

Модель процесса мониторинга транспортной сети специального назначения на основе нечеткой логики

Бабошин В.А.

к.т.н., доцент

Сиротенко Ф.Ф.

ОАО «Научно-исследовательский институт «Рубин», г. Санкт-Петербург

Аннотация

В статье рассматривается модель процесса мониторинга транспортной сети специального назначения, построенная с использованием основных положений теории моделей и многозначных логик. Разработан набор правил для определения состояния объектов мониторинга транспортной сети специального назначения на основе оценки состояния связанных объектов-частей.

Ключевые слова: транспортная сеть; нечеткая логика; мониторинг; оценивание состояния; теория моделей.

Введение

Методы реализации задач принятия решений с различными типами неопределенности данных, возможные типы, источники и модели формализации могут быть сформулированы подобно моделям задач математического программирования, в том числе и в случаях операций с величинами, имеющих многократные неопределенности данных [1]. В качестве источников форм представления параметров неопределенности или состояний объектов могут выступать:

1. «Природа» или способ формирования контролируемых параметров моделей (детерминированные, статистические, нечеткие, нечетко-статистические, статистически-нечеткие и др. величины [1]).
2. Неоднозначность интерпретации результатов наблюдений явлений, использование различных методов измерений и описаний характеристик (различные допущения о свойствах процессов, требований точности и т.п.).
3. Наличие нескольких асинхронных источников информации, использующих разные методы наблюдений.
4. Представление сложных форм неопределенных данных через обобщение более простых в их причинно-следственной взаимосвязи.

В общем случае процесс создания нечеткой модели состоит из следующих шагов:

- определение входных и выходных переменных вида (X, D_x, Y, D_y, p_i, q) ;
- определение логических операций на основе t -нормальных функций;
- задание функций принадлежности каждой переменной (F_{X_i}, F_Y) ;
- определение множества нечетких правил $\{R_j\}$;
- определение типа нечеткого вывода на основе нечетких правил.

Для предметной области автоматизированные системы управления связью (АСУС), в частности, для описания оборудования, построенного по модульному принципу, характерны взаимосвязи «целое-часть целого». В объектной модели процесса мониторинга транспортной сети специального назначения для описания взаимосвязи между объектами мониторинга (ОМ) воспользуемся именно этим решением и введем следующие обозначения:

O^{Int} – «объект-целое»;

O_i^{Part} – «объект-часть целого», $i=1, k$ где k – общее число таких объектов;

«Контейнер» – список указателей на объект O^{Int} , для которого объекты O_i^{Part} его части;

«Компоненты» – список указателей на O_i^{Part} , для которых объект O^{Int} – "целое".

Объектами моделирования являются: объект O^{Int} и множество его объектов- частей O_i^{Part} . Требуется определить состояние b_S для O^{Int} на основании состояния связанных с ним объектов O_i^{Part} .

Модель должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать учет состояния объекта O^{Int} на основе состояния его частей O_i^{Part} ;
- формировать оценку состояния объекта O^{Int} и O_i^{Part} на основании нечетких данных;
- выдавать определение текущего состояния любого ОМ периодически (по таймеру) с заданным интервалом;
- фиксировать состояние любого ОМ при качественном изменении состояния или при обработке прерывания по команде должностного лица.

Для определения состояния ОМ в модели используется вероятности ошибок первого и второго рода. Под ошибкой первого рода понимается получение результата «Норма» при нахождении ОМ в состоянии «Авария». Под ошибкой второго рода понимается получение результата «Авария» при нахождении ОМ в состоянии «Норма».

Показателем оценки эффективности процесса мониторинга в данной модели принимается уменьшение вероятности ошибки первого рода при не увеличении вероятности ошибки второго рода по сравнению с моделью определения состояния ОМ на основе детерминированных правил. Очевидно, что различные части объекта вносят разный вклад в общее состояние, поэтому для учета их значимости в интегральный показатель «Состояние» объекта O^{Int} в модели вводятся показатели «Важность» и «Использование» для объектов O_i^{Part} .

