем горизонте построения модели, подбирает вид функций принадлежности в разные периоды времени [6]. Для работы системы необходимо формирование базы данных и базы знаний.

После формулировки задачи предметной области и определения исследуемого объекта, формируется база данных, которая будет включать в себя множество параметров для оценки объекта, которые могут объединяться в группы по классификационным признакам, и множество лингвистических переменных, значения которых характеризуют выбранные параметры по подмножествам. База критериев и база показателей формируют те признаки, факторы или атрибуты, по которым производится оценка интегрального показателя. Базы знаний содержат информацию относительно формирования области определения лингвистических переменных для каждого параметра во все промежутки времени.

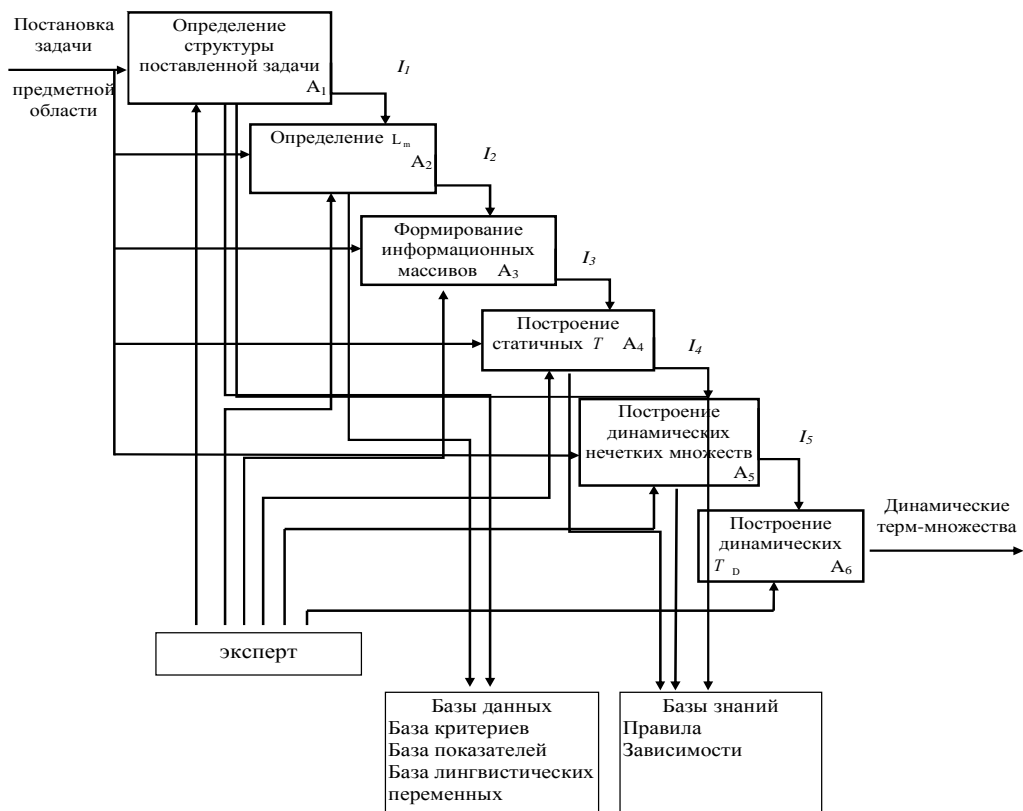


Рис. 1. Функциональная модель процесса построения динамических функций принадлежности

Информационный поток процесса моделирования динамических функций принадлежности показателей качества жизни населения региона представляется следующим образом:

$$I_n = \{I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6\},$$

где  $I_1$  – данные о выбранных критериях и показателях оценки интегрального показателя и количестве временных срезов;  $I_2$  – данные о лингвистических переменных для описания состояния показателей качества жизни населения;  $I_3$  – множество данных для формирования информационных массивов экспертных данных;  $I_4$  – множество данных для построения статических терм-множеств значений показателей качества жизни населения;  $I_5$  – множество данных для построения динамических нечетких множеств показателей качества жизни населения;  $I_6$  – множество данных для построения динамических терм-множеств значений показателей качества жизни населения.

