

# МОДЕЛИ ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Д.т.н. Л.И. Нефёдов, к.т.н. А.С. Кононыхин, В.В. Марченко, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Разработаны модели выбора технических средств системы спутникового мониторинга транспорта, которые позволяют выбрать эффективные составляющие для неё по заданным критериям в условиях интервальной неопределенности.*

*Розроблені моделі вибору технічних засобів системи супутникового моніторингу транспорту, які дозволяють вибрати ефективні складові для неї по заданим критеріям в умовах інтервальної невизначеності.*

*In the article developed the models of choice of technical means of system of satellite monitoring of transport, which allows to choose effective constituents of it with criteria under interval uncertainty.*

**Ключевые слова:** техническое средство, система спутникового мониторинга, датчик, бортовой контроллер, нечеткая информация, интервальные оценки

## Введение

В настоящее время предприятия, чья деятельность в той или иной степени связана с подвижными объектами, до определенного момента сталкиваются с проблемами контроля перевозок, расхода топлива, расчета оптимальных путей движения транспорта и анализа использования его рабочего оборудования. Особенно остро эта проблема возникает, если финансовые потери в результате неэффективного контроля за работой техники становятся достаточно существенными и начинают влиять на результат экономической деятельности предприятия в целом. Средства, которые разрабатываются на основе спутниковых навигационных систем, эффективно справляются с вышеперечисленными проблемами.

Фактически рынок насыщен различными техническими средствами, на основе которых может быть разработана система спутникового мониторинга транспорта.

## Анализ публикаций

Основным элементом системы спутникового мониторинга транспорта является GPS-трекер - устройство приема-передачи данных для спутникового мониторинга автомобилей, людей или других объектов, к которым оно прикрепляется [1]. Устройство использует Global Positioning System (GPS) для более точного определения координат объекта. GPS-трекер содержит GPS-приемник, с помощью которого он определяет свои координаты, а также передатчик на базе GSM, который передает данные по GPRS, SMS или на базе спутниковой связи (низкоорбитальной или геостационарной) для отправки их на серверный центр. Серверный центр

оборудован специальным программным обеспечением для спутникового мониторинга. Важным элементом трекера, является GPS-антенна, которая бывает как внешняя, так и встроенная в трекер [1].

Самые распространенные функции, которые содержат системы спутникового мониторинга [2-6]:

- подключение и настройка трекеров в системе;
- подключение и настройка датчиков в системе;
- мониторинг текущего состояния транспорта на карте;
- мониторинг состояния устройств и датчиков транспортного средства;
- просмотр маршрута перемещения и пробега автомобиля за выбранный интервал времени;
- создание точек интереса и геозон на карте;
- настройка уведомлений, посылаемых системой, когда происходят определенные события (превышение скорости, слив топлива и др.);
- настройка шаблонов отчетов, выполнения отчетов;
- построение графиков на основании данных системы;
- управление объектами мониторинга через SMS команды или CSD соединения;
- создание маршрутов и путевых точек, контроль соблюдения маршрута.

Для получения дополнительной информации на транспортное средство устанавливаются дополнительные датчики, подключаемые к GPS или ГЛОНАСС контроллеру, например:

- датчики расхода топлива;
- датчик нагрузки на оси транспортных средств;
- датчик уровня топлива в баке;
- датчик температуры в холодильнике;
- датчики, которые фиксируют факт работы или простоя спецмеханизмов (поворот стрелы крана, работы бетоносмесителя), факт открывания двери или капота, факт наличия пассажира.

Анализ [1-6] показал, что выбор технических средств и оборудования производится либо по прайсам, торгующих данным видом продукции фирм, либо по индивидуальным требованиям, который формирует заказчик. Выбор производится либо по функциональному, либо по затратному критерию в условиях определенности [1].

Поэтому данные модели выбора технических средств характеризуются однокритериальностью, учитывают в основном затратный критерий, что делает выбор не всегда эффективным.

## Актуальность проблемы

Основная проблемная ситуация заключается в том, что существующие модели используемых методов

проектирования систем спутникового мониторинга транспорта, учитывают в основном количественные четкие критерии, что делает выбор не всегда эффективным. В настоящее время существующие модели не позволяют решать задачу с учетом интервальных оценок параметров критериев выбора. Поэтому для решения данной задачи предлагается использовать математический аппарат в условиях интервальной неопределенности [8-10].

