

УДК 629.78

## АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ КОНФИГУРАЦИЙ ЗВЕЗД

**С. Н. Воробьев,**

канд. техн. наук, доцент

**И. В. Лазарев,**

студент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Предлагается процедура распознавания звезд, основанная на сравнении наблюдаемой конфигурации звезд с множеством эталонных конфигураций, задаваемых по каталогу. Показано, что при произвольной ориентации искусственного спутника Земли алгоритм вычисления угловых расстояний между звездами конфигурации и ускоренного перебора эталонов реализуется в режиме реального времени и не требует больших объемов памяти.

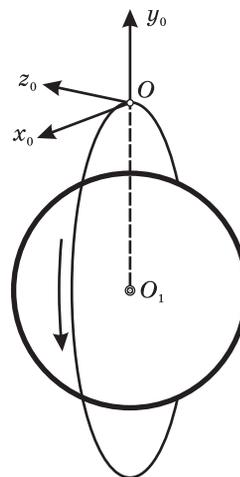
### Введение

Управление угловым положением искусственного спутника Земли (ИСЗ) — его ориентация [1] — может базироваться на измерении угловых положений наблюдаемых звезд. Информационный подход к ориентации ИСЗ [2] предполагает выработку направляющих косинусов для определения матрицы перехода связанной (с ИСЗ) системы координат к базовой, имеющей общее начало со связанной системой. Кинематические параметры могут быть измерены при одновременной фиксации как минимум двух неколлинеарных векторов, ориентация которых относительно базовой системы координат известна [2, 3]. Фиксация линий визирования на две и более звезды позволяет рассчитать углы рыскания, тангажа и крена, характеризующие взаимное положение связанной и базовой систем координат. В качестве базовой, как правило, используется орбитальная система координат  $Ox_0y_0z_0$  (рис. 1).

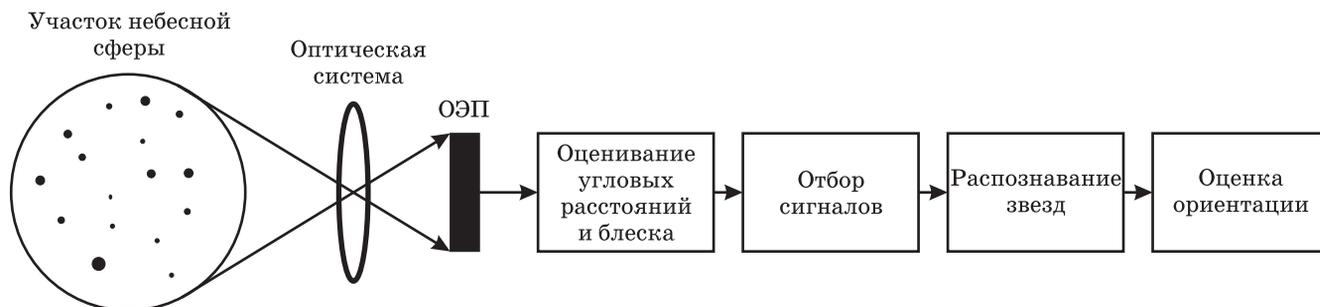
Оптические изображения наблюдаемых звезд, например ПЗС-матрицей (рис. 2), преобразуются в последовательности импульсных электрических

сигналов, из которых отбираются подходящие для распознавания звезд.

Распознавание наблюдаемых звезд (их идентификация с указанными в каталогах [4]) позволя-



■ Рис. 1. Орбитальная система координат



■ Рис. 2. Система ориентации ИСЗ

ет оценить текущую ориентацию ИСЗ и выработать управляющие сигналы для придания нужной. Стандартные оптико-электронные преобразователи *ОЭП* обеспечивают достаточные значения отношения сигнал/шум при наблюдении звезд  $5-6^m$ , общее количество которых велико (тысячи) [5, 6]. Распознавание нескольких наблюдаемых звезд на этом фоне при отсутствии априорных сведений возможно при использовании некоторой процедуры с приемлемыми вычислительной сложностью и требованиями к объему памяти.

Процесс ориентации может начинаться в произвольной точке орбиты при неизвестном угловом положении ИСЗ, т. е. ось оптической системы может быть направлена в любую точку сферы, а изображение участка звездного неба  $\Theta$  может быть повернуто на любой угол относительно соответствующего стандартного изображения  $\Theta_{\text{кат}}$  из звездного каталога. Одним из условий быстрого распознавания звезд является его инвариантность: нормализация  $\Theta$  (преобразование  $\Theta$  к  $\Theta_{\text{кат}}$ ) должна быть исключена. В работе предлагается инвариантный к  $\Theta$  алгоритм распознавания звезд в системе ориентации с погрешностями порядка угловых минут и оцениваются требования к памяти.

