

АЛГОРИТМ ПРОАКТИВНОГО МОНИТОРИНГА МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

В. В. Краснопрошин¹, А. И. Кузьмич², А. Н. Вальвачев¹

¹*Белорусский государственный университет*

e-mail: krasnoproshin@bsu.by, van_955@mail.ru

²*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники*

Минск, Беларусь

e-mail: kai57@list.ru

Рассматривается алгоритм проактивного мониторинга мобильных искусственных объектов на основе синтеза классического контура нечеткого управления, методов фильтрации, искусственных нейронных сетей и делегирования.

Ключевые слова: проактивный мониторинг; нечеткие алгоритмы; методы поддержки принятия решений.

ALGORITHM OF PROACTIVE MOBILE OBJECTS MONITORING

V. V. Krasnoproshin¹, A. I. Kuzmich², A. N. Valvachev¹

¹*The Belarusian State University*

²*The Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics*

Minsk, Belarus

An algorithm of proactive monitoring of mobile artificial objects on the basis of classical fuzzy control system, filtration methods, artificial neural networks and delegation.

Keywords: proactive monitoring; fuzzy algorithms; methods of decision making support.

ВВЕДЕНИЕ

Мониторингом в широком смысле слова называется процесс наблюдения субъекта за объектом, оценка его состояния и принятие соответствующего управляющего решения. Системы мониторинга быстро развиваются в различных инновационных областях. Одно из актуальных направлений – разработка алгоритмов для синтеза состояния и принятия соответствующих решений для мобильных технических объектов (локомотивы, автомобили, трактора и т. д.) на основе сигналов, поступающих от бортовых датчиков [1, 2]. Решение этой задачи сталкивается с рядом проблем:

– значения сигналов от датчиков могут быть представлены различными типами данных: целыми (int) и дробными (real) числами, строками (string), звуком (mp3), слайдами (jpg), видеорядом (avi) и т. д. Для обеспечения возможности математической обработки их необходимо привести к одному типу;

– для описания объектов используется большое количество параметров, обработка которых занимает много времени («проклятие размерности») и приводит к запаздыванию решения. Поэтому размерность входных данных необходимо уменьшить без ущерба для качества обработки;

– изменение параметров объекта может происходить постепенно или скачкообразно. Поэтому необходимо фиксировать «скачки», приводящие к аварийным ситуациям, и оперативно принимать соответствующие компетентные решения;

– незначительные изменения могут постепенно накапливаться по мере износа оборудования, вызывая незначительные сигналы датчиков. Такие мини-изменения можно рассматривать как неопределенность, рост которой со временем приводит к аварийной ситуации. Потому неопределенность необходимо учитывать и сообщать о ее уровне лицу, принимающему решение (водителю, диспетчеру);

– существующие алгоритмы мониторинга носят наблюдательный (апостериорный) характер, поэтому реакция на аварийные ситуации лиц, принимающих решения, часто запаздывает.

В данной работе предложен алгоритм проактивного (предупреждающего) мониторинга, в значительной мере решающий указанные проблемы.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть имеется организация, которая использует мобильные технические средства (*obj*) для выполнения проектов по перевозке грузов и пассажиров. Структура организации имеет три уровня иерархии, которые условно обозначим как центр, инициирующий проект (*C*); диспетчер (*D*) и исполнитель, управляющий объектом (*P*). Каждый участник (актор) имеет систему поддержки принятия решений с элементами искусственного интеллекта (*aiC*, *aiD*, *aiP*). Объект характеризуется конечным множеством диагностических параметров $X = X_1, X_2, \dots, X_n$, которые фиксируются датчиками $dt = dt_1, \dots, dt_n$. В зависимости от значения параметров объект может находиться в одном из множества заранее известных состояний $V = V_1, V_2, \dots, V_m$, каждому из которых соответствует релевантное управляющее решение $U = U_1, U_2, \dots, U_m$. При эксплуатации объекта возникает и накапливается неопределенность (Ω), представленная незначительными изменениям параметров.

Требуется разработать алгоритм мониторинга, обеспечивающий приведение к одному типу и сокращение размерности входных данных, синтез состояния, управляющего решения, прогноза состояния и уровня неопределенности.

БАЗОВЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Для исключения полисемии приведем основные определения, которые будем использовать в контексте данной работы.

Проект (*proj*) – процессы, реализуемые группой естественных (*C*, *D*, *P*) и искусственных акторов (*aiC*, *aiD*, *aiP*) с применением ресурсов, обеспечивающих достижение поставленной цели.