Показатель «Важность» характеризует влияние объекта O_i^{Part} на статичное состояние объекта O^{Int} . В модели для этого показателя вводится лингвистическая переменная b_M «Важность» с областью определения на интервале [0, 1]. Для нее назначаются следующие термы: A^{HB} – «Не важно», A^{H3} – «Не значительно», A_B – «Важно», A_3 – «Значительно», A_K – «Критично», входящие в терм-множество:

$$T_M = (A_{HB}, A_{H3}, A_B, A_3, A_K) \quad (1)$$

Каждый из перечисленных термов характеризуется своей функцией принадлежности μ_{HB} , μ_{H3} , μ_B , μ_3 , μ_K соответственно.

Показатель «Использование» характеризует влияние объекта O_i^{Part} на функциональное состояние объекта O^{Int} , аналогично вводится лингвистическая переменная b_U «Использование» с областью определения на интервале [0, 1]. Для нее также определяются термы A_{HI} – «Не используется», A_{HC} – «Не часто», A_{PI} – «Периодически», A_C – «Часто», A_{PC} – «Постоянно», входящие в терм-множество

$$T_U = (A_{HI}, A_{HC}, A_{PI}, A_C, A_{PC}) \quad (2)$$

Для каждого терма также определяется своя собственная функция принадлежности μ_{HI} , μ_{HC} , μ_{PI} , μ_C , μ_{PC} соответственно.

Введение лингвистической переменной позволяет задавать характеристики объектов сети в стандартных лингвистических терминах на основе эвристических знаний об ОМ. Так, например, для некоторого ОМ можно задать нечеткую характеристику «Используется не часто или периодически и важность незначительна», которая используется при моделировании для определения состояния объекта O^{Int} , для которого он является частью. Кроме того, введение лингвистических переменных позволяет использовать для определения состояния объекта O^{Int} метод Сугено на основе набора правил и методов нечеткого вывода [3]. Правила задаются на основе алгоритма Сугено 1-го порядка в виде высказываний вида:

$$\text{если } x \text{ есть } A1 \text{ и } y \text{ есть } B1, \text{ тогда } z = a1x + b1y \quad (3)$$

$$\text{если } x \text{ есть } A2 \text{ и } y \text{ есть } B2, \text{ тогда } z = a2x + b2y \quad (4)$$

Проведем аналогию и в контексте введенных переменных и сформируем шаблон высказывания:

$$\text{ЕСЛИ } x_1=A_1 \text{ [И|ИЛИ } x_2=A_2 \text{ [...]] ТО } y=B \tag{5}$$

Используя данный шаблон и введенные понятия лингвистической переменной и ее термов, получим, высказывание вида:

ЕСЛИ Состояние $O_i^{Part} = \text{«Авария»}$ И Важность $O_i^{Part} = \text{«Критично»}$ И Использование $O_i^{Part} = \text{НЕ}$ («не используется»), ТО состояние объекта $O^{Int} = \text{«Авария»}$.

В результате применения шаблона получено множество правил $\{R^{Pl}\}$, определяющих состояние объекта O^{Int} , сведенных в таблицу в виде набора условий и выводов по ним. Построение лингвистического выражения по таблице проводится следующим образом:

1. Совокупность заголовка столбца и значения строки в ячейке этого столбца дает условие, например, состояние $O_i^{Part} = \text{норма}$.
2. Условия, полученные по значениям строк одной ячейки, объединяются в общее условие оператором ИЛИ.
3. Условия, полученные по значениям трех левых столбцов таблицы, объединяются в общее условие оператором И.

В результате построения лингвистического выражения по j -той строке таблицы получим одно из правил r_j из множества $\{R^{Pl}\}$, которое позволяет сформировать вывод с учетом условия, полученного по правому столбцу таблицы. Вычисление значения результата использования каждого правила производится с использованием параметрических t -норм и t -конорм Швайцера-Скляра, которые обладают минимальной ошибкой при наличии нечетких исходных данных, $0,5 \leq \lambda < 1$ [3].