### Алгоритм распознавания звезд

Наиболее достоверным методом распознавания групп звезд считается сравнение оценок угловых расстояний с их эталонами [6, 7]. Процедура распознавания базируется на инвариантности взаимных угловых расстояний  $\alpha_{ij}$  между звездами с номерами  $i$  и  $j$  относительно углового положения идеальной оптической системы, в которой значения  $\alpha_{ij}$  одинаковы в центре и на краях изображения. Звезды из каталога [4] ярче  $5^m$  (всего 1620 звезд) нумеруются, образуя рабочий каталог. Угловые расстояния хранятся в градусах, а не в косинусах углов, как в работе [6]. Угол, измеряемый с погрешностью порядка угловых минут (картографирование, посадка и стыковка ИСЗ [2]), в любом из этих форматов записывается в двух байтах, и экономии памяти при переходе от углов к косинусам нет. Собственные движения звезд не учитываются: данные о положении звезд соответствуют эпохе каталога HIPPARCOS [4]  $T_0 = J1991,25$ .

Эталонными являются значения  $\alpha_{ij}$  для всех пар звезд. При распознавании оцениваются угловые расстояния между парами наиболее ярких звезд, и оценки  $\hat{\alpha}_{ij}$  сравниваются с эталонными значениями  $\alpha_{ij}$  [в блоке оценивания (см. рис. 2), вырабатываются  $\hat{\alpha}_{ij} \in (\alpha_{ij} \pm \Delta/2)$ ].

Инвариантность к изображению  $\Theta$  достигается введением конфигураций  $ST$  звезд — совокупности нескольких пар с одной общей (центральной) звездой. Эталонной конфигурацией  $ST_0$  является множество номеров звезд из рабочего каталога и соответствующих им взаимных угловых расстояний  $\alpha_{ij}$ . Условие уникальности угловых расстояний [6], приводящее к необходимости их измере-

ний с погрешностями в угловые секунды, снимается: в пределах  $\pm\Delta/2$  угловые расстояния могут повторяться.

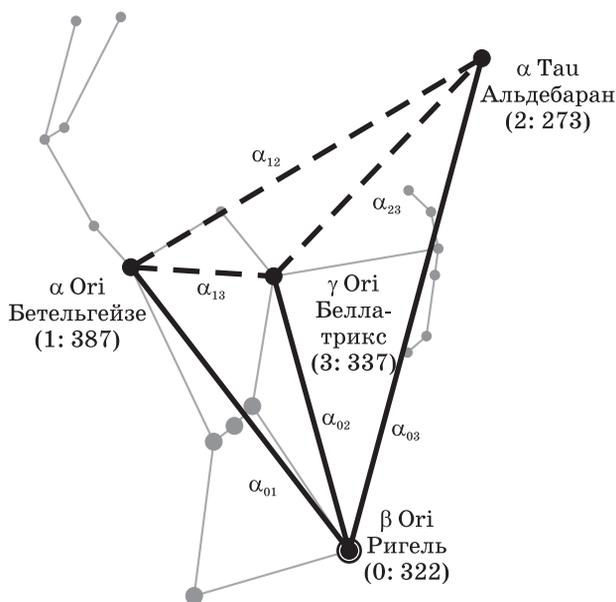
Пример эталонной конфигурации, включающей три яркие звезды из созвездия Ориона и попавшую в поле зрения звезду Альдебаран из созвездия Тельца, показан на рис. 3 (шесть угловых расстояний  $\alpha_{01}, \dots, \alpha_{23}$ ). Видимые звездные величины для  $\beta$  Ori  $m = 0,18^m$ , для  $\alpha$  Ori  $m = 0,45^m$ , для  $\alpha$  Tau  $m = 0,87^m$ , для  $\gamma$  Ori  $m = 1,54^m$ . На рис. 3 указаны индексы звезд, включенных в  $ST_0$ , и их номера из рабочего каталога. Например, метка (0: 322) для звезды Ригель означает: индекс 0 — центральная в конфигурации, 322 — ее номер в рабочем каталоге; метка (2: 273) для Альдебарана: 2 — номер в конфигурации, 273 — номер в рабочем каталоге.

Эталонные конфигурации не хранятся в памяти — они формируются на заключительных этапах распознавания.

