



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

В.В. Алексеев, Н.В. Орлова, А.В. Дроздова

МОБИЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

(Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина))

Мобильные измерительные системы передвигаются по заданным маршрутам и производят измерения физических величин в заданных точках, в заданное время. Распределенные мобильные информационно-измерительные системы, как правило, используются для контроля характеристик распределенных в пространстве объектов, которые могут носить как природный (например, территориальные экосистемы), так и техногенный характер (например, транспортные системы, промышленные объекты).

Использование распределенных мобильных информационно-измерительных систем для контроля состояния железнодорожного пути позволяет проводить совместную обработку результатов измерений величин дефектов от микромеханических датчиков, определяющих величины нескольких видов дефектов, и навигационной подсистемы, включающей измерительные каналы, позволяющие определять линейные и географические координаты.[1]

Передвигаясь по заданным маршрутам измерительные подсистемы распределенных мобильных информационно-измерительных систем оценки состояния железнодорожного пути, производят измерения физических величин (значений дефектов железнодорожного пути) в заданных точках, в заданное время во время каждого проезда.

Данные контрольных измерений поступают от измерительной системы в виде множества параметров дефекта, привязанных к координатам места нахождения дефекта (линейная координата, измеренная одометром, (мм), географические координаты (широта и долгота соответственно), вырабатываемые спутниковой навигационной системой, град), номеру проезда (результата измерения) и др.

При этом формируется множество результатов измерений (база контрольных измерений) $X = \{x(k, l, t)\}$, включающая $k=1, K$ мобильных измерительных систем, которые производят измерения заданной физической величины x в $l=1, L$ точках, находящихся на маршруте ее движения, в заданное время t .

Аналізу подвергаються значення відхилення результатів вимірювання x_{li} відносно опорних значень x_{lop} , $\Delta li = x_{li} - x_{lop}$. Опорні значення x_{lop} ,



определяются на основе нормативной базы или в результате проведения измерений образцовыми средствами. [3]

Результат измерения отклонения значения физической величины от опорного содержит значение изменения, как самой физической величины, так и метрологические характеристики средств измерений. При этом по мере эксплуатации с течением времени изменяются как метрологические характеристики средств измерений, так и значения контролируемых величин.[2]

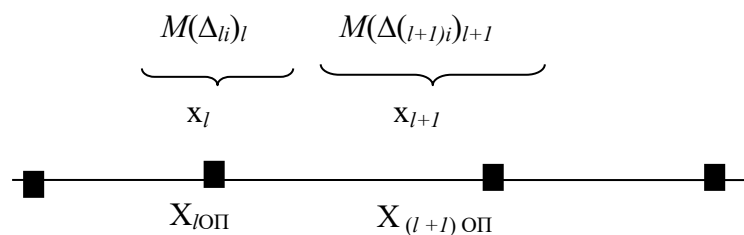
В результате по I проездам по каждому дефекту железнодорожного пути x_i отклонение результата измерений контролируемой величина от опорного значения представляет собой случайную величину с математическим ожиданием

$$M(\Delta_{li})_l = \frac{1}{I_t} \sum_{i=1}^{I_t} \Delta_{li}$$

и дисперсией

$$D(\Delta_{li})_l = \frac{1}{I_t - 1} \sum_{i=1}^{I_t} (\Delta_{li} - M(\Delta_{li})_l)^2.$$

Пример схемы участка железнодорожного пути представлен на рисунке



Отклонение по каждому дефекту математического ожидания $M(\Delta_{li})_l$ от опорного значения $x_{\text{лоп}}$ по всему участку с учетом всех дефектов также будет случайной величиной с математическим ожиданием

$$M_y = \frac{1}{L} \sum_{L=1}^{L_y} M_{\Delta_{li}}$$

и дисперсией

$$D_y = \frac{1}{L - 1} \sum_{L=1}^{L_y} (M_{\Delta_{li}} - M_y)^2.$$

При этом, анализу могут подвергаться значения отклонения результатов измерения $x(k,l,t)$ относительно опорного значения $x_{\text{лоп}}$ для разных подмножеств базы данных контрольных измерений:

- результаты измерений в заданной точке l , k -ой мобильной измерительной системой за определенное время t – $X_{kl} = \{x(k,l,t)\}$, где $k=\text{const}$, $l=\text{const}$, $t=\text{var}$.

- результаты измерений k -ой мобильной измерительной системой во всех точках $l=1, L$, за определенное время ΔT_i – $X_{kL} = \{x(k,l,t)\}$, где $k=\text{const}$, $l=\text{var}$, $t=\text{const}$.



- результаты измерений k -ой мобильной измерительной системой в заданных точках l , за заданный период времени $t - X_k = \{x(k, l, t)\}$, где $k = \text{const}$, $l = \text{var}$, $t = \text{var}$.

