

УДК [681.511.4:519.872.6]:[65.012.26:656.1.072]  
ББК 32.965.5:[39.808.03:22.183.5]

*Л. С. Кригер*

## НЕЧЕТКАЯ СИТУАЦИОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

*L. S. Kriger*

### SITUATIONAL FUZZY NETWORK FOR MANAGEMENT OF PUBLIC TRANSPORT

Цель исследований – разработка и построение нечеткой ситуационной сети для управления движением общественного транспорта. Применение нечеткого ситуационного управления для формирования управляющего воздействия на основе информации о текущей ситуации актуально при возникновении в процессе движения общественного транспорта аварийных ситуаций. В устройстве управления, построенном с применением нечеткого ситуационного управления, существует несколько сетей, реализующих процедуру генерации управляющего решения. На основании модифицированной процедуры построения нечетких ситуационных сетей получена уровневая иерархическая нечеткая ситуационная сеть для управления движением общественно-го транспорта.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, нечеткие ситуации, признаки, нечеткая ситуационная сеть, общественный транспорт, управляющее решение.

The purpose of the studies is to develop and create a fuzzy situation-dependent network for traffic control of public transport. Application of fuzzy situation-dependent control for formation of controlling influence on the basis of information on the current situation is urgent in case of occurrence of accidents on the road in the course of movement of public transport. In the control unit constructed using fuzzy situation control, there are some networks implementing the procedure of generation of the controlling decision. On the basis of the modified procedure of creation of indistinct situation-dependent networks the level hierarchical fuzzy situation-dependent network for traffic control of public transport is received.

**Key words:** intelligent system, fuzzy situations, signs, fuzzy situational network, public transport, management solution.

#### Введение

С точки зрения достижения эффективного управления движением общественного электротранспорта и процессом доставки пассажиров наиболее подходящим методом управления является ситуационный подход на основе нечеткой логики (нечеткое ситуационное управление). Главную роль играет понятие ситуации как набора значений признаков, описывающих состояние объекта управления в некоторый момент времени. Все возможные состояния объекта управления описываются набором типовых ситуаций, каждая из которых представляет собой совокупность лингвистических значений признаков.

В силу того, что нечеткая ситуационная сеть представляет собой нечеткий ориентированный взвешенный граф переходов по эталонным нечетким ситуациям, существует возможность, используя ограниченный набор ситуаций, анализировать любые состояния некоторой системы и генерировать управляющие стратегии, переводящие ее из исходного (текущего) состояния в целевое [1]. Набор управляющих решений, позволяющих перевести систему из одного состояния в другое (из одной ситуации в другую), представляет собой стратегию управления. Стратегия управления – это последовательность переходов между нечеткими ситуациями внутри нечеткой ситуационной сети. Переход осуществляется, как правило, на основе некоторой нечеткой продукционной модели либо на основе непосредственно нечеткой ситуационной сети.

Применение нечеткого ситуационного управления для формирования управляющего воздействия на основе информации о текущей ситуации крайне актуально при возникновении аварийных ситуаций на дороге в процессе движения общественного транспорта.

**Постановка задачи**

Постановка задачи нечеткого ситуационного управления движением общественного транспорта в общем виде будет выглядеть следующим образом:

$$s_0 \xrightarrow{R^*, S} s^* .$$

Требуется перевести рассматриваемую систему из текущего состояния  $s_0$  в целевое состояние  $s^*$  с помощью последовательности управляющих решений (управляющей стратегии)  $R^* = \{R_j\}$ , применяемых на основании построенной нечеткой ситуационной сети  $S$ . В качестве  $R^*$  предлагается использовать отношение суммы предпочтений  $\{R_j\}$ , входящих в маршрут дуг на графе нечеткой ситуационной сети, к количеству этих дуг.

Для решения поставленной задачи нечеткого ситуационного управления необходимо:

- формализовать типовые (эталонные) нечеткие ситуации;
- построить нечеткую ситуационную сеть для управления движением;
- выбрать меру близости нечетких ситуаций и построить матрицы управляющих решений;
- определить степени предпочтения управляющих воздействий;
- реализовать алгоритм выбора управляющей стратегии.