**Цель и постановки задач**

Принимая во внимание такие условия выбора технических средств системы спутникового мониторинга и учитывая перспективы дальнейшего развития систем поддержки принятия решений при их проектировании, целью статьи является повышение эффективности функционирования системы спутникового мониторинга транспорта за счет разработки моделей выбора технических средств в условиях интервальной неопределенности.

Пусть известно: транспортные средства  $T = \{T_i\}$ ,  $i = \overline{1, i'}$ , где  $i'$  – количество типов транспортных средств, за которыми необходимо вести мониторинг. Для каждого транспортного средства необходимо выбрать GPS-трекер  $G$  из множества  $\{G_j\}$ ,  $j = \overline{1, j'}$ , где  $j'$  – количество видов GPS-трекеров, которые обеспечат выполнение всех функций и будут отвечать заданным критериям.

Также известно: оборудование, установленное на транспортных средствах  $O = \{O_k\}$ ,  $k = \overline{1, k'}$ , где  $k'$  – количество типов оборудования, за которым необходим контроль на транспортном средстве. Для каждого оборудования необходимо выбрать датчик  $D$  из множества  $\{D_{lm}\}$ ,  $l = \overline{1, l'}$ ;  $m = \overline{1, m'}$ , где  $l'$  – количество типов датчиков;  $m'$  – количество видов датчиков, которые обеспечат контроль за работой оборудования и будут отвечать заданным критериям.

Задачи состоят в выборе лучшего вида GPS-трекера и лучшего типа и вида датчика с учетом заданных критериев: интенсивность отказов, абсолютная погрешность, стоимость и т.д.

**Модель выбора GPS-трекера системы спутникового мониторинга транспорта.**

Введем переменную  $X_{ij} = \{0;1\}$ , где  $X_{ij} = 1$  – если выбран GPS-трекер  $j$ -го вида для  $i$ -го транспортного средства,  $X_{ij} = 0$  – в противном случае.

Частные критерии оптимизации:

– минимальная интенсивность отказов GPS-трекеров для всех транспортных средств

$$H = \min \sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} H_j X_{ij}, \quad (1)$$

где  $H_j$  – интервальная оценка интенсивности отказов GPS-трекера  $j$ -го вида ;

– минимальная абсолютная погрешность GPS-трекеров для всех транспортных средств

$$d = \min \sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} d_j X_{ij}, \quad (2)$$

где  $d_j$  – интервальная оценка абсолютной погрешности GPS-трекера  $j$ -го вида ;

– минимальная стоимость GPS-трекеров для всех транспортных средств

$$C = \min \sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} C_j X_{ij}, \quad (3)$$

где  $C_j$  – интервальная оценка стоимости GPS-трекера  $j$ -го вида.

Область допустимых решений определяется ограничениями:

– интенсивность отказов GPS-трекера для каждого типа транспортного средства не должна превышать заданной  $H_i^0$

$$H_j X_{ij} \leq H_i^0; i = \overline{1, i'}; j = \overline{1, j'}; \quad (4)$$

– абсолютная погрешность GPS-трекера для каждого типа транспортного средства не должна превышать заданной  $d_i^0$

$$d_j X_{ij} \leq d_i^0; i = \overline{1, i'}; j = \overline{1, j'}; \quad (5)$$

– стоимость GPS-трекеров для транспортных средств не должна превышать заданной  $C^0$

$$\sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} C_j X_{ij} \leq C^0; i = \overline{1, i'}; \quad (6)$$

– объём постоянно запоминающего устройства GPS-трекера для каждого типа транспортного средства не должен быть менее  $V_i^0$

$$V_j X_{ij} \geq V_i^0; i = \overline{1, i'}; j = \overline{1, j'}; \quad (7)$$

где  $V_j$  – объём постоянно запоминающего устройства GPS-трекера  $j$ -го вида;

– объём аккумуляторной батареи GPS-трекера для каждого типа транспортного средства не должен быть менее  $W_i^0$

$$W_j X_{ij} \geq W_i^0; i = \overline{1, i'}; j = \overline{1, j'}; \quad (8)$$

где  $W_j$  – объём аккумуляторной батареи GPS-трекера  $j$ -го вида;

– степень защищенности GPS-трекера для каждого типа транспортного средства от проникновения посторонних предметов должна быть не менее  $P_i^0$  (по стандарту IEC 60529)

$$P_j X_{ij} \geq P_i^0; i = \overline{1, i'}; j = \overline{1, j'}; \quad (9)$$

где  $P_j$  – степень защищенности GPS-трекера  $j$ -го вида от проникновения посторонних предметов;