- результаты измерений в заданной точке l , всеми мобильными измерительными системами за заданный период времени $\Delta T_i - X_{lTi} = \{x(k, l, t)\}$, где $k = \text{var}$, $l = \text{const}$, $t = \text{var}$.

Полная база данных – $X_k = \{x(k, l, t)\}$, где $k = \text{var}$, $l = \text{var}$, $t = \text{var}$.

При этом будут анализироваться характеристики [1]:

- математическое ожидание отклонения результатов измерений в заданной точке l на подмножестве X_{kl} :

$$M_{\theta lk} = T^{-1} \times \sum_{\substack{k=\text{const} \\ l=\text{const} \\ t \in \Delta T}} \theta l k t$$

- математическое ожидание отклонения результатов измерений k -ой МИС на подмножестве X_{kL} :

$$M_{\theta lk} = KL^{-1} \times \sum_{\substack{k=\text{const} \\ l \in L \\ t=\text{const}}} \theta l k t$$

- математическое ожидание отклонения результатов измерений в заданных точках l на подмножестве X_k :

$$M_{\theta lk} = LT^{-1} \times \sum_{\substack{k=\text{const} \\ l \in L \\ t \in \Delta T}} \theta l k t$$

- математическое ожидание отклонения результатов измерений в заданной точке l , всеми мобильными измерительными системами за заданный период времени на подмножестве X_{lTi} :

$$M_{\theta lk} = KT^{-1} \times \sum_{\substack{k \in K \\ l=\text{const} \\ t \in \Delta T_i}} \theta l k t$$

Считая, что значения величин дефектов железнодорожного пути являются величинами независимыми, предполагается, что математические ожидания отклонений имеют случайный характер и, в случае незначительных изменений метрологических характеристик измерительного канала, имеют значение близкое к нулю. В случае изменения метрологических характеристик измерительного канала математическое ожидание отклонений результатов измерений на всем участке будет значительно отличаться от нуля.

Таким образом, систематическая составляющая отклонения результатов измерений от опорных значений позволяет регистрировать изменение величины дефекта, или, если ее значение изменяется для всех измерений участка железнодорожного пути, характеризует изменение метрологических характеристик измерительного канала и может быть использовано как поправка для результатов измерений.



Литература

1. Анализ метрологических характеристик средств измерения распределенной мобильной измерительной системы на основе опорной модели объекта / Алексеев В.В., Королев П.Г., Орлова Н.В., Пименов Д.В.// XXII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. SCM'2020, Санкт-Петербург, 27–29 мая 2020, С. 79–82.
2. Бортовая информационно-измерительная система оценки состояния железнодорожного пути. Метрологическое сопровождение / Алексеев В.В., Боронахин А.М., Королев П.Г., Орлова Н.В.// XXII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. SCM'2019, Санкт-Петербург, 23–25 мая 2019, С. 21–24.
3. Опорная модель линейного участка железнодорожного полотна / Алексеев В.В., Орлова Н.В., Седунова Е.Н.// XX Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. SCM'2017, Санкт-Петербург, 24–26 мая 2017, С. 256–259.

Е.О. Арискин, А.И. Зотеева, А.В. Никитин, В.В. Солдаткин, И.М. Фазулов

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕКТОРА ВЕТРА НА БОРТУ ОДНОВИНТОВОГО ВЕРТОЛЕТА С УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ И АЭРОМЕТРИЧЕСКИМИ КАНАЛАМИ

(Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ)

Известным системам измерения параметров вектора ветра на борту вертолета, построенным на основе неподвижного приемника и аэрометрических измерительных каналов [1] или с аэрометрическими и ионно-меточными измерительными каналами [2, 3] характерны усложнение конструкции приемника, аддитивные и мультипликативные погрешности выделения и преобразования амплитудных информативных сигналов.

На рисунке приведена структурно-функциональная схема бортовой системы измерения параметров вектора ветра на вертолете с ультразвуковыми и аэрометрическими измерительными каналами, при этом ультразвуковые измерительные каналы реализуются с помощью совмещенных пар излучатель-приемник частотно-пакетных ультразвуковых сигналов [4].

Ультразвуковые измерительные каналы системы включают плату 1. На ее внешней поверхности, обтекаемой воздушным потоком горизонтального вектора ветра W_{Γ} , установлены две пары 3 и 4 совмещенных пьезоэлектрических излучателей – приемников I_1-P_1 , $I_1'-P_1'$ и I_2-P_2 , $I_2'-P_2'$. Излучатели 3 I_1 и I_1' , I_2 и I_2' через модуляторы 5 M_1 и M_1' , M_2 и M_2' подключены к генератору 2 (G) синусоидальных колебаний высокой частоты (10 МГц). Совмещенные пьезоэлектрические пары излучатель – приемник I_1-P_1 , $I_1'-P_1'$ и I_2-P_2 , $I_2'-P_2'$ установлены под углом Θ_0 к оси симметрии