Значение параметра λ выбирается в зависимости от требований к вычислительным ресурсам и точности вывода результатов моделирования, в частности при $\lambda=1$ можно свести операции Швайцера-Скляра к операциям Лукасевича при незначительном снижении точности вывода [4].

Таблица 1

Условия и выводы для составления набора правил $\{R^{Pl}\}$

Состояние O_i^{Part}	Важность O_i^{Part}	Использование O_i^{Part}	Состояние O^{Int}
Авария	Критично	Постоянно	Авария
		Часто	
		Периодически	
		Не часто	
	Значительно	Не используется	Предупреждение
		Постоянно	Авария
		Часто	
		Периодически	
	Не часто		
	Важно	Не используется	Предупреждение
		Постоянно	Авария
		Часто	
Периодически			
Не часто			
Не значительно	Не используется	Норма	
	Постоянно	Авария	
	Часто		
	Периодически		
Не часто			
		Часто	Предупреждение
		Периодически	Норма
		Не часто	
		Не используется	
	Не важно	Постоянно	
		Часто	
	Периодически	Норма	
	Не часто		

Состояние O_i^{Part}	Важность O_i^{Part}	Использование O_i^{Part}	Состояние O^{Int}
		Не используется	
Предупреждение	Критично Значительно	Постоянно	Предупреждение
		Часто	
	Важно	Периодически	Предупреждение
		Не часто	
	Не значительно	Не используется	Норма
		Постоянно	Предупреждение
	Часто		
	Не важно	Периодически	Норма
Не часто			
	Не используется	Предупреждение	
	Постоянно		
	Часто	Норма	
	Периодически		
	Не часто	Предупреждение	
	Не используется		
Норма	Критично Значительно	Постоянно	Норма
		Часто	
	Важно	Периодически	Норма
		Не часто	
Не значительно	Не используется	Предупреждение	
	Постоянно		
Не важно	Часто	Норма	
	Периодически		
	Не часто	Предупреждение	
	Не используется		

Результатом вычисления значения каждого правила для каждого объекта-части является набор значений переменной «Состояние» с соответствующей функцией истинности

$$B = \{\varpi_{ij} / b_{ij}\}, \quad (6)$$

где

b_{ij} – значение состояния объекта-целого из терм-множества TS полученное при применении к i -му объекту-части j -го правила, ϖ_{ij} – истинность полученного значения состояния объекта-целого.

Из множества B следует исключить те результаты, истинность которых меньше определенного порога.

Значение переменной состояние определено на дискретном множестве T_S , включающем состояния $A_{норм}$ = «Норма», $A_{ав}$ = «Авария», $A_{пред}$ = «Предупреждение».

Для оценки нечеткого состояния объекта-целого:

Из множества B выделяются множество пар $B_{норм}$, для которых $b_{ij} = A_{норм}$.

Из множества B выделяются множество пар $B_{пред}$, для которых $b_{ij} = A_{пред}$.

Из множества B выделяются множество пар $B_{ав}$, для которых $b_{ij} = A_{ав}$.

Вычисляется принадлежность параметра «Состояние» объекта-целого терму $A_{норм}$

$$b_S(A_{норм}) = \sum_{\varpi_{ij}/b_{ij} \in B_{норм}} \frac{\varpi_{ij}}{|B_{норм}|}. \quad (7)$$

Вычисляется принадлежность параметра «Состояние» объекта-целого терму $A_{пред}$

$$b_S(A_{пред}) = \sum_{\varpi_{ij}/b_{ij} \in B_{пред}} \frac{\varpi_{ij}}{|B_{пред}|}. \quad (8)$$

Вычисляется принадлежность параметра «Состояние» объекта-целого терму $A_{ав}$

$$b_s(A_{ав}) = \sum_{\sigma_{ij}/b_{ij} \in B_{ав}} \frac{\omega_{ij}}{|B_{ав}|}. \quad (9)$$

Результатом описанных действий является значение нечеткой переменной «Состояние объекта-целого». Примером значения такой переменной является «Норма» – 0,12, «Предупреждение» – 0,32, «Авария» – 0,94. Дефаззификация значения этой переменной производится по методу *Мот (Mean Of Maximums)* центра максимумов.