– степень влагозащищенности GPS-трекера для каждого типа транспортного средства должна быть не менее  $B_i^0$  (по стандарту IEC 60529)

$$B_j X_{ij} \geq B_i^0; i = \overline{1, i'}; j = \overline{1, j'}, \quad (10)$$

где  $B_j$  - степень влагозащищенности GPS-трекера  $j$ -го вида;

– для каждого транспортного средства может быть выбран GPS-трекер одного вида

$$\sum_{j=1}^{j'} X_{ij} = 1 \quad \forall i = \overline{1, i'}. \quad (11)$$

Модель (1) - (11) относится к задачам многокритериального дискретного программирования с булевыми переменными.

**Модель выбора датчиков оборудования транспортных средств.**

Введем переменную  $Y_{klm} = \{0;1\}$ , где  $Y_{klm} = 1$  – если для  $k$ -го типа оборудования выбран датчик  $l$ -го типа,  $m$ -го вида,  $Y_{klm} = 0$  – в противном случае.

Частные критерии оптимизации:

– минимальная интенсивность отказов датчиков всего оборудования:

$$I = \min \sum_{k=1}^{k'} \sum_{l=1}^{l'} \sum_{m=1}^{m'} I_{lm} Y_{klm}, \quad (12)$$

где  $I_{lm}$  – интервальная оценка интенсивности отказов датчика  $l$ -го типа,  $m$ -го вида;

– минимальная абсолютная погрешность датчиков для всего оборудования

$$\Delta = \min \sum_{k=1}^{k'} \sum_{l=1}^{l'} \sum_{m=1}^{m'} \Delta_{lm} Y_{klm}, \quad (13)$$

где  $\Delta_{lm}$  – интервальная оценка абсолютной погрешности датчика  $l$ -го типа,  $m$ -го вида;

– минимальная стоимость датчиков для всего оборудования

$$Z = \min \sum_{k=1}^{k'} \sum_{l=1}^{l'} \sum_{m=1}^{m'} Z_{lm} Y_{klm}, \quad (14)$$

где  $Z_{lm}$  – интервальная оценка стоимости датчика  $l$ -го типа,  $m$ -го вида.

Область допустимых решений определяется ограничениями:

– интенсивность отказов датчика для каждого типа оборудования не должна превышать заданной  $I_k^0$

$$I_{lm} Y_{klm} \leq I_k^0; k = \overline{1, k'}; l = \overline{1, l'}; m = \overline{1, m'}; \quad (15)$$

– абсолютная погрешность датчика для каждого типа оборудования не должна превышать заданной  $\Delta_k^0$

$$\Delta_{lm} Y_{klm} \leq \Delta_k^0; k = \overline{1, k'}; l = \overline{1, l'}; m = \overline{1, m'}; \quad (16)$$

– стоимость датчиков не должна превышать заданной  $Z^0$

$$\sum_{k=1}^{k'} \sum_{l=1}^{l'} \sum_{m=1}^{m'} Z_{lm} Y_{klm} \leq Z^0; \quad (17)$$

– степень защищенности датчика каждого типа оборудования от проникновения посторонних предметов должна быть не менее  $F_k^0$  (по стандарту IEC 60529)

$$F_{lm} Y_{klm} \geq F_k^0; k = \overline{1, k'}; l = \overline{1, l'}; m = \overline{1, m'}, \quad (18)$$

где  $F_{lm}$  – степень защищенности датчика  $l$ -го типа,  $m$ -го вида от проникновения посторонних предметов;

– степень влагозащищенности датчика каждого типа оборудования должна быть не менее  $E_k^0$  (по стандарту IEC 60529)

$$E_{lm} Y_{klm} \geq E_k^0; k = \overline{1, k'}; l = \overline{1, l'}; m = \overline{1, m'}, \quad (19)$$

где  $E_{lm}$  – степень влагозащищенности датчика  $l$ -го типа,  $m$ -го вида;

– для каждого типа оборудования может быть выбран датчик одного типа и вида

$$\sum_{l=1}^{l'} \sum_{m=1}^{m'} Y_{klm} = 1; k = \overline{1, k'}. \quad (20)$$

Модель (12) - (20) относится к задачам многокритериального дискретного программирования с булевыми переменными.