Уровень риска (*G*) – максимальное значение параметра, характеризующего состояние объекта наблюдения и его возможность участия в проекте.

Проактивный мониторинг – вариант мониторинга, обеспечивающий фиксацию параметров в целях определения уровня риска и оперативное принятие решения компетентным актором для его снижения.

Неопределенность – сумма незначительных ($X < \omega$) значений параметров, накапливающихся в процессе эксплуатации объекта и косвенно влияющих на оценку состояния объекта.

АЛГОРИТМ МОНИТОРИНГА

Разнообразие типов входных данных и необходимость их приведения к одному типу говорит о необходимости использования в качестве базы для алгоритма теории нечетких множеств [3]. Предлагается использовать классический контур нечеткого управления с обратной связью [4]:

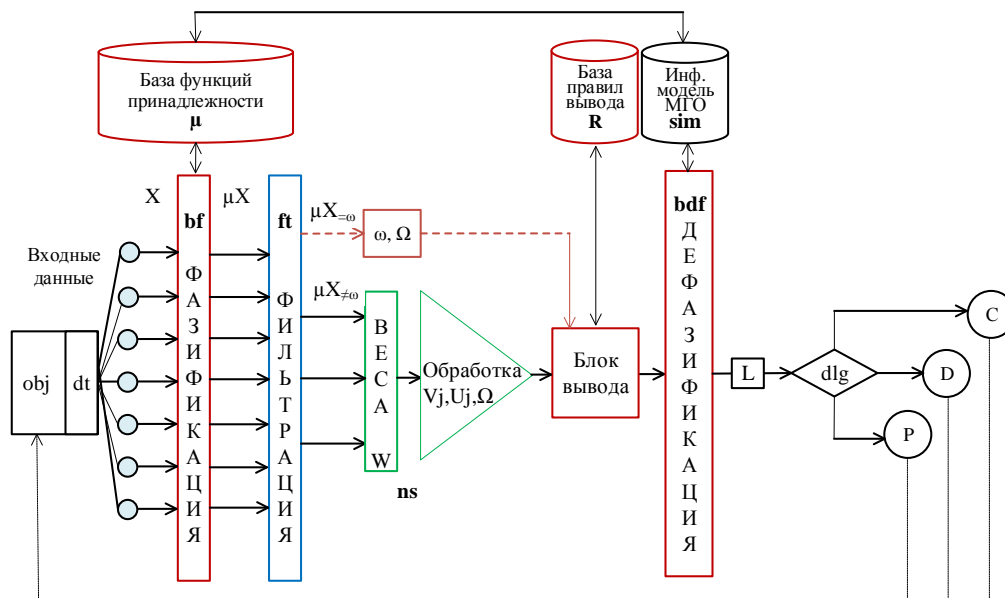
$$X \rightarrow bf(\mu) \rightarrow bv(R) \rightarrow bdf(sim), \quad (1)$$

где: X – входные параметры; $bf(\mu)$ – блок фазификации и база функций принадлежности μ ; $bv(R)$ – блок вывода и база правил R ; $bdf(sim)$ – блок дефазификации и база предметной области задачи sim .

В контуре на стадии фазификации входные данные различного типа с помощью функций принадлежности (μ) преобразуются в нечеткие переменные (μX), которые используются как параметры правил для синтеза решения в блоке вывода и приведения его к стандартным типам данных в блоке дефазификации.

Для решения проблемы сокращения размерности включим в контур блок фильтрации (ft), использующий принцип исключения значений параметров, не влияющих прямо на состояние объекта [5]. Диапазон таких значений (ω) устанавливается в зависимости от специфики проекта. В данном случае ω задан константой ($\omega = 0$), так как в начале проекта все параметры объекта должны иметь «идеальные» значения.

Для классификации возникшей проблемной ситуации предлагается интегрировать в контур искусственную нейронную сеть (ns), которая на основе вектора $X > \omega$ и весов D синтезирует численное значение состояния объекта. Результат поступает на вход блока вывода bv и с помощью правил из базы R формируется вербальное значение состояния, соответствующее управляющее решение и адрес актора, которому отправляется сообщение (рисунок).



Модифицированный контур нечеткого управления

В данном варианте при оценке состояния объекта в нейронной сети неопределенность Ω не учитывается (так как ее причину крайне сложно установить), но сообщается актору «для сведения».

Область применения данной схемы ограничена следующими аксиомами.

