

МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА

Нефёдов Л. И.¹, Кононыхин А. С.¹, Семиреченко Р. Е.¹, Шмойлов А. Ю.¹¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Разработан метод организации спутникового мониторинга транспорта, который в условиях нечетких исходных данных позволит получить рациональные решения по выбору точек контроля, показателей в каждой из точек и типам средств измерений, а также определить количество измерений каждого показателя.

Ключевые слова: спутниковый мониторинг, нечеткие данные, точки контроля, показатели, средства измерения.

Введение

На сегодняшний день часть убытков компании или предприятия связана с отсутствием механизмов контроля эксплуатации транспорта. Система спутникового мониторинга транспорта может стать полезным инструментом, с помощью которого можно будет в любой момент проверить не только местонахождение своего автотранспорта, но и контролировать эффективность его использования с целью перевода процесса управления транспортом и механизмами на новый уровень.

Это поможет не только исключить возможность нецелевого использования передвижного средства, но и внедрить принципы экономичного вождения и соблюдения скоростного режима, а также разработать оптимальные маршруты. Результатом такого процесса будет снижение расходов на ремонт и запчасти, а также снижение рисков дорожно-транспортных происшествий.

Анализ публикаций

Значительный вклад в развитие теории и практики систем мониторинга внесли ученые А. П. Дятлов, Ж Зог, Л.И. Нефедов, М. В. Шевченко и другие [1–4].

Цель и постановка задачи

Целью статьи является повышение оперативности и достоверности мониторинга за счет разработки метода организации спутникового мониторинга транспорта, который позволит получить рациональные в условиях нечетких исходных данных решения по выбору точек контроля, показателей в каждой из точек и типам средств измерений, а также определить количество измерений каждого показателя. При организации спутникового мониторинга транспорта необходимо решить следующие задачи:

1. Определить контрольные точки в маршруте следования, где мы будем проводить измерения.

2. Определить измеряемые при мониторинге показатели и единицы измерения.

3. Определить основные методики и средства измерения для показателей спутникового мониторинга транспорта.

4. Определить периодичность снятия показаний со средств измерений.

Для решения данных задач необходимо разработать математические модели спутникового мониторинга транспорта, которые позволяют охватить процесс организации и планирования достаточно полно и обеспечивают процесс принятия решений в различных ситуациях для задач разной вычислительной сложности.

Общую постановку задачи организации спутникового мониторинга транспорта можно сформулировать следующим образом: известно:

– множество возможных точек контроля

$P = \{p : p = \overline{1, p^n}\}$, где p^n – число точек, в которых могут быть установлены средства измерений показателей спутникового мониторинга;

– множество возможных показателей спутникового мониторинга транспорта

$Q = \{q : q = \overline{1, q^m}\}$, где q^m – число показателей спутникового мониторинга транспорта в каждой из точек контроля;

– множество типов средств измерений

$T = \{t : t = \overline{1, t^o}\}$, где t^o – число типов средств измерений o -го показателя.

Необходимо определить:

– рациональное подмножество точек контроля;

$$P^R = \left\{ p : p = \overline{1, p^{nr}} \right\}, \quad (1)$$

где p^{nr} – число рациональных точек контроля, при этом рациональное подмножество выделяется на подмножестве допустимых значений $P^D = \left\{ p : p = \overline{1, p^{nd}} \right\}$, которое в свою очередь является подмножеством множества возможных точек контроля, т.е. $P^R \subset P^D \subset P$;

– рациональное подмножество показателей спутникового мониторинга транспорта в выбранных точках контроля:

$$Q^{MR} = \left\{ q : q = \overline{1, q^{mr}} \right\}, \quad (2)$$

где q^{mr} – число рациональных показателей мониторинга в выбранных точках контроля, которое также выделяется на подмножестве допустимых показателей спутникового мониторинга транспорта $Q^{MD} = \left\{ q : q = \overline{1, q^{md}} \right\}$ и является подмножеством множества возможных показателей мониторинга, т.е. $Q^{MR} \subset Q^{MD} \subset Q^M$;

– рациональное подмножество типов средств измерений:

$$T^R = \left\{ t : t = \overline{1, t^{or}} \right\}, \quad (3)$$

где t^{or} – число рациональных типов средств измерений для выбранных показателей, которое выделяется на подмножестве допустимых типов средств измерений $T^D = \left\{ t : t = \overline{1, t^{od}} \right\}$, при этом $T^R \subset T^D \subset T$.

При решении задачи организации спутникового мониторинга транспорта выделим следующие этапы:

– начальный этап организации спутникового мониторинга транспорта (1), на котором необходимо определить подмножества допустимых решений P^D , Q^D и T^D ;

– завершающий этап организации спутникового мониторинга транспорта (2), на котором на подмножествах допустимых решений будут выделены соответствующие подмножества рациональных решений P^R , Q^R и T^R .

