
Ключевые слова: гладкая кривая, поликоординатные отображения, однокоординатные преобразования.

Badayev Y., Lagodina L.

PROPERTIES OF MULTI-COORDINATE DISPLAY BY ONE COORDINATE

Research properties of multi-coordinate display which are implemented by one coordinate, showing the characteristics of their applications in vector-parametric multi-coordinate display.

Keywords: smooth curve, multi-coordinate display, one-coordinate transformation.

УДК 629.564.7

Богом'я В.І.

ОЦІНКА СТАНУ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

Не зважаючи на те, що сучасний стан розвитку наземного автоматизованого комплексу управління космічними апаратами знаходиться на досить високому рівні, конкретні науково-технічні пропозиції щодо покращення ефективності перспективного НАКУ відсутні.

Наведені у даній статті дослідження особливостей функціонування перспективних НАКУ за допомогою розробленого способу автоматизованої оцінки телеметричної інформації про стан бортових систем космічних апаратів визначають можливість практичної реалізації розроблених науково-технічних рекомендацій.

Ключові слова: *космічні апарати, наземний автоматизований комплекс управління космічними апаратами, автоматизована оцінка телеметричної інформації.*

Вступ. Відомий спосіб оцінки телеметричної інформації бортових систем КА, який полягає в тому, що включає у себе отримання телеметричної інформації, проведення попередньої обробки телеметричної інформації, розрахунок та формування статичної моделі стану космічного апарату, проведення аналізу статичного стану КА, проведення сеансів управління з КА та видача управляючих впливів дозволяє здійснювати оцінку тільки статичного стану бортових систем на різних часових відрізках у моменти часу опитування телеметричних датчиків бортових систем КА [1].

Недоліком відомого способу, є те, що при оцінці статичного стану бортових систем в процесі управління досить важко забезпечити достовірність оцінки процесів, що протікають на борту КА. У ряді систем відсутня можливість оперативного доступу до значень телеметричних параметрів в інші часові відрізки, крім поточного.

Найбільш близьким до запропонованого способу є спосіб динамічної оцінки телеметричного параметру бортових систем КА, який включає у себе отримання телеметричної інформації, проведення попередньої обробки телеметричної інформації, розрахунок та формування динамічної моделі стану космічного апарату, проведення аналізу динамічного стану КА, проведення сеансів управління з КА та видача управляючих впливів [2].

Недоліком способу динамічної оцінки телеметричного параметру бортових систем КА є те, що в процесі сеансу управління необхідне накопичувати достатню кількість телеметричних параметрів для можливості їх динамічної оцінки. Крім того, ця процедура не автоматизована і виконується оператором.

До основи корисної моделі покладено завдання створити спосіб автоматизованої оцінки телеметричної інформації про стан бортових систем космічних апаратів, який шляхом одночасного аналізу статичного стану КА та динамічного стану КА формує інтегральну оцінку

стану КА, що дає можливість автоматизувати процес оцінки телеметричної інформації про стан бортових систем космічних апаратів та забезпечити достовірність оцінки процесів, що протікають на борту КА.

Основна частина. Суть запропонованої корисної моделі в способі автоматизованої оцінки телеметричної інформації про стан бортових систем космічних апаратів полягає у тому, що отримують телеметричну інформацію, проводять попередню обробку телеметричної інформації, розраховують та формують статистичну модель стану космічного апарату, проводять аналіз статистичного стану, проводять сеанси управління з КА та здійснюють видачу управляючих впливів, та відрізняється тим, що після операції проведення попередньої обробки телеметричної інформації, розраховують та формують динамічну модель стану космічного апарату, проводять аналіз динамічного стану КА, формують інтегральну оцінку про стан бортових систем космічних апаратів, проводять сеанси управління з КА та здійснюють видачу управляючих впливів.

Неперервні процеси в бортових системах КА, можуть бути як з повільним протіканням, так і достатньо динамічними. У цьому випадку телеметричні параметри, які їх характеризують, діляться на швидкозмінні та повільно змінні. Якщо за критерій динамічності взяти максимальну швидкість зміни параметру V_{\max} за період опитування датчика Δt , то до швидкозмінних параметрів відносяться параметри, які відповідають умові [1, 3].

$$|V_{\max}| \geq \frac{3\sigma_{\varepsilon}}{2\Delta t}$$

У свою чергу, повільно змінні параметри можуть бути поділені на статичні і динамічні. Статичні параметри практично не змінюють свої значення за час проведення сеансу зв'язку

t_c :

$$|V_{\max}| \leq \frac{3\sigma_{\varepsilon}}{t_c}$$

а для динамічних виконується умова

$$\frac{3\sigma_{\varepsilon}}{t_c} \leq |V_{\max}| \leq \frac{3\sigma_{\varepsilon}}{2\Delta t}$$

Дані статичної моделі використовуються при формуванні управляючих впливів для зміни структурних Z_c станів КА (управління конфігурацією, включення/вимикання напівкомплектів службових апаратів) і проведення програми сеансу зв'язку.

У загальному випадку функціонування системи управління КА може бути представлено залежністю

$$x(\mathbf{t}) = f[x(\mathbf{t}), V(\mathbf{t})],$$

де $x(\mathbf{t})$ – вектор стану КА в момент часу \mathbf{t} з компонентами x_1, x_2, \dots, x_n ;

$V(\mathbf{t})$ – вектор управляючих впливів у момент часу \mathbf{t} з компонентами u_1, u_2, \dots, u_n .

Компонентами вектора стану КА x_1, x_2, \dots, x_n є фактичні телеметричні параметри, що характеризують статичний стан (множину статичних станів) КА в момент часу \mathbf{t} , а вектор управляючих впливів сформований з певною точністю й об'єктивністю ухвалення рішення, що визначається повнотою інформації про стан КА й оперативністю вживання заходів. Математичний опис об'єктів управління прямо залежить від характеру процесів, що відбуваються в об'єктах управління та в вимірювальних системах.

Безперервні об'єкти управління можливо визначити системою звичайних лінійних рівнянь

$$\mathbf{Z}(t) = \mathbf{F}(t) \cdot \mathbf{Z}(t) + \mathbf{G}(t) \cdot \mathbf{W}(t) + \mathbf{C}(t) \cdot \mathbf{R}(t);$$

$$\mathbf{ZH}(t) = \mathbf{H}(t) \cdot \mathbf{Z}(t) + \mathbf{\Pi}(t);$$

$$\mathbf{Y}(t) = \mathbf{H}(t) \cdot \mathbf{Z}(t), t \geq t_0,$$

де $\mathbf{Z}(t)$ – n -мірний вектор стану;

$\mathbf{W}(t)$ – p -мірний вектор збурювання;

$\mathbf{R}(t)$ – r -мірний вектор управління;

$\mathbf{\Pi}(t)$ – m -мірний вектор погрешностей;

$\mathbf{F}(t), \mathbf{G}(t), \mathbf{C}(t)$ – матриці з розмірностями $n \times n, p \times n, r \times n$;

$\mathbf{H}(t)$ – матриця вимірів з розмірністю $m \times n$.

У ході сеансу зв'язку й отримання телеметричних параметрів стає можливим їхня динамічна оцінка (оцінка тенденцій зміни параметрів), при цьому інтерес представляє не абсолютні значення, а зміна значень параметрів. Зміна станів відбувається під впливом керуючих впливів $\mathbf{R}(t)$ і збурювань середовища $\mathbf{W}(t)$.

Завданням системи оцінки технічного стану є досягнення мінімуму різниці між реальним вектором стану $\mathbf{Z}_{\text{РЛ}}(t)$ і розрахунковим вектором стану $\mathbf{Z}_{\text{РС}}(t)$, сформованим системою ухвалення рішення в умовах тимчасових обмежень на ухвалення рішення [1, 4]

$$\mathbf{Z}_{\text{РЛ}}(t) - \mathbf{Z}_{\text{РС}}(t) \rightarrow \min ,$$

де $\mathbf{Z}_{\text{РЛ}}(t)$ – реальний вектор стану; $\mathbf{Z}_{\text{РС}}(t)$ – розрахунковий вектор стану.

У випадках, коли множини параметрів недостатньо для прийняття правильного рішення (або один чи кілька параметрів вийшли за встановлені для них межі) настає суб'єктивізм та достовірність правильного оцінювання знижується.

У цьому випадку поряд з статичними необхідно використовувати і динамічні оцінки ТМП. У запропонованому способі використовується наступна лінгвістична змінна,

$$\Omega = \langle \omega, T(t), U, L, M \rangle ,$$

де ω – найменування (назва) лінгвістичної змінної (швидкість, напруга, температура);

$T(t)$ – терм. множина значень, сукупність її лінгвістичних значень (мала, середня, помірна, висока);

U – носій (область визначення термів);

L – синтаксичне правило, що породжує терми множини $T(t)$;

M – семантичне правило, яке кожному лінгвістичному значенню ω ставить в відповідність його зміст $M(\omega)$, при чому $M(\omega)$ означає нечітку підмножину носія U .