Множество  $C$  возможных конфигураций можно сформировать из множества  $A$  оценок угловых расстояний  $\hat{\alpha}_{ij}$ . Оценки  $A$  позволяют также по рабочему каталогу получить множество допустимых  $ST_k$  эталонных конфигураций. Теперь распознавание заключается в сравнении  $C$  с  $ST_k$  для выделения  $ST_0 \approx C$ . Если это равенство выполняется для одной конфигурации, распознавание однозначно. Процедура упрощается, если в  $C$  оставить одну конфигурацию: можно организовать эффективный просмотр рабочего каталога и формирование эталонных конфигураций.

Алгоритм распознавания включает следующие этапы:

- 1) формирование исходной конфигурации наблюдаемых звезд;
- 2) выделение базы исходной конфигурации;



■ Рис. 3. Эталонная конфигурация

3) формирование баз-кандидатов;

4) формирование эталонных конфигураций-кандидатов;

5) сопоставление исходной конфигурации с эталонными (распознавание).

Исходная конфигурация  $C$  формируется выбором центральной (наиболее яркой) звезды, которой присваивается индекс  $i = 0$ , и  $n$  базовых звезд (с индексами  $i = 1, \dots, n$ ). Базовые звезды выбираются в окрестности центральной звезды по признаку убывания блеска. Например, для созвездия Ориона при измерении угловых расстояний с ошибкой  $\Delta\alpha \in N(0, \sigma)$ ,  $\sigma = \alpha_{01}/20$  ( $\Delta \approx 6\sigma$ ), исходная конфигурация  $C = \{\hat{\alpha}_{01}, \hat{\alpha}_{02}, \hat{\alpha}_{03}, \hat{\alpha}_{12}, \hat{\alpha}_{13}, \hat{\alpha}_{23}\} = \{18,606; 26,494; 14,789; 21,389; 7,530; 15,754^\circ\}$  ( $n = 3$ ) может соответствовать наблюдениям и измерениям, показанным на рис. 4.

Поскольку блеск первых четырех звезд  $\beta$  Ori,  $\alpha$  Ori,  $\alpha$  Tau,  $\gamma$  Ori различается не более чем на  $1,5^m$ , их сигналы должны отбираться после оценки блеска с соответствующей точностью. Яркие планеты и объекты исключаются из конфигураций по признакам слишком большого блеска.

База исходной конфигурации  $V_C$  состоит из угловых расстояний между центральной звездой и базовыми: на рис. 4 база  $V_C = \{\hat{\alpha}_{01}, \hat{\alpha}_{02}, \hat{\alpha}_{03}\}$ .

База-кандидат  $V_k$  — множество звезд из рабочего каталога с угловыми расстояниями, близкими к  $V_C$ . Базы-кандидаты графически могут отличаться от  $V_C$  и формироваться вокруг разных центральных звезд (рис. 5): кроме центральной звезды Ригель в каталоге нашлись звезды 22 Ori и HIP87936, образующие  $V_k^1 = \{18,587; 26,513;$

$14,774^\circ\}$  и  $V_k^2 = \{18,583; 26,483; 14,797^\circ\}$ .

Ниже множество номеров центральных звезд обозначено  $R_0$ , набор множеств номеров базовых звезд, соответствующих каждой центральной звезде, —  $R_1(r_0), R_2(r_0), \dots, R_n(r_0), r_0 \in R_0$ .

Для всех пар звезд  $\{0, i\}, i = 1, 2, \dots, n$ , из базы конфигурации (исходных пар) формируются множества соответствующих им эталонных пар из рабочего каталога. Так как угловые расстояния в исходных парах измерены с погрешностью, каждой исходной паре могут соответствовать несколько эталонных  $S_{0i} = \{\{k_1, l_1\}_{0i}, \{k_2, l_2\}_{0i}, \dots, \{k_m, l_m\}_{0i}\}$ . Следовательно, эталонной парой  $\{k, l\}$  для исходной пары  $\{0, i\}$  является любая пара с угловым расстоянием  $\alpha_{kl} \in (\hat{\alpha}_{0i} \pm \Delta/2)$ . Для формирования множеств  $S_{0i}$  удобно использовать дополнительные таблицы: таблицу пар, в которой хранятся эталонные номера звезд  $k$  и  $l$  и соответствующие им угловые расстояния  $\alpha_{kl}$ , а также хеш-таблицу для быстрого доступа к таблице пар. Таблица пар упорядочивается по возрастанию  $\alpha_{kl}$ , следовательно, в качестве результата достаточно для каждой пары

$\{0, i\}$  выделить номера начальных строк и числа строк, которые необходимо будет выбрать из таблицы пар. Общее количество пар для  $N_{зв}$  звезд есть

$$\text{число сочетаний } N_{\text{пар}} = \binom{N_{\text{зв}}}{2}.$$

Оценка плотности распределения количества пар  $\rho(\alpha_{kl})$ , полученная по рабочему каталогу, показана точками на рис. 6. Она может аппроксимироваться синусоидальной зависимостью (см. рис. 6, сплошная линия)