Метод организации спутникового мониторинга транспорта

Метод организации спутникового мониторинга [4] транспорта заключается в следующем:

1.1) необходимо задать исходные данные, т.е. транспортные средства и маршруты движения;

1.2) на основании выделенных на шаге 1.1 характеристик определить множество возможных точек контроля P , минимальное и максимальное значения которых задано в интервальном виде;

1.3) определить подмножество допустимых точек контроля P^D в условиях нечеткости исходных данных. Для этого используется критерий оптимизма-пессимизма Гурвица:

$$x_0 = \arg \max_{1 \leq i \leq n} \left[\begin{array}{l} \alpha \min_{1 \leq j \leq m} f(x_i, s_j) + \\ + (1 - \alpha) \max_{1 \leq j \leq m} f(x_i, s_j) \end{array} \right], \quad (4)$$

где α – коэффициент пессимизма (может определяться методами экспертного оценивания или компараторной идентификации);

$f(x_i, s_j)$ – функция цели, которая определена на множестве альтернатив $x_i \in X$ и множестве состояний среды в точке контроля $s_j \in S$.

После того как определено подмножество допустимых точек контроля, необходимо выделить подмножество допустимых показателей спутникового мониторинга транспорта на множестве возможных:

$$Q = \left\{ q : q = \overline{1, q^m} \right\};$$

1.4) необходимо задать множество возможных показателей спутникового мониторинга транспорта $Q = \left\{ q : q = \overline{1, q^m} \right\}$, основываясь на соответствующие нормативные документы;

1.5) используя метод анализа иерархий, определить подмножество Q^D допустимых показателей спутникового мониторинга транспорта на каждом участке для каждого уровня;

1.6) задать множество возможных типов средств измерений $T = \left\{ t : t = \overline{1, s^t} \right\}$, беря за

основу нормативные документы и предложения рынка;

1.7) на основании метода анализа иерархий определить подмножество $T^D = \{t : t = 1, \overline{t^{od}}\}$ допустимых типов средств измерений.

После того как определили множества допустимых точек контроля и допустимых показателей, которые будут в них измеряться, а также допустимое множество типов средств измерений, переходим ко второму этапу. При этом сведения, полученные на первом этапе (начальном), будут входными данными для завершающего этапа организации мониторинга;

2.1) необходимо сформировать список критериев и ограничений для выбора точек контроля и показателей мониторинга

Для того чтобы на подмножестве допустимых точек контроля и измеряемых показателей выделить подмножество рациональных, необходимо на шагах 2.2–2.3 выбрать схему компромисса, определить вес критериев для модели определения рациональных точек контроля P^R и измеряемых показателей мониторинга Q^R , а также определить значения частных критериев в условиях нечеткости исходных данных. В многокритериальных задачах такого типа значения частных критериев задаются в интервальном виде, а статистическая информация о характере распределения значений внутри интервала неизвестна. В этом случае экспертно назначается функция принадлежности значений внутри интервала. Значения частного критерия будут представлены в виде нечеткого числа, при этом модальное значение функции принадлежности, при котором она равна 1, необязательно должно находиться в середине интервала [4]. В этом случае весовые коэффициенты могут быть заданы как в детерминированном виде, так и в фаззифицированном. Для случая, когда значения критериев заданы в виде интервала (нечетких чисел), а весовые коэффициенты заданы детерминировано, необходимо провести дефаззификацию для частных критериев и найти точечные значения оценки альтернатив. В случае, когда значения критериев заданы точно, а значения весовых коэффициентов интервально (в виде нечетких чисел), согласно [5] необходимо провести детерминизацию нечетких значений весовых коэффициентов относительной важности частных критериев.

Для случая, когда значения частных критериев и их весовые коэффициенты заданы в фаззифицированном виде (интервально), функцию полезности также необходимо определить в фаззифицированном виде. В качестве схем компромисса для принятия решений можно выделить следующие: аддитивная полезность (когда известны весовые коэффициенты), последовательно применяемые критерии, максиминная и минимаксная схема. После этого можно определить рациональные точки контроля и измеряемые в них рациональные показатели;

2.4) сформировать список критериев и ограничений для модели определения типов средств измерений, определить весовые коэффициенты критериев и их значения в условиях нечеткости исходных данных для модели определения рациональных типов средств измерений T^R в каждой из выбранных точек контроля для измерения рациональных показателей спутникового мониторинга транспорта;

2.5) определить схему компромиссов как функцию полезности критериев для выбора типов средств измерений в условиях нечеткости исходных данных. Если весовые коэффициенты критериев и значения самих критериев заданы интервально, функция полезности также будет определяться в фаззифицированном виде, как это было описано на шагах 2.2–2.3. На основании найденных значений функции полезности определяют рациональные типы средств измерений.