Аксиома 1. Решение возможно, если ресурсы хотя бы одного из акторов сцены соответствуют уровню неопределенности возникшей ситуации.

Аксиома 2. Решение возможно без участия одного или всех ni -акторов при условии достижения ai -акторами уровня, эквивалентного интеллекту ni -акторов соответствующего уровня.

Аксиома 3. Состояние объекта в рамках проактивной парадигмы мониторинга определяется максимальным значением уровня риска.

Алгоритм проактивного мониторинга, соответствующий схеме на рисунке и аксиомам 1–3, представлен ниже.

Шаг 1. Создание БД проекта.

Шаг 2. Построение функций принадлежности $\mu = \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$.

Шаг 3. Установка времени начала t_{begin} и завершения проекта t_{end} .

Шаг 4. Начало проекта.

Шаг 5. Измерение сигналов $dt: X = X_1, X_2, \dots, X_n$.

Шаг 6. Отображение сигналов в нечеткое множество $\mu X = \mu X_1, \mu X_2, \dots, \mu X_n$.

Шаг 7. Фильтрация нулевых значений параметров в нечетком множестве $\mu X_{\neq 0} = \text{filtr}(\mu X)$.

Шаг 8. Усиление сигнала в случае необходимости $\mu X_{\text{rez}} = \mu X_{\neq 0j} * D_j$.

Шаг 9. Поиск максимального значения $\mu X_j^{\text{max}} = \text{fmax}(\mu X_{\text{rez}})$.

Шаг 10. Вычисление неопределенности $\Omega = \text{sum}(\mu X_{\text{rez}})$.

Шаг 11. Вычисление неопределенности в процентах $\Omega_{\text{sit}} = (\Omega * 100) / n$.

Шаг 12. Дефазификация:

R1: if $(E[0,0] < \mu X_{\text{max}} \leq E[0,1])$ then $(V = V_1)$ and $(U = U_1)$ and $(\text{adr} = \text{adr}P)$);

R2: if $(E[0,1] < \mu X_{\text{max}} \leq E[0,2])$ then $(V = V_2)$ and $(U = U_2)$ and $(\text{adr} = \text{adr}P)$);

R3: if $(E[0,2] < \mu X_{\text{max}} \leq E[0,3])$ then $(V = V_3)$ and $(U = U_3)$ and $(\text{adr} = \text{adr}D)$);

R4: if $(E[0,3] < \mu X_{\text{max}} \leq E[0,4])$ then $(V = V_4)$ and $(U = U_4)$ and $(\text{adr} = \text{adr}D)$);

R5: if $(E[0,4] < \mu X_{\text{max}})$ then $((V = V_5)$ and $(U = U_5)$ and $(\text{adr} = \text{adr}C))$.

Шаг 13. Прогноз состояния $V_F = V_{j+1}$.

Шаг 14. Отправка сообщения $\langle \text{adr}, \text{adr}P, \text{crd}, t, \Omega_{\text{sit}}, V, U, X_j, V_F \rangle$.

Шаг 15. $t = t + \Delta t$.

Шаг 16. Если $t \neq t_{\text{end}}$ тогда переход на Шаг 5.

Алгоритм интуитивно понятен и легко реализуется на любом современном языке программирования. Количество правил вывода равно количеству возможных состояний объекта наблюдения, что позволяет говорить о решении в данном контексте известной проблемы минимизации базы правил.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный алгоритм мониторинга ориентирован на построение систем верхнего уровня, т. е. «надстроек» над системами управления мобильных объектов. Реализация принципа проактивности позволила фиксировать появление признаков аварийных ситуаций на ранней стадии и оперативно принимать меры для предотвращения их развития. В результате применения алгоритма на практике (в системе мониторинга

дизельных локомотивов) был существенно увеличен межремонтный период эксплуатации оборудования, что говорит о полезности данного подхода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Рушкевич А., Осадчий В. Мониторинг подвижных объектов // Беспроводные технологии. 2010. № 3. С. 56–60.
2. Kuzmich A. I., Shakah G., Valvachev A. N. Remote monitoring system for mobile objects // PRIP'2011: Proceedings of The 10-th International Conference on Pattern Recognition, Minsk, May 18–20, 2011. Minsk, 2011. P. 272–275.
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М. : Мир, 1976. С. 7–12.
4. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М. : Телеком, 2006. С. 93.
5. Косарев Е. Л. Методы обработки экспериментальных данных. М. : Физматлит, 2008. С. 194.