**Теоретические аспекты модифицированной процедуры построения нечеткой ситуационной сети**

Идентификация сложившейся ситуации приводит к необходимости выбора управляющего воздействия на основе матрицы отношений, описывающих воздействие управляющих решений. Применение управляющего воздействия переводит объект управления в целевую ситуацию [2]. Для удобства представления и проведения вычислений на основе методологии нечеткого ситуационного управления несколько модифицируем графическое представление нечетких ситуационных сетей.

Применение ситуационного управления для различных классов систем и процессов сопряжено с тем, что для выбора управляющих решений требуется анализ ситуаций, характеризующихся не одним набором факторов (признаков). В этом случае в устройстве управления, построенном с применением нечеткого ситуационного управления, существует несколько сетей, реализующих процедуру генерации управляющего решения, и потому предлагается уровневая иерархическая структура, объединяющая в форме графического представления все нечеткие ситуационные сети, используемые для управления некоторым классом систем (рис. 1).

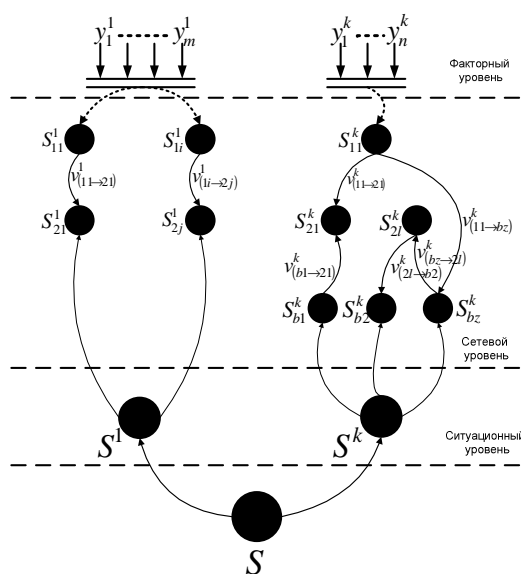


Рис. 1. Уровневая иерархическая нечеткая ситуационная сеть

В соответствии с рис. 1 нечеткая ситуационная сеть  $S$  может быть представлена в виде трех уровней. Ситуационный уровень представляет собой графическое отображение множества всех типов возможных ситуаций  $\{S^1, \dots, S^k\}$ , каждый из которых характеризуется определенным набором факторов (признаков)  $\{y_1^1, \dots, y_m^1\}$ . Стрелки, соединяющие сеть  $S$  и типы ситуаций, необходимы для изображения принадлежности типов ситуаций к той или иной сети. Число сетей в общем случае может быть не единственным.

На сетевом уровне располагается собственно графическое представление нечеткой ситуационной сети в том виде, как того требует классическое представление нечетких ситуационных сетей. Различные виды ситуаций изображаются окружностями, соединенными двунаправленными стрелками, вес которых показывает степень нечеткого включения одной типовой нечеткой ситуации в другую.

И наконец, факторный уровень позволяет указать на уровне иерархической нечеткой ситуационной сети тот набор факторов (признаков)  $\{y_1^1, \dots, y_m^1\}$ , который характеризует конкретный тип возможных типовых нечетких ситуаций [3]. Графически стрелками изображается принадлежность соответствующего подмножества факторов (признаков) к типу ситуаций.

### Трехуровневая иерархическая нечеткая ситуационная сеть для управления движением общественного транспорта

В соответствии с предложенным графическим изображением уровневой иерархической нечеткой ситуационной сети построим ее для рассматриваемой системы управления движением городского общественного пассажирского электротранспорта.

Выделено два класса типовых нечетких ситуаций, которые располагаются на ситуационном уровне (рис. 2):

- $S'$  – типовые нечеткие ситуации, характеризующие опоздание транспортного средства (ТС) из-за различных неблагоприятных условий (затор, разрыв электролинии, ухудшение дорожных или погодных условий);
- $S''$  – типовые нечеткие ситуации, характеризующие изменение пассажиропотока (непредсказуемое увеличение пассажиропотока, массовое мероприятие, поломка ТС).