Информация, полученная на первом и втором этапах предложенной структуры, является входными данными для следующего этапа;

3.1) определить подмножество допустимых измерений A^D в условиях нечеткости исходных данных. Для этого используется критерий оптимизма-пессимизма Гурвица, как это проводилось на шаге 1.3;

3.2) чтобы определить, какой показатель сколько раз будет измеряться (рациональное количество измерений A^R), необходимо произвести оценку целесообразности измерений для каждого из рациональных показателей в соответствии со значениями, полученными для подмножества допустимых измерений A^D . Для этого предлагается использовать принцип максимум-минимум композиции бинарных отношений [5–8];

3.3) необходимо:

– выделить бинарные нечеткие отношения [5–8] значений функции принадлежности для модели определения рационального количества измерений каждого показателя мониторинга в точках контроля;

– определить функции принадлежности по каждому из значений подмножества A^D по выбранным критериям;

– провести макс-мин композицию бинарных отношений [5–8] и по полученным значениям функций принадлежности определить рациональное количество измерений показателей в каждой контрольной точке.

Выводы

Таким образом, в результате применения разработанного метода организации спутникового мониторинга транспорта можно в условиях нечетких исходных данных получить рациональные решения по выбору точек контроля, показателей в каждой из точек и типам средств измерений, а также определить количество измерений каждого показателя.

Отличие разработанного метода заключается в использовании нечеткой исходной информации, что позволяет более адекватно и полно проводить мониторинг.

Литература

1. Дятлов А. П. Системы спутниковой связи с подвижными объектами. Учебное пособие / А. П. Дятлов – Таганрог: Центропринт, 1997. – 95 с.
2. Зог Ж. Основы спутниковой навигации / Ж. Зог. – М.: U-BLOX, 2007. – 132 с.
3. Нефёдов Л.И. Системная концепция синтеза системы мониторинга регионального газоснабжения / Нефёдов Л.И., Шевченко М.В. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії – №1(12) – Херсон, 2015. – С.270–280.
4. Шевченко М. В. Методологические основы и информационная технология создания системы мониторинга состояния регионального газоснабжения [Текст] : дис. д-ра техн. наук : 05.13.06 / Шевченко М. В.; Нац. аэрокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". – Харків, 2017. – 360 с. : рис., табл.
5. Christopher, M. S. Industrial Engineering and Ergonomics / M.S. Christopher – Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2009. – 116 с.
6. Industrial Applications of Fuzzy Control/Ed, by M. Sugeno. Amsterdam: North-Holland Publ.Comp., 1985. – 270 p.
7. Zimmermann H.-J. Fussy Sets, Decision-Making and Expert Systems. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1987. – 352 p.

8. Approximate Reasoning in Expert Systems/Ed, by M. M. Gupta et al. – Amsterdam: North-Holland Publ. Comp., 2005. – 286 p

References

1. Dyatlov A. P. (1997) Sistemy` sputnikovoj svyazi s podvizhny`mi ob`ektami. Uchebnoe posobie [Satellite communication systems with mobile objects] Taganrog: Czentroprint [1997] [in Russia].
2. Zog Zh. Osnovy (2007)` sputnikovoj navigaczii [Fundamentals of satellite navigation] Moscow U-BLOX [2007] [in Russia].
3. Nefyodov L. I., Shevchenko M. V. (2015) Sistemnaya koncepcziya sinteza sistemy` monitoringa regional`nogo gazosnabzheniya [The system concept of synthesis of a tracking system for regional gas supply] Naukovij vi`snyk Khersons`koyi der-zhavnoyi mors`koyi akademi`yi (Kherson, 2015) [in Ukraine].
4. Shevchenko M. V. (2015) Metodologicheskie osnovy` i informacziionnaya tekhnologiya sozdaniya sistemy` monitoringa sostoyaniya regional`nogo gazosnabzheniya [Methodological principles and information technology for creating a system for tracking the state of regional gas supply] Nacz. aerokosm. un-t i`m. M. Ye. Zhukovs`kogo "Kharki`v. avi`acz. i`n-t" (Kharkiv, 2017) [in Ukraine].
5. Christopher, M. S. Industrial Engineering and Ergonomics Berlin: Springer Berlin Heidelberg, [2009] [in Germany].
6. M. Sugeno Industrial Applications of Fuzzy Amsterdam: North-Holland Publ.Comp., [1985] [in Netherlands].
7. Zimmermann H.-J. Fussy Sets, Decision-Making and Expert Systems. Dordrecht: Kluwer Academic Publ. [1987] [in Germany].
8. Approximate Reasoning in Expert Systems/Ed, by M. M. Gupta et al. - Amsterdam: North-Holland Publ. Comp. [2005] [in Netherlands].