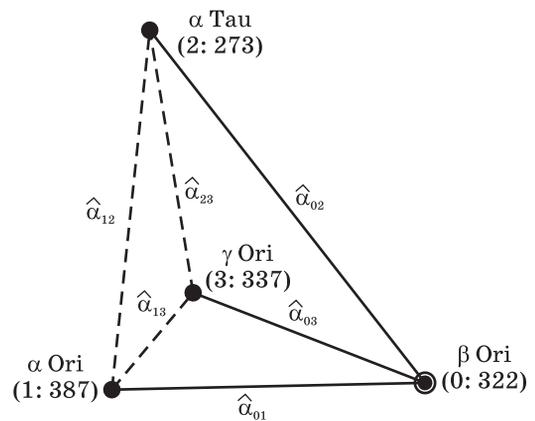


Рис. 4. Возможная исходная конфигурация

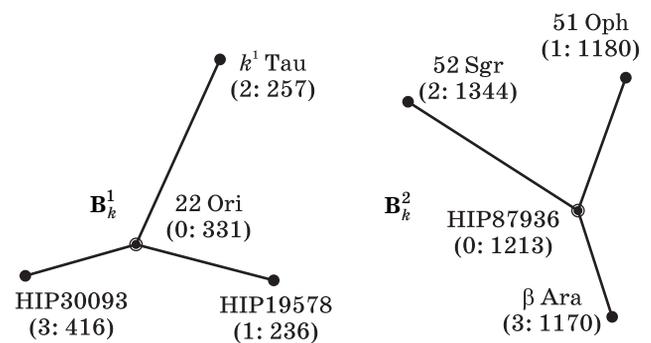


Рис. 5. Примеры баз-кандидатов

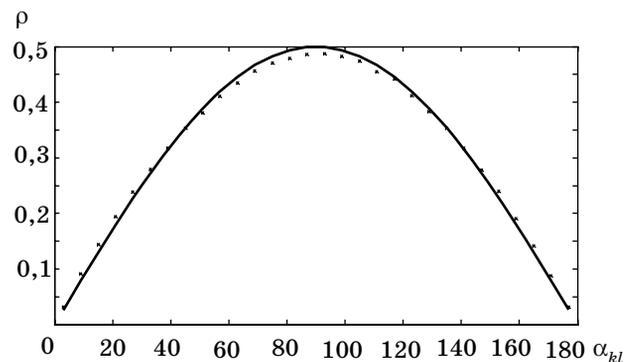


Рис. 6. Плотность распределения количества пар звезд

$$\rho(\alpha_{kl}) = \frac{1}{2} \sin \alpha_{kl}.$$

Тогда количество пар, заключенных в интервале  $[\alpha_{\min}, \alpha_{\max}]$ :

$$N_{\text{пар}}(\alpha_{\min}, \alpha_{\max}) \approx N_{\text{пар}} \int_{\alpha_{\min}}^{\alpha_{\max}} \rho(\alpha_{kl}) d\alpha_{kl} = \frac{N_{\text{пар}}}{2} (\cos \alpha_{\min} - \cos \alpha_{\max}).$$

Объем памяти, необходимый для хранения таблицы пар:

$$V_{\text{т.п}} = N_{\text{пар}}(\alpha_{\min}, \alpha_{\max})(V_k + V_l + V_\alpha), \quad (1)$$

где  $V_k = V_l$  — размеры ячеек для эталонных номеров  $k$  и  $l$ ;  $V_\alpha$  — размер ячейки, отводимой под хранение взаимного углового расстояния  $\alpha_{kl}$  данной пары. Например, при отведении по 2 байта на хранение эталонных номеров и 2 байта на хранение  $\alpha_{kl}$  и ограничении размера таблицы пар интервалом  $[0, 60^\circ]$   $V_{\text{т.п}} \approx 1921$  кбайт.

