

УДК 004.021

**П. Ю.Кириллов, А. И.Секирин**

Донецкий национальный технический университет  
кафедра автоматизированных систем управления

E-mail: kpu777@yandex.ua

## **СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЛОКОМОТИВОМ**

### ***Аннотация***

**Кириллов П.Ю., Секирин А.И. Система поддержки принятия решений по управлению локомотивом.** В данной статье рассматривается проблема повышения безопасности ведения поездного состава и минимизация затрат на топливно-энергетические ресурсы. Определены основные понятия и разработана математическая модель. Проведен анализ моделей для формализации и представления знаний.

**Ключевые слова:** локомотив, система поддержки принятия решений, нечеткий логический вывод, нечеткое продукционное правило.

### **Общая постановка проблемы**

Локомотив — самоходный рельсовый экипаж, предназначенный для тяги несамых вагонов. Локомотивная бригада — группа рабочих на железнодорожном транспорте, на которую возлагается обязанность обслуживания локомотива, безопасное ведение поезда, выполнение графика движения, экономичное использование топливно-энергетических ресурсов.

Проблема автоматизации рабочего места локомотивной бригады является актуальной, поскольку ее решение позволит повысить безопасность ведения поездного состава, минимизировать затраты на топливно-энергетические ресурсы, минимизировать отклонение от графика движения.

Процесс управления локомотивом упрощенно состоит из трех этапов:

- оценка ситуации;
- принятие решения;
- реализация решения (управляющая операция).

Целью разрабатываемой системы поддержки принятия решений является автоматизация первых двух этапов процесса управления локомотивом. Устройство поддержки принятия решений будет оценивать поездную ситуацию, и выдавать рекомендации относительно действий по управлению локомотивом. Окончательное решение будет принимать локомотивная бригада.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- анализ предметной области, существующих методов и моделей принятия решений и пакетов прикладных задач;
- получение, с помощью метода экспертных оценок, алгоритма действий машиниста в различных ситуациях;
- разработка нечеткой базы знаний;
- разработка алгоритма нечеткого логического вывода;
- проверка точности модели и определение её эффективности.

### **Объект исследования**

Объектом исследования является рабочее место локомотивной бригады.

Кабина машиниста — специальное отдельное помещение на локомотиве, которое служит рабочим местом локомотивной бригады.

В кабине машиниста обычно располагается следующее оборудование:

- пульт управления машиниста, контроллер машиниста
- пульт управления помощника машиниста.
- приборы управления тормозами: кран машиниста, кран вспомогательного тормоза, блокировочное устройство, кран двойной тяги.
- клапана управления тифоном, свистком, песочницей.
- привод ручного тормоза.
- регулятор давления.
- приборы безопасности: автоматическая локомотивная сигнализация, электропневматический клапан автостопа, дополнительные устройства безопасности.

На панели пульта машиниста находятся кнопочные выключатели, сигнальные лампы и измерительные приборы:

- вольтметр напряжения в контактной сети, вольтметр напряжения на тяговых электродвигателях, амперметры тока тяговых электродвигателей, амперметр тока возбуждения тяговых электродвигателей;
- манометры: главного резервуара, уравнительного резервуара, тормозной магистрали, тормозных цилиндров.

На пульте помощника машиниста находятся кнопочные выключатели, вольтметр напряжения на аккумуляторной батарее и в цепях управления, манометр давления сжатого воздуха в цепях электрических аппаратов.

Кран машиниста — прибор, предназначенный для управления всеми тормозами поезда. Кран машиниста расположен на пути движения воздуха из главного резервуара в тормозную магистраль. Кран машиниста выполняет следующие функции: зарядку тормозной магистрали поезда и полный отпуск тормозов, ступенчатое и полное служебное торможение, экстренное торможение, ступенчатый и полный отпуск тормоза.

Клапан управления подачей песка — входит в состав системы, которая в свою очередь предназначена для подачи песка под движущие колёсные пары, тем самым повышая коэффициент сцепления колёс с рельсами, что в свою очередь позволяет увеличить касательную силу тяги и исключить боксование [1].

Автоматическая локомотивная сигнализация — система сигнализации на рельсовом транспорте, передающая сигнальные показания на пост управления подвижного состава. Различают локомотивную сигнализацию непрерывного действия, при которой информация о сигнале светофора поступает непрерывно, и точечную, когда информация на локомотив передаётся в момент прохода мимо сигнальной точки [2].

Электропневматический клапан автостопа -прибор, служащий для приведения в действие автоматических тормозов поезда при утрате машинистом бдительности.

### Разработка математической модели

Рассматривается задача поддержки принятия решения для локомотивной бригады

$$y_j = f(x_i, x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} \dots), (1)$$

где  $x_i$  – полученный сигнал от некоторой  $i$ -той ситуации;

$x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}$  - множество дополнительных сигналов, измеряемых при  $i$ -той ситуации и необходимых для принятия решения;

$f$  – функция, принимающая решение;

$y_j$  – множество выходных сигналов (решение предлагаемое системой).

Одной из типичных ситуаций является получения красного сигнала светофора ( $x_i$ ). Событиями  $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}$  и т.д. будут текущая скорость поезда, состояние тормозной магистрали поезда, расстояние до светофора, состояние реек, характеристика состава поезда и т.д.  $y_j$  – решения о переводе управляющих рычагов в некоторое другое, более оптимальное, для данной ситуации положение.

Схематически система представлена на рисунке 1.

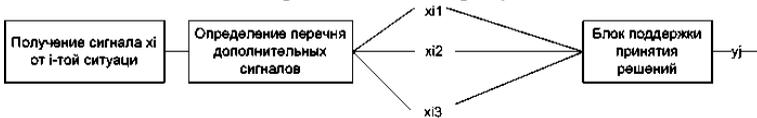


Рис. 1 – Схематическое представление системы

### Методы и модели решения задачи

Для реализации процесса интеллектуального управления подвижным составом основную роль играет база знаний. Представление знаний - это формализация и структурирование знаний, с помощью которых отображаются основные характерные признаки[4]: внутренняя интерпретируемость, структурированность, связность, семантическая метрика, активность.

Для формализации и представления знаний в памяти информационных систем существует ряд моделей, которые можно структурировать следующим образом:

- логические модели;
- продукционные модели;
- сетевые модели;
- фреймовые модели;
- математические модели;

- модели с нечеткими правилами логического вывода.

В основе логических моделей представления знаний лежит понятие формальной системы в виде четверки:

$$M = \langle T, P, A, F \rangle, (2)$$

где  $T$  – множество базовых символов теории  $M$  (например, буквы алфавита);

$P$  – множество синтаксических правил, посредством которых из базовых символов строятся формулы;

$A$  – множество построенных формул, состоящих из аксиом;

$F$  – правила вывода, определяющие множество отношений между правильно построенными формулами.

Продукционная модель – модель, позволяющая представить знания в виде предложений, называемых продукциями, типа «Если (условие), то (действие)». Под условием (антецедентом) понимается некоторое предложение-образец, по которому осуществляется поиск в базе знаний, а под «действием» (консеквентом) – операции, выполняемые при успешном исходе поиска (они могут быть промежуточными, выступающими далее в качестве условий и терминальными или целевыми, завершающими работу системы). Чаще всего вывод на такой базе знаний бывает прямой (от данных к поиску цели) или обратный (от цели для ее подтверждения – к данным).

Семантическая сеть – это ориентированный граф, вершины которого отображают некоторые понятия, а дуги – отношения между ними. Таким образом, семантическая сеть отражает семантику предметной области в виде понятий и отношений [6].

Фреймовая модель представляет собой систематизированную психологическую модель памяти человека и его сознания. Фрейм является структурой данных для представления стереотипной ситуации. С каждым фреймом ассоциирована информация разных видов. Одна ее часть указывает, каким образом следует использовать данный фрейм, другая – что предположительно может повлечь за собой его выполнение, третья – что следует предпринять, если эти ожидания не подтвердятся. Фрейм можно представлять себе в виде сети, состоящей из узлов и связей между ними [4].

Подход с использованием нечеткого логического вывода предполагает использование знаний экспертов об объекте управления, представляемых в виде правил, выраженных на естественном языке. При описании объекта используются лингвистические переменные, определяющие состояние объекта.

**Лингвистическая переменная определяется кортежем**

$$\langle \beta; T; U; G; M \rangle, \quad (3)$$

где  $\beta$  – наименование лингвистической переменной, отражающей некоторый объект или параметр изучаемой предметной области;  $T$  – множество ее значений или термов, представляющих собой наименования нечетких переменных, областью определения каждой из которых является

множество  $U$ ;  $G$  – синтаксическая процедура, описывающая процесс образования из множества  $T$  новых, осмысленных для данной задачи принятия решений значений лингвистической переменной;  $M$  – семантическая процедура, позволяющая приписать каждому новому значению, образуемому процедурой  $G$ , некоторую семантику путем формирования соответствующего нечеткого множества, т. е. отобразить новое значение в нечеткую переменную [5].

Дальнейшие процедуры формализации направлены на получение нечетких множеств, определяющих параметры объекта управления. Дальнейший расчет управления производится с помощью применения операций над нечеткими множествами ("И", "ИЛИ", "НЕ"), а также операций взятия минимума, максимума. Последним этапом является обратное преобразование управления, полученного в виде нечеткого множества, в реальное значение выхода. Базовыми алгоритмами нечеткого логического вывода являются алгоритмы Мамдани и Сугено.

### **Выводы**

В результате проведенных исследований были определены основные задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели. Кратко был описан объект исследования и разработана математическая модель. Проведен анализ моделей представления данных, выявлены их достоинства и недостатки. Для решения задачи был выбран алгоритм нечеткого логического вывода, т.к. модель нечеткой логики делает возможным реализацию в системе интеллектуальных функций, основанных на анализе неполной информации о предметной области, кроме того, благодаря непрерывности функции принадлежности появляются преимущества в скорости обработки данных.

### **Литература**

1. Дробинский В.А. П.М. Егунов Как устроен и работает тепловоз – М.: Транспорт, 1980. –370 с.
2. Автоматическая локомотивная сигнализация частотного типа усиленной помехоустойчивости АЛС-ЕН/В. М. Лесяков, Д. В. Шалягин и др. - М.: Транспорт, 1990. - 176с.
3. Фреймовая модель представления знаний // Дьяконов В. П., Борисов А. В. Основы искусственного интеллекта. Смоленск, 2007
4. Олкконен Е. А. Модели представления знаний в языковых интеллектуальных обучающих системах // Прикладная математика и информатика : труды Петрозаводского государственного университета . 1997 . № 6 . С. 168-182 .
5. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений/ А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьев и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 394 с.
6. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник. СПб.: Питер, 2001.