Основою для формування дерева логічного висновку є значення величин змін (а не абсолютних значень) одного телеметричного параметру, взяті в різні моменти часу. Оскільки при

оцінці тенденції зміни параметра нас цікавлять саме зміни значень параметрів, а вихідна інформація представлена в нечіткому вигляді, необхідно провести фазифікацію величини зміни параметрів. В даному способі була використана Гаусівська функція належності, яка досить проста (має 2 параметри налагодження) та досить універсальна [1, 3]

$$f(x) = \exp \left[- \left(\frac{x - b}{c} \right)^2 \right],$$

де x – значення вхідного параметру, що підлягає фазифікації;

b – координата максимуму функції,

c – коефіцієнт концентрації - розтягу функції.

Перехід від класичного виду представлення часових інтервалів до формування в вигляді нечітких множин відбувається з використанням операцій фазифікації з використанням відповідних функцій належності. Стан бортових систем КА характеризується наявністю великої кількості телеметричних параметрів, сукупність яких характеризує технічний стан системи.

Множина статичних і динамічних оцінок складає область нечітких знань про технічний стан досліджуваної системи.

На рисунку 1 приведено схему запропонованого способу автоматизованої оцінки телеметричної інформації про стан бортових систем космічних апаратів, кінцевим етапом якого є формування інтегральної оцінки стану КА та проведення сеансів управління з видачею управляючих впливів на борт КА [3, 4].



Рис. 1. Функціональна схема способу автоматизованої оцінки телеметричної інформації про стан бортових систем космічних апаратів

Висновок. Таким чином, наведений спосіб автоматизованої оцінки телеметричної інформації про стан бортових систем космічних апаратів (КА), який полягає в тому, що отримують телеметричну інформацію, проводять попередню обробку телеметричної інформації, розраховують та формують статистичну модель стану космічного апарата, проводять аналіз статистичного стану, проводять сеанси управління з КА та здійснюють видачу керуючих впливів, який **відрізняється від існуючих** тим, що після операції проведення попередньої обробки телеметричної інформації розраховують та формують динамічну модель стану космічного апарата, проводять аналіз динамічного стану КА, формують інтегральну оцінку про стан бортових систем космічних апаратів, проводять сеанси управління з КА та здійснюють видачу керуючих впливів.

Реалізація запропонованого способу дозволяє забезпечити автоматизацію процесу оцінки телеметричної інформації про стан бортових систем космічних апаратів, забезпечити достовірність оцінки процесів, які здійснюються при управлінні космічними апаратами, що дозволяє значне підвищити ефективність функціонування наземного автоматизованого пункту управління космічними апаратами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Управление космическими полетами: учеб. пособие в 2 ч./ В.А. Соловьев, Л.Н. Лысенко, В.Е. Любинский; под общ. ред. Л.Н. Лысенко. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана., 2009.– Ч.1.–476 с.
2. Лебедев А.А., Нестеренко О.П. Космические системы наблюдения. Синтез и моделирование. – М.: Машиностроение, 1991.– 224 с.
3. Богом'я В.І. Пат. № 25020. Україна, МПК В64G 1/24. Спосіб установлення зв'язку космічним апаратом з наземною станцією керування./ Богом'я В.І., Загорулько О.М., Моргун О.А., Козелкова К.С.– № u200702302; заявл. 03.03.2007; опубл. 25.07.2007, Бюл. № 11. –4 с.
4. Богом'я В.І. Пат. № 334041, Україна, МПК В64G 1/24. Спосіб автоматизованої оцінки телеметричної інформації про стан бортових систем космічних апаратів./ Богом'я В.І., Загорулько О.М., Писанко А.Г.–№ u2008 00611; заявл. 18.01.2008; опубл. 25.06.2008, Бюл. № 12.

Богомья В.И.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Не смотря на то, что современное состояние развития наземного автоматизированного комплекса управления космическими аппаратами находится на достаточно высоком уровне, конкретные научно-технические предложения относительно улучшения эффективности перспективного НАКУ отсутствуют.

Приведенные у данной статьи исследования особенностей функционирования перспективных НАКУ с помощью разработанного способа автоматизированной оценки телеметрической информации о состоянии бортовых систем космических аппаратов определяет возможность практической реализации разработанных научно-технических рекомендаций.

Ключевые слова: космические аппараты, наземный автоматизированный комплекс управления космическими аппаратами, автоматизованная оценка телеметрической информации.

Bogomia V.I.

ESTIMATION OF THE STATE OF SPACE VEHICLES

Despite that the current state of development of the ground point control is at rather high level, specific scientific and technical proposals concerning improvement of efficiency of perspective of the ground point control are absent.

The researches of features of functioning of perspective of the ground point control given at this article by the developed way of the automated assessment of telemetric information on a condition of onboard systems of space vehicles are defined by possibility of practical implementation of the developed scientific and technical recommendations.

Keywords: space vehicles, the land automated complex of management of spacecrafts, estimation of the state.