Хеширование (использование хеш-функции и хеш-таблицы) предназначено для ускорения поиска эталонных номеров пар звезд. В обычном режиме (без хеширования) поиск велся бы, начиная с пары с наименьшим взаимным угловым расстоянием. Если в среднем выбиралась бы исходная пара звезд с угловым расстоянием, близким к половине угла зрения оптической системы, то перебирались бы  $N_{\text{пар}}(\alpha_{\min}, \alpha_{\max}/2) \approx 88\,000$  пар звезд. Так как все пары в таблице пар упорядочены по возрастанию взаимного углового расстояния  $\alpha_{kl}$ , то поиск интересующей пары можно начинать не с начала таблицы, а с некоторой пары, у которой угловое расстояние  $\alpha_{kl}$  близко к  $\hat{\alpha}_{0i}$  исходной пары  $\{0, i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Номера строк для таких пар записываются в хеш-таблицу. Для этого весь возможный диапазон угловых расстояний делится на равные промежутки (с шагом  $\Delta_h$ ) и каждому такому промежутку ставится в соответствие строка из хеш-таблицы. Затем в каждую строку хеш-таблицы записываются номера строк таблицы пар, в которых взаимное угловое расстояние  $\alpha_{kl}$  наиболее близко сверху к началу каждого промежутка  $\alpha_{kl} \approx \Delta_h j$ ,  $j$  — номер строки хеш-таблицы. Таким образом, если требуется найти пару с некоторым заданным  $\alpha_{kl}$ , то хеш-функцией

$$f_{\text{hash}}(\alpha_{kl}) = \text{floor}\left(\frac{\alpha_{kl}}{\Delta_h}\right)$$

(округление до меньшего целого) находится номер строки хеш-таблицы, в котором хранится адрес пары (номер строки таблицы пар) с близким к  $\alpha_{kl}$  угловым расстоянием. Далее необходимо перебрать некоторое количество пар, чтобы найти искомую. В примере, рассмотренном на рис. 7, ин-

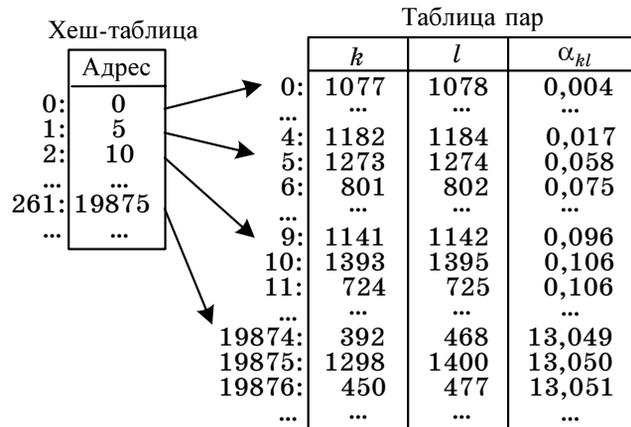


Рис. 7. Пример взаимосвязи хеш-таблицы и таблицы пар

тервал  $\Delta_h = 0,05^\circ$ , а номера строк хеш-таблицы 0, 1, 2 и 261 соответствуют интервалам  $[0; 0,05^\circ)$ ,  $[0,05; 0,1^\circ)$ ,  $[0,1; 0,15^\circ)$  и  $[13,05; 13,1^\circ)$ .

Объем памяти, отводимый для хранения хеш-таблицы:

$$V_{\text{хт}} = V_n \times \text{ceil}\left(\frac{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}{\Delta_h}\right) \quad (2)$$

(округление до большего целого), где  $V_n$  — размер поля адреса (номера строки таблицы пар). Шаг  $\Delta_h$  удобно выбирать кратным погрешности  $\Delta$ . Для  $V_n = 4$  байт и  $\Delta_h = \Delta = 0,05^\circ$  требуется  $V_{\text{хт}} \approx 4,8$  кбайт.

Список (множество) эталонных пар  $S_{0i}$  (т. е. начальный номер и число строк таблицы пар) для исходной пары  $\{0, i\}$  находится с помощью вычисления двух хеш-функций: для  $\hat{\alpha}_{0i} - \Delta/2$  и  $\hat{\alpha}_{0i} + \Delta/2$ . Полученный список  $S_{0i}$  содержит все пары, у которых  $\alpha_{kl} \in (\hat{\alpha}_{0i} \pm \Delta/2)$ , а также еще некоторое количество пар, выходящих за рамки заданного интервала (вследствие округлений при разбиении пар на интервалы). Лишние пары следует исключить из результирующего списка путем их перебора. При этом для рассматриваемого случая в среднем придется перебирать около

$$N_{\text{пар}}\left(\frac{\alpha_{\max} - \Delta_h}{2}, \frac{\alpha_{\max} + \Delta_h}{2}\right) \approx 300 \text{ пар} — \text{использование хеширования уменьшает количество вычислений на два порядка.}$$

По полученным множествам пар  $S_{0i}$  строится таблица баз-кандидатов  $\mathbf{B}_k$  (рис. 8). В этой таблице основной столбец соответствует  $R_0$  — множеству всех возможных эталонных номеров центральной звезды (от 0 до  $N_{\text{зв}} - 1$ ). Каждой строке основного столбца (элементу  $r_0 \in R_0$ ) соответствует подтаблица, содержащая  $n$  множеств  $R_i(r_0) = \{r_i(0), r_i(1), \dots, r_i(m_{r_0})\}$  эталонных номеров базовых звезд.