Таким образом, предложенная модель на основе нечеткой логики и метода нечеткого вывода Сугено позволяет получить оценку состояния объекта по данным технологического мониторинга как в нечетком, так и в четком виде. Нечеткая оценка нужна для последующего оценивания состояния объектов, содержащих оцененный ОМ как часть. Четкая оценка нужна для детальной оценки состояния рассматриваемого ОМ в рамках АСУС. Детальная оценка проводится дежурным инженером или начальником отделения по обслуживанию и управлению ЦТСС, например, для выявления причин возникновения аварии или предупреждения.

Литература

1. Лю Б. Теория и практика неопределенного программирования // Б. Лю. Пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2005. 416 с.
2. Бабошин В.А., Никифоров О.Г., Сиротенко Ф.Ф. Объектно-ориентированная модель транспортной сети как объекта мониторинга в интересах автоматизированной системы управления. XI Российская научно-техническая конференция «Новые информационные технологии в системах связи и управления» Калуга: Издательство научной литературы Н.Ф. Бочкаревой. 2012. Калуга.
3. Бабошин В.А., Сиротенко Ф.Ф. Модель оценки процесса мониторинга транспортной сети специального назначения // Вопросы радиоэлектроники. Сер. СОИУ. 2013. Вып. 1. С. 132–1381.
4. Ходашинский И.А. Формальнологический метод и аппроксимация Мамдани в нечетком оценивании величин // Автометрия. 2006. № 1. С. 55-67.
5. Ковалёв С.П. Применение логики Лукасевича для разработки алгоритмов. Электронный ресурс. www.iph.ras.ru/uplfile/logic/log12/Li_12_kovalev.pdf.
6. Бубнов В.А. Логические операции трехзначной логики. Электронный научный журнал «Вестник Омского государственного педагогического университета». Выпуск 2006.

Для цитирования:

Бабошин В.А., Сиротенко Ф.Ф. Модель процесса мониторинга транспортной сети специального назначения на основе нечеткой логики // *i-methods*. 2013. Т. 5. № 1. С. 20–25.

The model of the process of monitoring the transportation network for special purposes based on fuzzy logic

Baboshin V.A.

Ph.D., associate professor

Sirotenko F.F.

JSC "Scientific research Institute "Rubin", St. Petersburg

Abstract

The article discusses the model of the process of monitoring the transportation network for special purposes, built with the main provisions of the theory of models and many-valued logics. Developed a set of rules to determine the status of monitored transport network for special purposes on the basis of the assessment of the status of related objects-parts.

Keywords: transport network; fuzzy logic; monitoring; state estimation; model theory.

References

1. Liu B. Theory and practice of uncertain programming // B. Liu; TRANS. angl. M.: BINOM. Laboratory of knowledge. 2005. 416 p.
2. Baboshin V.A., Nikiforov O.G., Sirotenko F.F. Object-oriented model of the transport network as monitored in the interests of the automated control system. XI Russian scientific-technical conference "New information technology in communication systems and control" Kaluga: Publishing of scientific literature N. F. Botchkareva. 2012. Kaluga.
3. Baboshin V.A., Sirotenko F.F. Model evaluation the process of monitoring the transportation network for special purposes // problems of Radioelectronics. Ser. Of uoiu. 2013. Vol. 1. Pp. 132–1381.
4. Hodinski I. A. Formalnosc method and Mamdani approximation in fuzzy estimation of values // avtometrija. 2006. No. 1. Pp. 55 67.
5. Kovalev S.P. Application of Lukasiewicz logic for the development of algorithms. Electronic resource. www.iph.ras.ru/uplfile/logic/log12/Li_12_kovalev.pdf.
6. Bubnov V.A. Logical operations in three-valued logic. Electronic scientific magazine "Bulletin of Omsk state pedagogical University". Edition, 2006.

For citation:

Baboshin V.A. Sirotenko F.F. The model of the process of monitoring the transportation network for special purposes based on fuzzy logic // i-methods. 2013. Vol. 5. No. 1. Pp. 20–25.