Нефёдов Леонид Иванович¹, д.т.н, профессор, nefedovli@gmail.com

Кононыхин Александр Сергеевич¹, к.т.н, доцент, makonon@i.ua

Семиреченко Роман Евгениевич¹, студент

Шмойлов Андрей Юриевич¹, студент

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Method of organizing vehicle satellite tracking system

Abstract. The analysis was made to solve the following tasks of organizing vehicle satellite tracking system. **Problem.** The checkpoints in the route where the measurements will be accomplished were identified as well as the indicators and qualifiers during tracking. The main techniques and measurement tools for vehicle tracking system and the frequency of taking readings from measuring instruments were determined. **Methodology.** To solve these problems, it is

necessary to develop mathematical models of vehicle tracking system, which allows to cover the process of organization and planning quite fully, and provide the decision-making process in different situations of different computational problems complexity. The goal of the article is to increase the efficiency and credibility of tracking by developing a method of organizing vehicle tracking system, which will allow to obtain rational decisions in terms of fuzzy initial data in the selectable control points, indicators at each points and types of measuring instruments, as well as to identify the quantity of measurements of each indicator. The solving of the task of organizing vehicle tracking system is divided into two stages. The first stage of organizing vehicle tracking system is to identify subsets of feasible solutions. The final stage is the organization of vehicle tracking system where corresponding subsets of rational solutions will be allocated into subsets of feasible solutions. As a result the developed method of organization of vehicle tracking system was applied. The practical aspect is the possibility to obtain rational decisions in terms of fuzzy initial data in the selectable control points, indicators at each points and types of measuring instruments, as well as to identify the quantity of measurements of each indicator. The originality of the developed method is the usage of fuzzy initial data, which allows to make tracking more adequate and complete.

Key words: vehicle tracking system, fuzzy data, control points, indicators, measuring instruments

Nefedov Leonid¹, PhD, Professor, nefedovli@gmail.com

Kononykhin Aleksandr¹, Phd, Associate Professor Student, makonon@i.ua

Semirechenko Ruslan¹, student

Shmoilov Andrey¹, student

¹Kharkiv national automobile highway university

Метод організації супутникового моніторингу транспорту

Анотація Проведено аналіз, який під час організації супутникового моніторингу транспорту дозволить вирішити такі завдання: визначити контрольні точки на маршруті, де відбуватимуться вимірювання, визначити вимірювані під час моніторингу показники і одиниці вимірювання та ос-

новні методики і засоби вимірювання для показників супутникового моніторингу транспорту, визначити періодичність зняття показань з засобів вимірювань. Для вирішення цих завдань необхідно розробити математичні моделі супутникового моніторингу транспорту, які дозволяють повною мірою охопити процес організації і планування, та забезпечують процес прийняття рішень у різних ситуаціях для задач різної обчислювальної складності. Мета статті – підвищити оперативність і достовірність моніторингу за рахунок розроблення методу організації супутникового моніторингу транспорту, що дозволить прийняти раціональні в умовах нечітких вихідних даних рішення щодо вибору точок контролю, показників в кожній з них і типам засобів вимірювань, а також визначити кількість вимірювань кожного показника. Вирішення завдання організації супутникового моніторингу транспорту поділене на два етапи: початковий етап організації супутникового моніторингу транспорту, на якому необхідно визначити підмножини допустимих рішень, та завершальний етап організації супутникового моніторингу транспорту, на якому на підмножинах допустимих рішень будуть виділені відповідні підмножини раціональних рішень. Застосовуючи розроблений метод організації супутникового моніторингу транспорту, можна в умовах нечітких вихідних даних отримати раціональні рішення щодо вибору точок контролю, показників в кожній з точок і типам засобів вимірювань, а також визначити кількість вимірювань кожного показника. Відмінність розробленого методу полягає у використанні нечіткої вихідної інформації, що дозволяє більш адекватно і повно здійснювати моніторинг.

Ключові слова: супутниковий моніторинг, нечіткі дані, точки контролю, показники, засоби вимірювання.

Нефьодов Леонід Іванович¹, д.т.н, професор, nefedovli@gmail.com

Кононихін Олександр Сергійович¹, к.т.н, доцент, makonon@i.ua

Семиреченко Роман Євгенійович¹, студент

Шмойлов Андрій Юрійович¹, студент,

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет