

$K_{z1} = \sqrt{Q_{11} R_{\alpha 1}^{-1}}$. Для динамических систем (4) и (5) из условий минимума $P_{\omega^1 \omega^1}$ и из условий устойчивости по

Гурвицу: $K_{11} = \sqrt{4Q_{11} R_{\alpha 1}^{-1}}$; $K_{z1} = \sqrt{Q_{11} R_{\alpha 1}^{-1}}$; $K_{z1} = a K_{11} K_{z1}$, где $a < 1$.

В результате исследований синтезированы устройства оценки второго и третьего порядков определения угловой скорости КА в относительном движении по информации об угловом положении и управляющем угловом ускорении. Показано, что постоянные составляющие ошибки измерения углового положения КА и возмущающего углового ускорения не влияют на ошибку оценки угловой скорости в относительном движении.

Список литературы

1. Лурье А.И. Аналитическая механика. - М.: ГИИМЛ, 1961.
2. Медич Дж. Статистически оптимальные линейные оценки и управление. - М.: Энергия, 1973.

УДК 629.2

А.П.Долгинцев

ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ ПРОЕЦИРОВАНИЕ ПОЛЕЙ НАВИГАЦИОННОЙ ТОЧНОСТИ СРНС ДЛЯ НИЗКОВЫСОТНЫХ КА

Поля навигационных точностей (или погрешностей) СРНС используются при исследовании их точностных характеристик применительно к различным типам потребителей навигационной информации, в том числе низкоорбитальных КА с высотой полета до 2000 км /1/. Структурно поля являются многомерными данными (размерность равна числу параметров орбиты КА). Компактное и понятное исследователю описание этой структуры возможно при использовании методологии разведочного анализа данных (РАД) /2/.

При обеспечении видимости потребителем навигационной информации, передаваемой СРНС, не менее 4 навигационных ИСЗ (НИСЗ), а также удачном (некомпланарном) их геометрическом размещении структура полей

может быть описана типовой кластерной моделью: то есть представлена совокупностью нескольких "облаков" точек.

Увеличение количества видимых НИСЗ (при полном развертывании систем "Навстар" или "Глонасс" - до 9 - 12) приводит к уменьшению количества выделяемых кластеров, то есть к обеспечению в любой точке траектории КА-потребителя высоких точностей навигационных определений (до 10-15 м по положению и 5-10 см/с по скорости).

Уменьшение количества видимых НИСЗ вследствие неполного развертывания СРНС (до 4-6 и менее) и неудачное их пространственное размещение (например, вблизи местной горизонтальной плоскости) приводит к необходимости использования для описания структуры полей точности типовой модели "засорения": компактное "облако" точек соседствует с далекими выбросами, соответствующими низким точностям навигационных определений (до 40-100 м и менее).

Такого рода структуры полей навигационной точности хорошо описываются в терминах РАД, что позволяет перейти к компактному описанию полей при возможно более полном сохранении их существенных аспектов. Одним из методов РАД является целенаправленное проецирование, предполагающее проведение двух этапов исследований.

Первый этап предполагает выбор некоторой статистики (проеекционно-го индекса), обладающей достаточной степенью чувствительности к изменению параметров орбиты КА-потребителя, а также способа ее представления. Решение данной проблемы возможно при применении методов визуализации полей навигационных точностей по положению и по скорости, в том числе и в безразмерном их виде, а также при проецировании полей на плоскость наиболее "существенных" параметров (долгота восходящего узла (W)- аргумент широты (U) при фиксированном наклонении плоскости орбиты КА (i)) /1/. Результатом данного этапа является визуальное построение полей

$$Q(Z, X) = \{ X \mid i = \text{const}, W = [W_{\min}, W_{\max}], U = [U_{\min}, U_{\max}] \},$$

и их сечений

$$S(Z, X) = \{ X \mid i, W = \text{const}, U = [U_{\min}, U_{\max}] \},$$

где Z - выбранная проекция (определяется на данном этапе исследований применяемыми методами визуализации и проецирования),

X - множество значений погрешностей навигационных определений.

Второй этап исследований предполагает поиск проекций Z , наиболее выразительных относительно статистики Q :

$$Z = \arg \min_Z Q(Z, X).$$

Данная задача была рассмотрена как задача выбора уровня численной классификации структуры поля точностей, когда рассматривается проблема выбора шага остановки этого процесса. Исследовались объединяющая (агломеративная) и разделяющая (дивизимная) стратегии классификации, когда принимается решение об отнесении элементов множества X к тому или иному классу на основании анализа мер близости r :

$$(X_1, X_2) = \arg \min_X r(X_1, X_2)$$

-для агломеративной стратегии,

$$(X_1, X_2) = \arg \max_X r(X_1, X_2)$$

-для дивизимной стратегии.

В качестве меры близости использовались модули разностей значений навигационных погрешностей в соседних точках $x(W_1; U_2)$ и $x(W_2; U_2)$ на плоскости параметров $(W-U)$:

$$r = |x(W_1; U_1) - x(W_2; U_2)|.$$

Для образующихся кластеров вычислялись координаты центров и их размеры по координатам $W-U$.

Было проведено численное моделирование алгоритма, реализующего метод целенаправленного проецирования полей точности навигационных определений для СРНС "Глонасс", содержащей 12 НИСЗ в двух плоскостях, разнесенных по долготе восходящего узла на 120 градусов. Моделирование показало целесообразность прекращения работы процедур кластерного анализа после образования на исходной структуре поля точностей размером 120 градусов по долготе восходящего узла и 360 градусов по аргументу широты 8 - 12 кластеров, что соответствует выделению структур размером 15-20 градусов по долготе восходящего узла и 30-40 градусов по аргументу широты.

Список литературы

1. Белоконов И.В., Долгинцев А.П. Приближенное исследование

точностных характеристик навигационных определений КА при использовании специализированных спутниковых систем // Вопросы проектирования летательных аппаратов. - М.: ИИЕТ АН СССР, 1987. - С. 128-136.

2. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности /С.А.Айвазян, В.М.Бухштабер, И.С.Енюков и др.; Под ред. С.А.Айвазяна. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 607 с.

УДК 528.854:629.78

Э.И.Дружинин, В.А.Шелехов, М.В.Голушко

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА УГЛОВЫХ ДВИЖЕНИЙ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРИ СЪЕМКЕ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

На качество видеoinформации, получаемой посредством оптико-электронных систем установленных на космических аппаратах (КА), существенное влияние оказывает перемещение изображения относительно фотоприемной структуры, обусловленное движением КА относительно подстилающей поверхности /1,2/. Так в случае применения в космических оптико-электронных системах матричных формирователей видеосигналов на приборах с зарядовой связью (ПЗС), функционирующих в режиме временной задержки и накопления, достаточно высокое качество видеoinформации можно получить только обеспечив совпадение скорости движения изображения относительно фотоприемной структуры со средней скоростью движения зарядовых пакетов /3/.

При заданном орбитальном движении КА организовать близкое к требуемому движение изображения относительно фотоприемной структуры можно за счет углового движения КА, либо за счет движения оптической системы или ее элементов относительно борта КА.

В предлагаемой работе приводятся результаты разработки методики, алгоритма и программного обеспечения для расчета программных угловых движений КА, снабженного оптико-электронной системой для съемки поверхности Земли. Оптико-электронная система представляет длиннофокусный двухзеркальный телескоп с формирователем видеосигналов в виде