Для заполнения таблицы баз-кандидатов перебираются все пары из множеств  $S_{0i}$ , и для каж-

Эталонные номера центральной звезды

$R_0$	Эталонные номера базовых звезд		
	$R_1$ (321)	$R_2$ (321)	$R_3$ (321)
0	94	534	∅
1		433	
...			
320			
321	$R_1$ (322)	$R_2$ (322)	$R_3$ (322)
322	387	273	337
323		363	
...			
1212			
1213	$R_1$ (1213)	$R_2$ (1213)	$R_3$ (1213)
1214	1180	1344	1170
...		1167	
...		1091	
$N_{зв} - 1$		1107	

Рис. 8. Таблица баз-кандидатов

рвать так, чтобы не возникло переполнения множества  $R_i$ , иначе может произойти потеря некоторых эталонных конфигураций. При  $V_n = 2$  байт,  $c_n = 15$  значение  $V_{т.бк} \approx 142$  кбайт.

Эталонные конфигурации-кандидаты  $ST_k$  формируются дополнением баз-кандидатов  $B_k$  угловыми расстояниями между базовыми звездами (рис. 9). В табл. 1 приведены номера звезд, в табл. 2 — уг-

Таблица 1

№	$i = 0$	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$
1	187	78	167	296
2	283	349	259	237
3	283	397	259	237
4	301	351	254	330
5	322	387	273	337
6	322	387	363	337
7	331	236	257	416
...	...	...	...	...
21	1213	1180	1344	1170
22	1213	1180	1167	1170
23	1213	1180	1091	1170
24	1213	1180	1107	1170
...	...	...	...	...

дой пары  $\{k, l\} \in S_{0i}$  выполняются следующие операции:

— пусть  $k$  — номер центральной звезды:  $k = r_0(j)$ , тогда в множество  $R_i(k)$  добавляется  $l$ -й номер  $R_i(k) := R_i(k) \cup l$ ;

— пусть  $l$  — номер центральной звезды:  $l = r_0(j)$ , тогда в множество  $R_i(l)$  добавляется  $k$ -й номер  $R_i(l) := R_i(l) \cup k$ .

Объем памяти, отводимый для хранения таблицы баз-кандидатов:

$$V_{т.бк} = V_n \times c_n \times n \times N_{зв}, \quad (3)$$

где  $V_n$  — размер ячеек для эталонных номеров;  $c_n$  — количество ячеек, отводимых для хранения множества  $R_i$ . Количество ячеек  $c_n$  следует выби-

Таблица 2

№	$\alpha_{01}$	$\alpha_{02}$	$\alpha_{03}$	$\alpha_{12}$	$\alpha_{13}$	$\alpha_{23}$
1	18,623	26,475	14,767	27,644	30,982	23,177
2	18,605	26,486	14,784	43,758	33,349	13,870
3	18,611	26,486	14,784	34,542	29,175	13,870
4	18,623	26,483	14,797	19,221	30,931	41,263
5	18,606	26,494	14,789	21,389	7,530	15,754
6	18,606	26,511	14,789	41,644	7,530	40,569
7	18,587	26,514	14,774	29,319	32,143	37,687
...	...	...	...	...	...	...
21	18,583	26,483	14,797	28,472	31,587	38,902
22	18,583	26,499	14,797	43,832	31,587	12,247
23	18,583	26,501	14,797	41,661	31,587	11,953
24	18,583	26,503	14,797	15,069	31,587	33,927
...	...	...	...	...	...	...

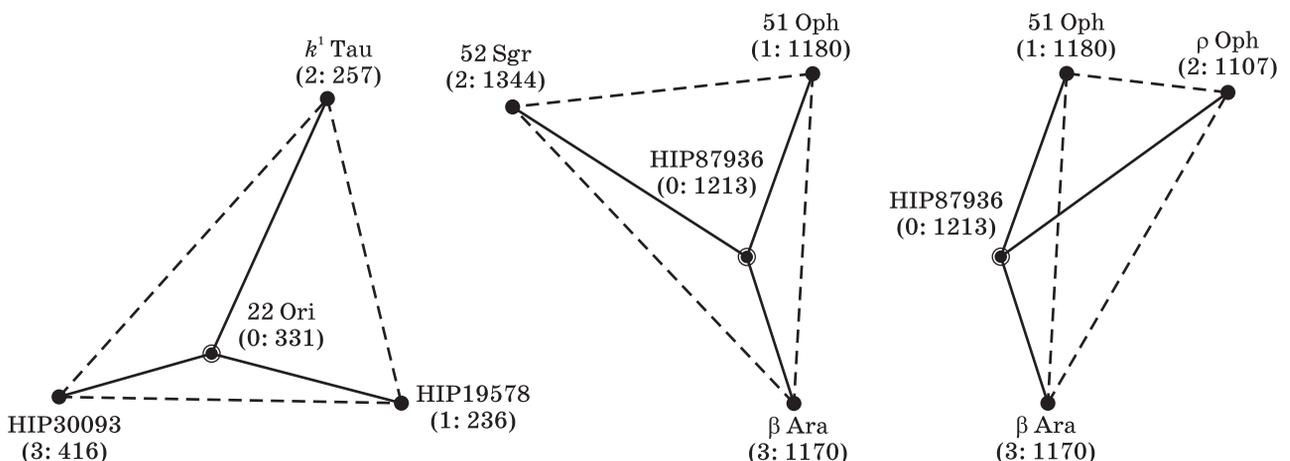


Рис. 9. Конфигурации-кандидаты

ловые расстояния конфигураций-кандидатов; для каждой центральной звезды составляется множество возможных комбинаций угловых расстояний (см. рис. 8).

Выделенные в табл. 1 строки соответствуют конфигурациям, показанным на рис. 9, строка в рамке — исходной конфигурации С (см. рис. 4).

Для исходной конфигурации С множество  $ST_k$  при погрешности измерений  $\Delta = 0,05^\circ$  состоит из 28 конфигураций.

Распознавание — сравнение С с  $ST_k$  с целью выделения единственного эталона  $ST_0 \approx C$ . Случаи  $ST_0 = \emptyset$  и  $|ST_0| > 1$  считаются ошибками распознавания. В рассматриваемом примере распознавание однозначно. Если в исходную конфигурацию попадает далекая планета или ИСЗ (не входящие в каталоги), велика вероятность  $ST_0 = \emptyset$ .

Для вычисления расстояния  $\alpha_{kl}$  эталонной пары  $\{k, l\}$  используется дополнительная таблица — матрица **AL** угловых расстояний между эталонными парами. **AL** — симметричная матрица с нулевыми диагональными элементами, поэтому в памяти хранится только верхняя треугольная матрица. Объем памяти для хранения матрицы расстояний

$$V_{AL} = V_\alpha \frac{N_{зв}^2 - N_{зв}}{2}. \quad (4)$$

Для рассмотренного случая ( $N_{зв} = 1620$ )  $V_{AL} \approx 2564$  кбайт.

### Тестирование алгоритма

Память, используемая алгоритмом, делится на статическую (не изменяющуюся в процессе работы алгоритма) и динамическую (изменяющуюся).

К статической памяти относятся: таблица пар, хеш-таблица и матрица расстояний; к динамической — таблица баз-кандидатов. Объем статической памяти  $V_{стат}$  оценивается по формулам (1), (2), (4), динамической  $V_{дин}$  — по (3). В рассматриваемом примере  $V_{стат} \approx 4,5$  Мбайт,  $V_{дин} = V_{т.бк} = 142$  кбайт.

Результаты тестирования алгоритма представлены в табл. 3. Погрешности  $\Delta$  задавались в соответствии с вышеупомянутыми задачами картографирования, ориентации для посадки и стыковки [2]. В каждом случае тестирование проводилось для 10 тыс. случайных положений оптической системы. Использовались два критерия выбора звезд: наиболее яркие звезды и случайно расположенные звезды. Тестирование проводилось на персональном компьютере с процессором класса Intel Pentium IV 3,0 GHz. Время работы алгоритма не превышало 16 мкс.

### Заключение

Распознавание выбранного множества звезд реализуется на базе инвариантной к ориентации ИСЗ конфигурации звезд — набором взаимных угловых расстояний между ними. Нормализация исходной конфигурации — необходимые поворот и сдвиг изображения к стандартной форме, соответствующей данным звездного каталога, позволит рассчитать ориентацию (углы рыскания, тангажа и крена).

Рассмотренный алгоритм распознавания конфигурации, состоящей из четырех звезд, достаточно надежен и реализуем в современных вычислительных средах в режиме реального времени.