На основе теоретических и прикладных исследований было разработано программное средство динамического нечеткого моделирования интерактивного процесса экспертного оценивания свойств сложных систем, визуализированных с помощью трехмерных графиков. Данная информационная система предполагает решение следующих функциональных задач:

- Редактирование и ввод данных;

- Построение двумерной функции принадлежности для определенного момента времени;
- Аппроксимацию недостающих значений;
- Построение динамических функций принадлежности.

Информационную систему решено было разработать в интегрированной среде разработки Lazarus на языке Object Pascal. Основные этапы работы программы представлены на рис. 2.

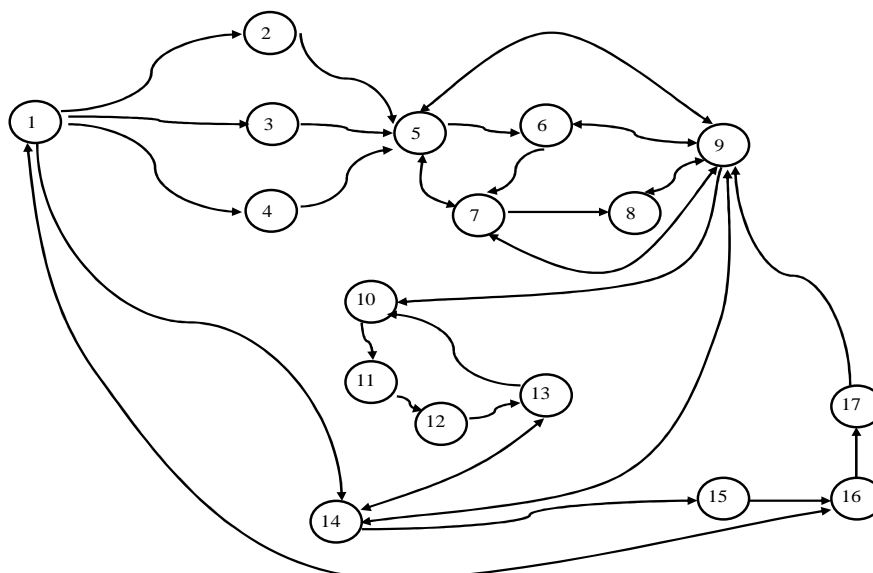
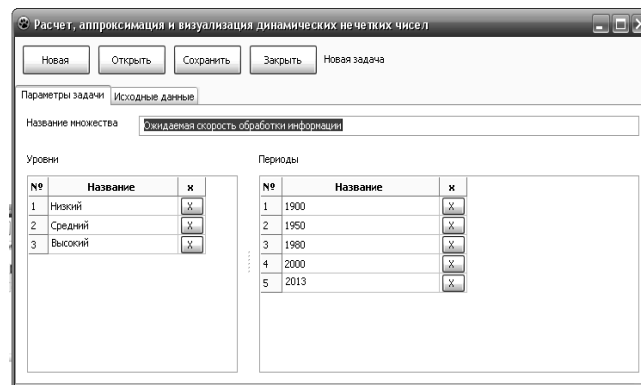


Рис.2. Граф работы информационной системы

1 – Запуск; 2 – Новая задача; 3 – Открыть задачу; 4 – Открыть задачу из списка последних файлов; 5 – Ввод частных показателей оценивания; 6 – Ввод исходных данных о лингвистических переменных, определяющих кластеры; 7 – Установка интервала времени; 8 – Сохранение задачи в файл; 9 – Редактирование исходных данных; 10 – Определение законов построения функций принадлежности нечетким множествам; 11- Определение величины и границы зоны абсолютной уверенности; 12 – Определение реперных и бифуркационных точек; 13 – Подбор функциональной зависимости и определение типа статической функции принадлежности; 14 – Построение 2D модели нечеткого множества; 15 - Аппроксимация недостающих значений по периодам для моделирования ДНМ; 16 - 3D визуализация ДНМ; 17 – Завершение работы.