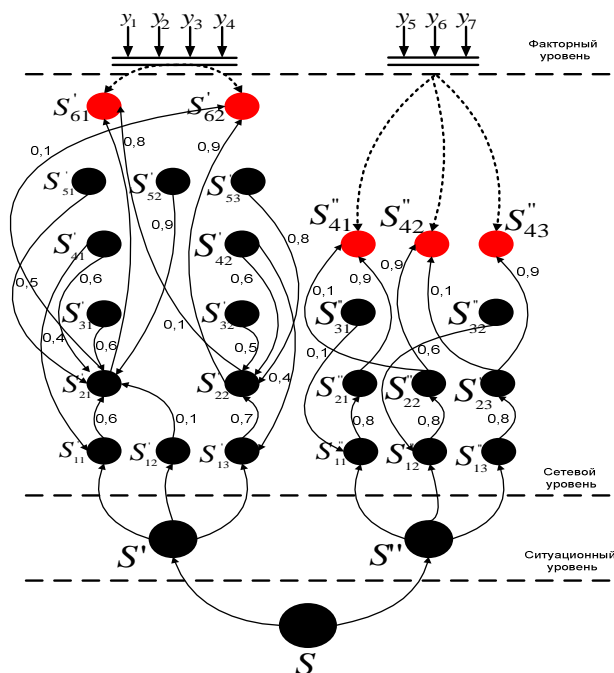


Рис. 2. Трехуровневая иерархическая нечеткая ситуационная сеть

Рассмотрим входную информацию, содержащуюся на факторном уровне. Ситуации типа  $S'$  определяются следующим набором факторов (признаков):

- $y_1 = v_N$  – скорость движения ТС;
- $y_2 = S_p$  – состояние препятствий на маршруте;
- $y_3 = t_0$  – время ожидания ТС;
- $y_4 = t_Z$  – время перемещения до заданной точки.

Ситуации типа  $S''$  определяются следующим набором факторов (признаков):

- $y_5 = Q_1$  – величина пассажиропотока;
- $y_6 = K$  – комфортность поездки;
- $y_7 = N$  – количество единиц транспорта.

На сетевом уровне расположены типовые нечеткие ситуации типа  $S'$ .

**1-й уровень** – типовые ситуации, которые характеризуют возникновение затора на маршруте следования ТС, определяемые снижением скорости движения ТС и увеличивающие время ожидания ТС на остановке и перемещения ТС до заданной точки маршрута:

- $S'_{11}$  – ситуация «Малый затор»;
- $S'_{12}$  – ситуация «Средний затор»;
- $S'_{13}$  – ситуация «Большой затор».

**2-й уровень** – типовые ситуации, которые характеризуют опоздание ТС и увеличение времени ожидания ТС на остановке и перемещения ТС до заданной точки маршрута:

- $S'_{21}$  – ситуация «Несущественное опоздание»;
- $S'_{22}$  – ситуация «Существенное опоздание».

**3-й уровень** – типовые ситуации, характеризующие отключение электроэнергии на маршруте следования ТС, а также обрыв на участке электролинии и необходимые операции для ликвидации этой ситуации, которые также влияют на временные характеристики перемещения ТС на маршруте:

- $S'_{31}$  – ситуация «Устранимый выход из строя участка электролинии»;
- $S'_{32}$  – ситуация «Неустранимый выход из строя участка электролинии».

**4-й уровень** – типовые ситуации, которые характеризуют выход из строя дорожного полотна на маршруте следования ТС, а значит снижают скорость перемещения ТС на маршруте и, косвенно, комфортность поездки:

- $S'_{41}$  – ситуация «Устранимый выход из строя участка дорожного полотна»;
- $S'_{42}$  – ситуация «Неустранимый выход из строя участка дорожного полотна».

**5-й уровень** – типовые ситуации, которые характеризуют колебания погодных условий (атмосферные осадки, гололедица и пр.); данные погодные факторы существенным образом влияют на безопасность перемещения пассажиров по маршруту следования ТС:

- $S'_{51}$  – ситуация «Малое ухудшение дорожных условий»;
- $S'_{52}$  – ситуация «Среднее ухудшение дорожных условий»;
- $S'_{53}$  – ситуация «Большое ухудшение дорожных условий».