В работе рассматривался пример с наиболее яркими звездами созвездия Ориона и Тау Альдеба-

■ Таблица 3

Количество опорных звезд	Угол зрения, град	Погрешность $\Delta$ , мин	Количество успешных распознаваний		Среднее количество конфигураций-кандидатов	
			наиболее ярких звезд	случайно расположенных звезд	наиболее ярких звезд	случайно расположенных звезд
3	60	2	10000	9997	24	21
3	60	5	10000	9991	329	310
3	60	10	9909	9867	2670	2433
3	50	2	10000	9997	16	15
3	50	5	10000	9993	217	211
3	50	10	9953	9873	1730	1675
3	40	2	10000	9994	10	10
3	40	5	9998	9992	124	132
3	40	10	9944	9889	969	1038
3	30	2	10000	9994	5	6
3	30	5	10000	9985	68	72
3	30	10	9898	9887	528	553
2	60	2	9155	9179	88	84
2	60	5	3285	3907	541	518
2	60	10	54	49	2157	2079
2	30	2	9316	9420	28	29
2	30	5	5589	5312	170	182
2	30	10	365	214	674	712

рана. Привязка к созвездиям и наиболее ярким отдельным звездам не обязательна — надежно распознаются любые выбранные четыре звезды с до-

статочным блеском. Использование в исходной конфигурации произвольных звезд упрощает требования к оцениванию их блеска.

### Литература

1. Раушенбах Б. В., Токарь Е. Н. Управление ориентацией космических аппаратов. М.: Наука, 1974. 600 с.
2. Бесекерский В. А., Иванов В. А., Самотокин Б. Б. Орбитальное гироскопирование / Под ред. Б. Б. Самотокина. СПб.: Политехника, 1993. 256 с.
3. Справочник по космонавтике / Под ред. Н. Я. Кондратьева, В. А. Одинцова. М.: Воениздат, 1966. 328 с.
4. The HIPPARCOS and TYCHO catalogues. ESA, 1997. Vol. 1–16.

5. Николаев А. Г. и др. Основы проектирования космических секстантов. М.: Машиностроение, 1978. 216 с.
6. Малинин В. В. Моделирование и оптимизация оптического-электронных приборов с фотоприемными матрицами. Новосибирск: Наука. 2005.
7. Осипик В. А., Федосеев В. И. Математическое моделирование алгоритмов опознавания группы звезд // Оптический журнал. 1996. № 7. С. 10–14.

Институт проблем управления имени В. А. Трапезникова РАН  
 Российский Национальный Комитет по автоматическому управлению  
 Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН

VIII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
 «ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ И ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ — SICPRO'09»  
 с 26 по 30 января 2009 г.

Место проведения: институт проблем управления имени В. А. Трапезникова РАН  
 Адрес: 117997, ГСП-7, Россия, Москва, улица Профсоюзная, 65

#### Направления работы

- Развитие теории и методологии идентификации, моделирования и управления
- Математические задачи теории управления
- Параметрическая идентификация
- Непараметрическая идентификация
- Структурная идентификация и экспертный анализ
- Задачи выбора и анализ данных
- Системы управления с идентификатором
- Задачи идентификации в интеллектуальных системах
- Прикладные задачи идентификации
- Имитационное моделирование
- Методическое и программное обеспечение идентификации и моделирования
- Когнитивные аспекты идентификации
- Верификация и проблемы качества программного обеспечения сложных систем
- Глобальные сетевые ресурсы поддержки процессов идентификации, управления и моделирования

#### Участие в конференции

Авторам, желающим принять участие в Конференции, необходимо не позднее 31 марта 2008 г. отправить по электронному адресу Оргкомитета тезисы доклада, оформленные в соответствии с Правилами. Тезисы, не соответствующие Правилам, не регистрируются и не рассматриваются.

На основе тезисов проводится отбор докладов для включения их в Программу Конференции. Тезисы не публикуются. О включении докладов в программу Конференции сообщается не позднее 31 мая 2008 г. на Интернет-странице Конференции.

Принятые доклады должны быть отправлены по электронному адресу Оргкомитета в электронном виде (doc- или tex-файлы) не позднее 31 июля 2008 г. Правила оформления доклада и создания его электронной версии будут приведены на Интернет-странице Конференции.

#### Издание трудов конференции

Труды Конференции (с полными текстами всех докладов (объем докладов не ограничивается), отвечающих требованиям к оформлению) будут изданы на компакт-диске. Данный компакт-диск будет официально зарегистрирован (с присвоением ISBN-кода) как сборник трудов Конференции.

#### Дополнительная информация и справки

Оргкомитет:  
 117997, ГСП-7, Россия, Москва, улица Профсоюзная, 65  
 Кирилл Романович Чернышев, Елена Филипповна Жарко;  
 тел./факс: +7 (495) 334-89-90  
 эл. почта: sicpro@ipu.rssi.ru;  
 сайт: [http://www.sicpro.org/sicpro09/code/r09\\_01.htm](http://www.sicpro.org/sicpro09/code/r09_01.htm)