Процесс внесения исходных данных автоматизирован следующим образом: эксперту предоставляется экранная форма (рис.3, а), куда необходимо занести исходные данные о нечетком множестве, наименовании и количестве оценочных уровней (кластеров), указать число временных периодов. Внесенные сведения автоматически переносятся на следующую экранную форму (рис.3,б). Для удобства восприятия пользователем, экранная форма работающей программы разбита на два блока: исходных данных и графического

представления, причем правый график иллюстрирует статические функции принадлежности, а на левом отражается динамическое нечеткое множество после аппроксимации недостающих значений. По мере внесения информации по элементам, на графике слева появляются точки и строится кривая (рис. 3, б). Построение динамических нечетких множеств осуществляется отдельно для каждого оценочного уровня. Эксперт выбирает в окне программы показатель, временной период и вносит данные о виде функций принадлежности для каждого уровня, указывает известные ему реперные и бифуркационные точки. Нажатие на кнопку «Аппроксимация» запускает автоматизированный процесс поиска недостающих значений функции принадлежности, после чего появляется график динамического нечеткого множества (рис. 3,в).



a

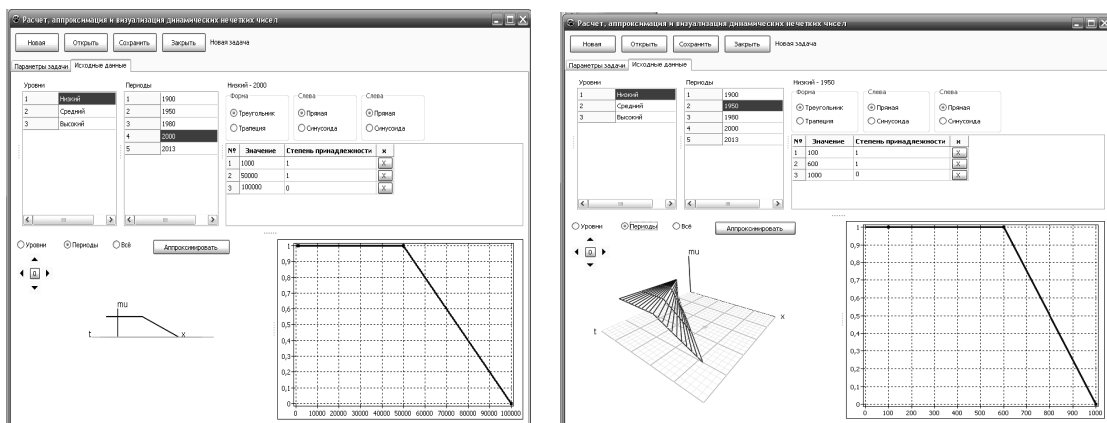


Рис.3 . Экранные формы автоматизированной системы моделирования динамических нечетких множеств

Разработанный математический аппарат и его программная реализация не ограничивают эксперта в выборе предметной области, числе исследуемых показателей и горизонте планирования. Множество элементарных операций, из которых состоит процесс

построения динамических нечетких множеств, легко алгоритмизируются и реализуются с помощью вычислительных машин (рис. 3).

### Список литературы

1. Гагарин А.Г. Опыт создания прикладного научного программного обеспечения: монография / А.Г. Гагарин, А.Ф. Рогачев – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2011. – 192 с.
2. Гагарин А.Г. Многокритериальная оценка внешнего качества программного обеспечения : монография / А.Г. Гагарин, А.Ф. Рогачев – Волгоград, 2011. – 115 с.
3. Непараметрическая экспертиза объектов сложной структуры: монография / П.В. Терелянский. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К<sup>о</sup>», 2009. – 221 с.
4. Терелянский П.В. Принятие решений на основе динамических нечётких множеств / Терелянский П.В., Костикова А.В. // Аудит и финансовый анализ. - 2013. - № 1. - С. 449-457
5. Терелянский П. В. Разработка методики построения динамических нечетких моделей для оценки качества жизни населения / Терелянский П.В., Костикова А.В. // Аудит и финансовый анализ. - 2013. - № 4. - С. 449-459
6. Терелянский П. В. Динамические функции принадлежности первого, второго, третьего и четвертого типов/ П. В. Терелянский, А.В. Костикова // Aktualne problem nowoczesnych nauk – 2012 : mater. VIII miedzynar. nauk.-prakt. konf., 07-15 czerwca 2012 r. T. 42. Matematyka. – Przemysl, 2012. – с. 52-53.

### Рецензенты:

Рогачев А.Ф., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Математическое моделирование и информатика», Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград.

Терелянский П.В., д.э.н., доцент, заведующий кафедрой «Информационные системы в экономике», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград.