

УДК 004.415.2.043

А.Э. Ермилов, П.В. Мисевич

## ПРИМЕНЕНИЕ ФРЕЙМОВОЙ МОДЕЛИ И НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ В ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАРИЕВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Приводится методика и пример использования возможностей фреймовой модели с применением аппарата нечёткой логики в процедурах-демонах фреймов. Эта методика может послужить основой для разработки информационного обеспечения автоматизированной системы мониторинга.

*Ключевые слова:* фреймовая модель, нечёткая логика, информационное обеспечение, автоматизированная система мониторинга.

### Введение

Построение системы мониторинга поведения объектов распределённых в пространстве (физическом, виртуальном и т.д.) ставит ряд сопутствующих задач по созданию программного и информационного обеспечения, которые способны «подстраиваться» под последовательность ситуаций. Часто изменение ситуаций трудно формализовать детерминированным алгоритмом. Это инициирует разработку интеллектуальных систем, способных принимать самостоятельные решения или предоставлять варианты действий на выбор оператору.

В основе информационного обеспечения таких систем, как правило, лежат различные модели баз знаний: семантические сети, нейронные сети, продукционная модель, объектно-ориентированная модель, фреймовая модель и комбинации этих моделей [1]. Применение аппарата фреймов [2] переносит свойства моделей баз знаний на создаваемые программно-аппаратные комплексы: облегчает генерацию ситуационного описания, формализацию последовательности событий, ориентирует на модификацию и расширение системы с минимальными затратами.

### Теоретический анализ

Существует хорошо зарекомендовавший себя аппарат и методика построения автоматизированных систем на базе фреймовой модели на примере САПР 80-90-х годов [3], которая ориентирована на реализацию типовых сценариев и обработку детерминированных входных данных. Кроме того, на базе фреймового подхода строится модель сценарно-ситуационного представления информации, очень близкого к человеческому мышлению [2]. А значит, существует возможность пользоваться этой моделью для создания автоматизированных систем, способных принимать решения самостоятельно.

Фреймовая модель с течением времени претерпела некоторые изменения. В [4] рассматриваются вопросы использования сети фреймов для работы с мультимедийными компонентами. В данной работе авторы предлагают развивать фреймовый подход в направлении поддержки аппарата нечёткой логики для создания инструментального комплекса информационного обеспечения, позволяющего обрабатывать нечёткие множества входных параметров.

### Методика

Использование аппарата фреймов для построения машинно-ориентированных моделей в САПР поддерживает формирование ситуационного описания и формализацию сценариев [3]. В дополнение к изложенному в [3] подходу для реализации процесса заполнения

слотов предлагается использовать новый класс процедур – демонов, которые поддерживают процедуры нечёткой логики [5].

Вторым направлением применения аппарата нечёткой логики является изменение приоритетов на множестве сценариев работы автоматизированной системы.

Сформулированные задачи требуют развития фреймовой теории с целью создания инструментариев построения программного обеспечения, поддерживающих решение описанных задач. Первым шагом в этом направлении стало создание расширенной классификации элементов фреймовой сети [2], которая является дальнейшим развитием результатов, опубликованных в работе [4].

На рис. 1 показаны новые классы элементов фреймовой модели, определяющие содержанием процедур-демонов. Процедуры основаны: на агентном подходе, нейронных сетях, статистическом анализе, правилах продукции, нечёткой логике и др. Применение нечёткой логики позволяет решать задачи в предметной области не только на уровне точных значений, но и с применением естественного для человека понятийного аппарата (холодно/тепло/жарко, далеко/близко, много/мало и т. д. [5]).

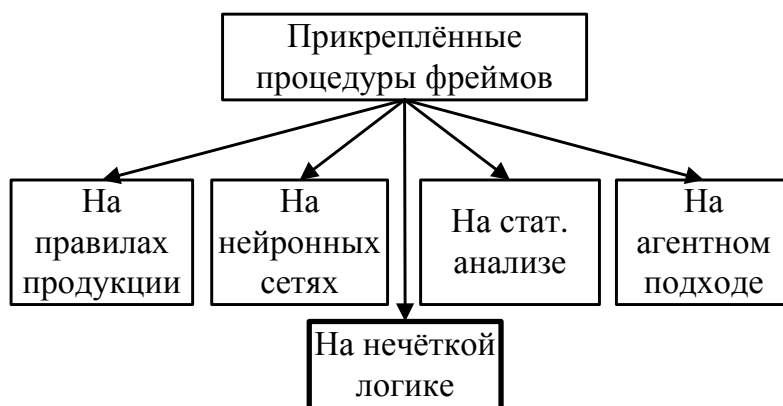


Рис. 1. Расширение классификации прикреплённых процедур фреймов аппаратом нечёткой логики

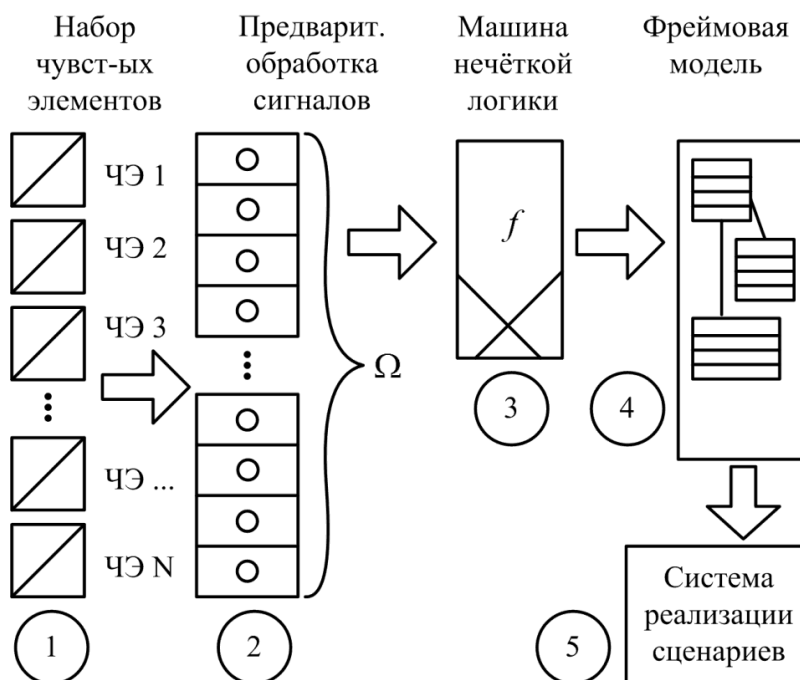


Рис. 2. Обобщённая схема системы мониторинга на базе фреймовой модели и машины нечёткой логики

Рассмотрим реализацию предлагаемого подхода на системе мониторинга (рис. 2). В этой системе данные об объекте наблюдения получаются множеством распределённых по объекту мониторинга датчиков. Сигнал от измерителя поступает в систему предварительной обработки, которая оцифровывает сигнал и делает интеллектуальную предобработку [6]. Например, для датчиков виброускорения система осуществляет выделение спектра и других характеристик временного ряда.

Для проведения измерений несколькими датчиками одновременно (схема повышенной надёжности из трех измерителей) выходные значения подвергаются обработке машиной нечёткой логики, с целью заполнения слотов и построения дерева фреймовой модели. На основе фреймовой сети генерируется сценарий функционирования автоматизированной системы, который «подстраивается под ситуацию» на объекте мониторинга.

### Экспериментальная часть

В ряде случаев (например, при доводке новых типов железнодорожного подвижного состава) требуется проведение исследований поведения опытных образцов в реальных условиях эксплуатации. Тогда в качестве инструментариев используются системы мониторинга, которые с помощью чувствительных элементов контролируют множество типовых параметров  $\Omega$  (рис. 2). В нашей предметной области это:

- множество показаний температуры основных рабочих узлов (буксы осей колёсных пар, двигатели, масло трансформатора, выпрямительная установка):

$$T = \langle T_1, T_2, \dots, T_i \rangle,$$

где  $i$  – количество датчиков температуры;

- множество показаний напряжения в цепях управления и контактной сети:

$$U = \langle U_1, U_2, \dots, U_j \rangle,$$

где  $j$  – количество датчиков напряжения;

- множество значений виброускорения в критических узлах (колёсно-моторный блок, буксы, тягово-сцепное устройство):

$$G = \langle G_1, G_2, \dots, G_k \rangle,$$

где  $k$  – количество датчиков виброускорения;

- множество показаний давления воздуха в главных резервуарах, тормозной пневматической магистрали и тормозных цилиндрах:

$$P = \langle P_1, P_2, \dots, P_n \rangle,$$

где  $n$  – количество датчиков давления;

- значение скорости движения  $V$  и т.д.

При построении системы мониторинга для представления результатов пользователям используется аппарат нечёткой логики, который поддерживает эмоциональную окраску ситуации (первая типовая задача, рассмотренная ранее).

Значения температуры в нашей системе интерпретируются как «нормальная», «повышенная» и «аварийная». Ответственность за заполнение значений слотов во фреймах «лежит» на так называемых процедурах-демонах, которые получают и обрабатывают входные воздействия для каждого слота во фрейме, перед занесением результатов обработки в слот (рис. 3). Таким образом, при снятии и обработке очередного значения температуры в слот будет заноситься ссылка на субфрейм, характеризующий лексическое значение (рис. 3). Исходное значение температуры так же запоминается в других элементах фреймовой модели.

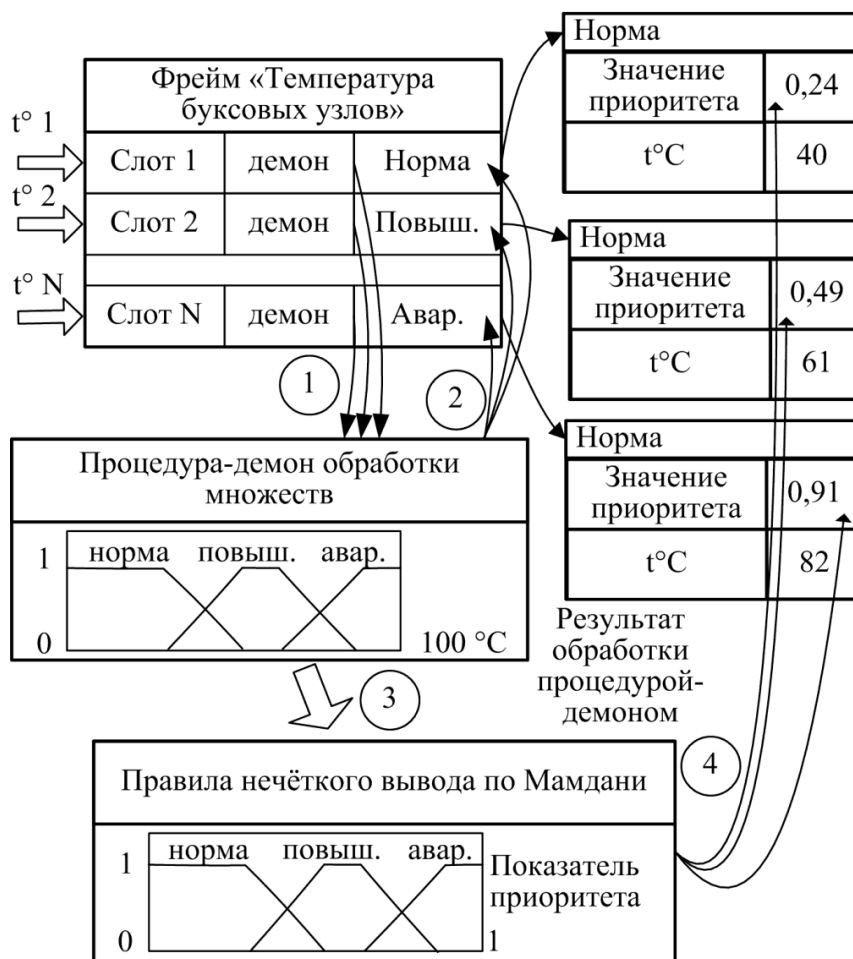
Рассмотрим процедуру выбора субфрейма на примере заполнения слотов фрейма описания температуры букс (рис. 2, подсистема 3). Значения лингвистических переменных определяются входными воздействиями с использованием функций принадлежности [5]. Реализация этой идеи потребовала прикрепления процедуры-демона к фрейму с именем «Температура букс». При обновлении значений температуры в слотах процедура-демон осу-

ществляет выбор значения лингвистической переменной «Температура буксового узла» с помощью функции определения максимального значения:

$$\max(F_1(t), F_2(t), F_3(t)), \quad (1)$$

где  $F_{1,2,3}(t)$  – нечёткие переменные, отражающие температурный диапазон на множестве значений  $T_i$  для  $i$ -го узла (см. рис. 4). Выбранное по правилу (1) значение определяет «загрузку» в слот ссылки на субфрейм, характеризующий данную ситуацию (рис. 3).

Вторая типовая задача – это ранжирование (например, последовательность обработки слотов, построения цепочки сценариев работы системы и др.). Для решения этой задачи субфрейм оснащается значением меры-показателя приоритета, характеризующего «важность» этого параметра. Этот показатель-мера генерируется с помощью правил нечёткого вывода по алгоритму Мамдани [7] (рис. 4). Рассмотрим его работу более подробно.

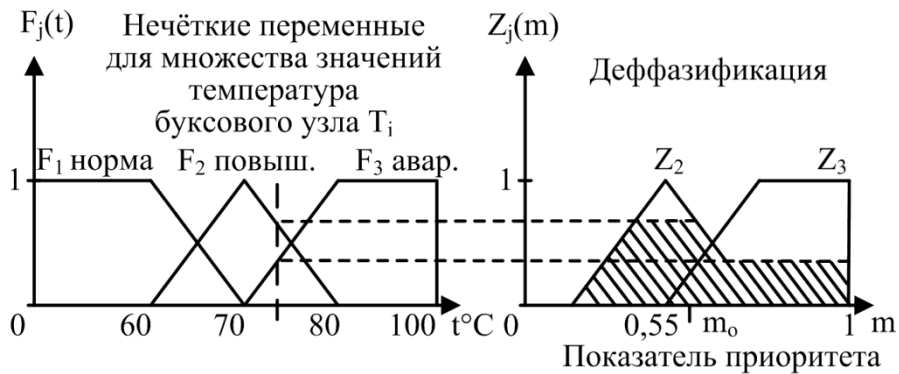


**Рис. 3. Фрейм со слотами, имеющими демоны, основанные на аппарате нечёткой логики**

Сначала вычисляется верхняя граница отсечения для правила  $Z_j(m)$ , значение функции  $F_j(t)$  при заданном значении горизонтальной оси  $t$  на левом графике (в данном случае множества температуры). Таким образом, из правила дефазификации  $Z_j(m)$  получается фигура, относящаяся к данной нечёткой переменной с усечением по верхней границе (значению по оси  $F_j(t)$  в данной точке оси  $t$ ). После обработки всех правил, которых затронуло данное значение температуры, полученные фигуры объединяются и образуется суммарная фигура  $Z_s$  (заштрихована). Процесс дефазификации происходит по формуле центра тяжести (2). По приближённой формуле (3) вычисляется центр массы  $Z_s$  и проецируется на горизонтальную ось  $m$ . Полученное число  $m$  является результатом нечёткого вывода.

$$m_o = \frac{\int_0^1 mZ_s(m)dm}{\int_0^1 Z_s(m)dm}, \tag{2}$$

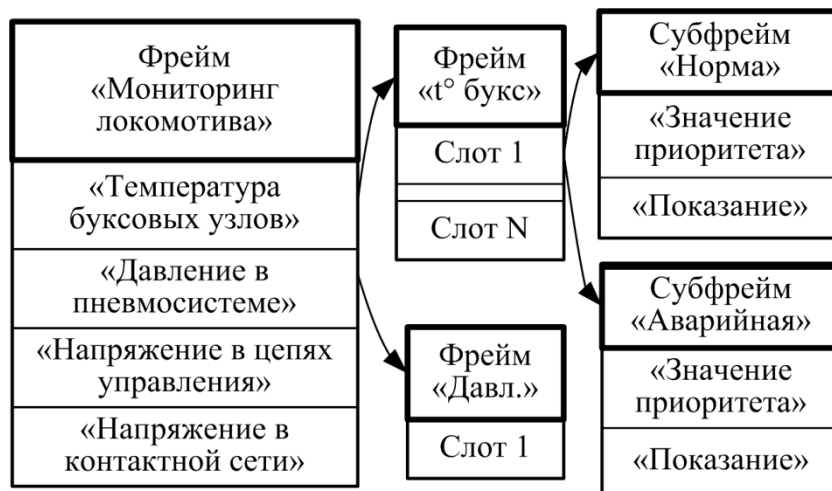
$$m_o = \frac{\sum_k m_k Z_s(m) \Delta m_k}{\sum_k Z_s(m) \Delta m_k}. \tag{3}$$



**Рис. 4. Графическое представление нечётких переменных на множестве «Температура буксового узла» и правило нечёткого вывода Мамдани для определения показателя приоритета**

Ранжирование субфреймов приводит к заданию иерархии на сценариях  $S = \langle S_1, S_2, \dots, S_a \rangle$ . Введение пороговых значений позволяет включать в список сценариев обработки результатов мониторинга только те элементы ранжируемого множества, которые имеют проблемно ориентированные (критические) значения в данный момент времени.

Применение модифицированной фреймовой модели позволяет генерировать ситуационное описание объекта мониторинга, связывающее все контролируемые параметры в единую картину. Каждой ситуации соответствует свой фрейм-состояние системы, который является корнем сети фреймов, характеризующих эту ситуацию. Пример такого описания – фрагмент фреймовой модели – представлен на рис. 5.



**Рис. 5. Ситуационное описание объекта мониторинга при помощи модифицированной фреймовой модели**

## Результаты

1. Предложена модификация фреймового подхода, которая направлена на использование аппарата нечёткой логики для решения комплекса задач построения и поддержки систем мониторинга.

2. Создана теоретическая база для построения инструментального комплекса автоматизации генерации информационного и программного обеспечения автоматизированных систем мониторинга в рассматриваемой предметной области.

## Библиографический список

1. **Басалин, П.Д.** Организация процесса проектирования в САПР с использованием фреймово-продукционной модели / П.Д. Басалин, П.В. Мисевич // Математическое моделирование и оптимальное управление: межвуз. тематич. сб. научн. тр. / под ред. Р.Г. Стронгина. – Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 1996. С. 164–171.
2. **Минский, М.** Фреймы для представления знаний / М. Минский. – М: Энергия, 1979. – 151 с.
3. **Семенов, В.В.** Принципы формирования и фрагменты базы знаний теории управления. Общее математическое обеспечение систем автоматизированного проектирования / В.В. Семенов. – М.: МАИ, 1981. – 158 с.
4. **Белов, Д.А.** Разработка инструментариев проектирования автоматизированных систем дистанционного мониторинга и управления: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01. – Н.Новгород, 2010. – 131 с.
5. **Заде, Л.А.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде. – М.: Мир 1976. – 167 с.
6. **Хранилов, В.П.** Нечеткая модель динамической системы интерактивного распределения ресурсов при проектировании и ее приложения // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2007. №2. С. 26–32.
7. **Леоненков, А.В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ Петербург, 2005. – 736 с.

*Дата поступления  
в редакцию 05.02.2015*

**A.E. Ermilov, P.V. Misevich**

## APPLICATION OF FRAME MODEL AND FUZZY LOGIC IN THE BASIS OF CONSTRUCTION TOOLKIT OF AUTOMATED MONITORING SYSTEMS

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

**Purpose:** To examine the approaches composition of frame model and fuzzy logic as an information provision for automated monitoring systems.

**Methodology:** Procedures demons of frame model complemented by fuzzy logic for processing the input data of monitoring.

**Findings:** As result this approach assumes the formation of dynamic functioning scenarios of the automated monitoring system.

**Research limitations/implications:** The present study provides a starting-point for further research in the monitoring systems sector.

**Originality/value:** This approach involves the formation of information provision with the model close to human thinking.

*Key words:* frame model, fuzzy logic, information provision, automated monitoring system.