**6-й уровень** – типовые ситуации, которые характеризуют нормальные условия функционирования ТС на маршруте, т. е. перемещение с требуемой скоростью для удовлетворения условиям графика движения, сгенерированного при составлении оптимального расписания движения ТС на конкретном маршруте. Данные ситуации являются теми целевыми ситуациями, к которым должно быть приведено движение ТС на маршруте при различных значениях нечетких признаков, характеризующих ситуации:

- $S'_{61}$  – ситуация «Нормальное движение без препятствий на маршруте»;

- $S'_{62}$  – ситуация «Нормальное движение с препятствиями на маршруте».

На сетевом уровне расположены типовые нечеткие ситуации типа  $S''$ :

**1-й уровень** – типовые ситуации, определяющие одномоментное или постепенное прогнозируемое увеличение численности пассажиров на остановочных пунктах, вызванное, например, изменением погодных условий:

- $S''_{11}$  – ситуация «Малое превышение допустимого пассажиропотока»;
- $S''_{12}$  – ситуация «Среднее превышение допустимого пассажиропотока»;
- $S''_{13}$  – ситуация «Большое превышение допустимого пассажиропотока».

**2-й уровень** – типовые ситуации, характеризующие прогнозируемое, ожидаемое увеличение пассажиропотока из-за проводимых вблизи маршрута следования ТС массовых мероприятий:

- $S''_{21}$  – ситуация «Массовое мероприятие малого масштаба»;
- $S''_{22}$  – ситуация «Массовое мероприятие среднего масштаба»;
- $S''_{23}$  – ситуация «Массовое мероприятие большого масштаба».

**3-й уровень** – типовые ситуации, характеризующие выход из строя ТС из-за поломки узлов и агрегатов:

- $S''_{31}$  – ситуация «Существенная поломка ТС»;
- $S''_{32}$  – ситуация «Несущественная поломка ТС».

**4-й уровень** – типовые ситуации, характеризующие прогнозируемое, ожидаемое увеличение пассажиропотока из-за проводимых вблизи маршрута следования ТС массовых мероприятий:

- $S''_{41}$  – ситуация «Малое увеличение единиц транспорта на маршруте»;
- $S''_{42}$  – ситуация «Среднее увеличение единиц транспорта на маршруте»;
- $S''_{44}$  – ситуация «Большое увеличение единиц транспорта на маршруте».

### Заключение

На основании модифицированной процедуры построения нечетких ситуационных сетей получена уровневая иерархическая нечеткая ситуационная сеть для управления движением общественного транспорта, которая обладает следующими специфическими свойствами:

- имеются три метауровня нечеткой ситуационной сети – факторный, сетевой и ситуационный;
- в графическом представлении показаны признаки, которые участвуют в формировании эталонных нечетких ситуаций;
- набор типовых ситуаций, характеризующий конкретный вид ситуаций, расположен на одном уровне;
- классы ситуаций, определяемые различными наборами признаков (факторов) показаны в сети с помощью различных графоподобных структур.

Статья поступила в редакцию 28.11.2012

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мелихов А. Н., Бернштейн Л. С., Коровин С. Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
2. Кригер Л. С. Интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении движением общественного транспорта // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2012. – № 2. – С. 150–155.
3. Кригер Л. С., Квятковская И. Ю. Формализация типовых ситуаций в задачах управления движением общественного транспорта // Науч.-техн. ведомости Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-та. – 2012. – № 3 (150). – С. 106–110.

REFERENCES

1. Melikhov A. N., Bernshtein L. S., Korovin S. Ia. *Situatsionnye sovetuiushchie sistemy s nechetkoi logikoi* [Situational advisory systems with fuzzy logics]. Moscow, Nauka Publ., 1990. 272 p.
2. Kriger L. S. Intellektual'naiia sistema podderzhki priniatiia reshenii pri upravlenii dvizheniem obshchestvennogo transporta [Intelligent system of decision support at control of public transport traffic]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2012, no. 2, pp. 150–155.
3. Kriger L. S., Kviatkovskaia I. Iu. Formalizatsiia tipovykh situatsii v zadachakh upravleniia dvizheniem obshchestvennogo transporta [Formalization of typical situations in tasks of control of public transport traffic]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta*, 2012, no. 3 (150), pp. 106–110.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Кригер Лилия Сергеевна** – Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры «Прикладная информатика в экономике»; kriger\_l@mail.ru.

**Kriger Liliya Sergeevna** – Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Applied Informatics in Economics"; kriger\_l@mail.ru.