

В заключение необходимо отметить, что данный классификатор выполняет поэлементный анализ символьных изображений. Это требует предварительной обработки НИ, однако не приводит к значительным потерям в быстродействии. Поиск истинной гипотезы представляет собой процесс бинарного расщепления нечетких множеств, на каждом шаге которого решение о направлении исхода  $s$  (0\*1) принимается по значению функции принадлежности  $f_s = m_s/n$ . Проблема выделения эквивалентных классов ветвления решается методами неполной идентификации гипотез.

i: e=i		№	h								
p	k		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
1	3	2	1	1	1	1	1	1	0	1	0
1	5	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2	2	4	0	1	1	0	1	1	1	1	0
2	5	5	0	0	0	0	1	1	0	1	1
5	1	6	1	0	1	0	0	1	1	0	0
5	3	7	0	1	0	1	1	1	0	1	1
p(h)·10 <sup>-2</sup>			34	16	16	16	16	3	3	3	3

Список литературы:

1. Picard C.F. Theorie des questionnaires. Paris:Gauthier-Villars, 1965, p. 182.
2. Аржененко А.Ю., Чугаев Б.Н. Оптимальные бинарные вопросники. М.: Энергоатомиздат, 1989.

УДК 629.782

В.В.Корабельщиков, Д.М.Суринский

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ АСТРОИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ КА

В настоящее время на космических аппаратах (КА), предназначенных для дистанционного зондирования земной поверхности, все чаще находит применение длиннофокусная узкоугольная целевая аппаратура, требующая от системы управления движением прецизионной ориентации КА при отслеживании им интенсивного программного углового движения. Системы ориентации подобных КА, как правило, имеют в своем составе бесплат-

форменную систему ориентации (БСО), а также систему астродатчиков, показания которой используются для периодической коррекции БСО. Причем, для обеспечения наибольшей точности ориентации система астродатчиков строится на основе оптических приборов с малым полем зрения и неподвижных относительно КА.

На современном этапе требуемый от подобных систем уровень точности не может быть достигнут только за счет ужесточения требований к чувствительным элементам. Необходимо проведение в условиях полета калибровки погрешностей датчиков, вызывающих как начальное смещение нуля БСО при ее коррекции, так и погрешностей, определяющих накопление ошибки БСО в промежутках между коррекциями. Это, прежде всего, дрейф (уход), погрешность масштабного коэффициента и неортогональность измерительных осей гироблока БСО, от которых зависит темп нарастания ошибки ориентации, а также погрешности установки на КА гироблока и астродатчиков, которые определяют начальную ошибку БСО после проведения астрокоррекции.

Скорость ухода, погрешности масштабного коэффициента и неортогональности измерительных осей гироблока могут быть идентифицированы путем измерений накопленных ошибок БСО с помощью системы астродатчиков. Для определения ухода требуется инерциальная ориентация КА, а остальные погрешности определяются после выполнения КА серии плоских угловых маневров на углы  $360^\circ$  каждый.

Рассмотрим влияние погрешностей установки чувствительных элементов на ошибку ориентации. Для этого воспользуемся известным из [1] уравнением ошибок БСО:

$$\Delta\theta = -K(\omega)\Delta\theta + \delta\omega, \quad (1)$$

где  $\Delta\theta$  - вектор малых ошибок БСО,  $\delta\omega$  - вектор ошибок гироблока в измерении угловой скорости,

$$K(\omega) = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_3 & \omega_2 \\ \omega_3 & 0 & -\omega_1 \\ -\omega_2 & \omega_1 & 0 \end{bmatrix} - \text{кососимметрическая матрица вращения, определяе-}$$

мая вектором  $\omega = [\omega_1, \omega_2, \omega_3]^T$  - угловой скорости вращения КА. Все векторы, используемые в (1) и в дальнейшем, выражены в проекциях на связанную систему координат E, совпадающую с осями спецпаратуры. Предполагая, что все погрешности гироблока БСО, за исключением погрешности его установки на КА, выявлены и скомпенсированы, можно записать,

что

$$\delta\omega = K(\omega) \gamma, \quad (2)$$

где  $\gamma$  - вектор малого угла рассогласования базиса I измерительных осей гироблока, в проекциях на который формируется его измерительная информация, относительно базиса E.

Уравнение (1) с учетом (2) для случая  $\dot{\gamma}$  имеет решение вида

$$\Delta\theta(t) = \gamma + C(t)(\Delta\theta_0 - \gamma), \quad (3)$$

где  $\Delta\theta_0$  - ошибка БСО в начальный момент времени  $t_0$ ,  $C(t)$  - матрица направляющих косинусов связанного базиса E в текущий момент времени  $t$  относительно инерциального базиса, совпадающего с базисом E в момент времени  $t_0$ . Выражение (3) показывает, что ошибка БСО от погрешности установки ее гироблока имеет постоянную составляющую, равную ошибке установки, и переменную составляющую, которая представляет собой угол рассогласования между базисом  $E_B$ , вычисляемым БСО в момент времени  $t_0$ , и базисом I измерительных осей гироблока, перепроектированный на текущее положение связанного базиса E.

Наличие постоянных инструментальных погрешностей у астродатчиков и погрешностей их установки на КА приводит к тому, что система астродатчиков определяет ориентацию базиса  $E_A$ , отклоненного от связанного базиса E на постоянную ошибку  $\beta$  системы астродатчиков.

Произведя в начальный момент времени  $t_0$  коррекцию БСО от системы астродатчиков, совместив тем самым базис  $E_B$  с базисом  $E_A$ , получим  $\Delta\theta_0 = \beta$ , что при подстановке в (3) даст

$$\Delta\theta(t) = \gamma + C(t)(\beta - \gamma). \quad (4)$$

Следовательно, переменная составляющая ошибки БСО после астрокоррекции будет определяться рассогласованием базиса I измерительных осей гироблока относительно базиса  $E_A$ , рассчитываемого системой астродатчиков.

Анализ выражения (4) показывает, что измеряя ошибки БСО с помощью системы астродатчиков в начале и конце 2-х плоских угловых маневров КА, совершаемых на углы, не кратные  $2\pi$ , можно оценить величину  $(\beta - \gamma)$  и скомпенсировать ее. Поэтому можно записать, что  $\Delta\theta(t) = \gamma$ . Таким образом, проведя калибровку гироблока БСО с помощью системы астродатчиков, ошибку ориентации целевой аппаратуры потенциально можно свести до уровня неопределенности знания углового положения измери-

тельных осей гироскопа БСО относительно осей целевой аппаратуры. Устранить эту ошибку, оставаясь в рамках рассмотренного приборного состава, не представляется возможным. Для дальнейшего повышения точности ориентации целевой аппаратуры необходимы дополнительные измерительные средства, позволяющие фиксировать угловое рассогласование измерительных осей гироскопа БСО (либо системы астродатчиков) относительно осей целевой аппаратуры. В качестве этих средств могут быть использованы, например, оптические системы контроля взаимного углового положения базовых элементов целевой аппаратуры и гироскопа БСО, а также системы выставки нуля всей измерительной цепи по звездам или другим естественным или искусственным реперным ориентирам, попадающим в поле зрения целевой аппаратуры одновременно с визированием звезд астродатчиками.

#### Список литературы

1. Бранец В.Н. О точности решения кинематических уравнений //Космич. исслед. - Т.ХХ, вып.2, - 1982.

УДК 531.55:521.2

Л.В.Кудряков

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИМПУЛЬСНОГО МАНЕВРИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМОЙ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ ВЕЛИЗИ НЕМАНЕВРИРУЮЩЕЙ ЦЕЛИ

Известно, что среди возможных режимов управления движением в центральном силовом поле наиболее экономичными являются импульсные. Предполагается, что приращение скорости осуществляется мгновенно, а дальнейшее движение проходит по свободной (кеплеровой) траектории. Сложности, связанные с созданием системы управления, обеспечивающей достаточную точность реализации такого управления, тормозят широкое использование импульсных траекторий в практике ближнего относительного маневрирования. Однако увеличение объема монтажных работ, операций сборки, сближения, облета, сопровождения и других мероприятий в космо-