Решение о выборе технических средств будет приниматься на основе критерия Гурвица [8]. Соответственно, будет дано решение при оптимистическом и пессимистическом сценариях развития. Лицо принимающее решение в зависимости от ситуации выберет наилучшее [9-10].

**Компьютерная технология системы спутникового мониторинга транспорта.**

Структура компьютерной технологии (рис.1) построена по стандартной схеме клиент-сервер с ориентацией на многопоточную обработку клиентских запросов [11]. Клиент-сервер - вычислительная или сетевая архитектура, в которой задания или сетевая нагрузка распределены между поставщиками услуг. Физически клиент и сервер это программное обеспечение. Обычно они взаимодействуют через компьютерную сеть с помощью сетевых протоколов и находятся на разных вычислительных машинах, но могут выполняться также и на одной машине. Программы, расположенные на сервере ожидают от клиентских программ запросы и предоставляют им свои ресурсы в виде данных (загрузка файлов через HTTP, FTP и т.д.) или сервисных функций (например, работа с электронной почтой, общения с помощью систем мгновенного обмена сообщениями, просмотр веб-страниц).



Рис. 1. Структура компьютерной технологии системы спутникового мониторинга

Структура состоит из контроллера (с установленной SIM-картой для возможности связи по GSM), который получает данные со спутников (например, в формате NMEA-0183). Накопленные на контроллере данные направляются на сервер и разбираются для хранения в навигационной базе данных расположенной на нем. При получении запроса от клиента необходимые данные за выбранный период запрашиваются из навигационной базы данных (НБД) и превращаются в строку формата JSON, которая через интерфейс взаимодействия отправляется клиенту. Клиент, получив JSON-строку, разбирает ее и, в зависимости от типа запроса, осуществляет действие с данными (строит трек объектов, формирует отчет, строит график и т. д.), а также записывает данные в локальную базу данных (ЛБД). Локальная база данных представляет собой JSON-массив высокого уровня вложенности. Она была создана для хранения данных, отображаемых в окнах веб-системы. Для хранения оперативных данных был выбран формат JSON (удобство заключается и в том, что данные с сервера приходят в этом же формате).

### Выводы

Таким образом, разработаны модели выбора технических средств системы спутникового мониторинга, которые в отличие от известных подходов позволяют принимать решения по многим критериям с учетом интервальных оценок их параметров, а также получить оптимистический и пессимистический варианты решения по указанным критериям. Это дает возможность повысить обоснованность принимаемых решений в зависимости от проектной ситуации в условиях интервальной неопределенности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

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. Структура радионавигационных сигналов. История развития GPS и ГЛОНАСС [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[http://electrolib.com/library/gnss/Povalyaev\\_part1\\_GLONASS-GPS.pdf](http://electrolib.com/library/gnss/Povalyaev_part1_GLONASS-GPS.pdf).

4. Петров А.И. ГЛОНАСС: принципы построения и функционирования / А.И. Петров, В.Н. Харисов – М.: Радиотехника, 2010. – 810 с.

5. Точность определения координат объектов и сферы использования спутниковой навигации [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[http://www.citforum.ru/hardware/articles/gps\\_glonass](http://www.citforum.ru/hardware/articles/gps_glonass).

6. Барышников А. Спутниковая навигация: реальность и перспективы. /А. Барышников// Деловой квадрат. – 2013. – №4 (91). – С. 44 – 49.

7. Использование навигационных систем в геодезии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aspector.ru>.

8. Крючковский В.В. Введение в нормативную теорию принятия решений. Методы и модели: монография / В.В. Крючковский, Э.Г. Петров, Н. А. Соколова, В.Е. Ходаков; под ред. Э. Г. Петрова. - Херсон: Гринь Д.С., 2013. -284 с.

9. Нефёдов Л.И. Модель выбора оборудования проектного офиса в условиях нечеткой информации / Л.И. Нефёдов, Ю.А. Петренко, А.С. Кононыхин // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2014. – №7. – С.71–76.

10. Нефёдов Л.И. Модель выбора технического обеспечения офиса в условиях нечеткой информации / Л.И. Нефёдов, Ю.А. Петренко, А.С. Кононыхин // Технология приборостроения. – 2014. – Специальный выпуск. – С.11–14.

11. Разработка веб-системы мониторинга транспортных средств на основе глобальной навигационной спутниковой системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aspector.ru/dubovik.pdf>.