

В. Г. Андронов, С. В. Дегтярёв, И. А. Клочков, Ю. Н. Волобуев

КООРДИНАТНО-ВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СКАНЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИНЕЙКАМИ МАТРИЦ ПЗС

Рассмотрен процесс формирования геометрической и фотометрической структуры космических сканерных изображений линейками матриц ПЗС, расположенными в шахматном порядке в фокальной плоскости съёмочной аппаратуры. Получены координатно-временные зависимости, описывающие функциональную связь между порядковыми номерами пикселей цифрового космического сканерного изображения и топологическими параметрами элементов оптико-электронного преобразователя.

Ключевые слова: космические сканерные изображения, матрицы ПЗС, оптико-электронный преобразователь, прямая фотограмметрическая задача.

В работе [1] представлены общая постановка и строгое решение орбитальным методом прямой фотограмметрической задачи для всех типов космических сканерных систем. Показано, что орбитальный метод основан на последовательном использовании двух моделей, а именно: общей геоорбитальной модели космической сканерной съёмки и координатно-временной модели формирования сканерного изображения конкретного типа. Аналитические соотношения, описывающие первую модель, приведены авторами в работе [2].

В настоящей статье представлена вторая модель, описывающая в каждый момент съёмки переход от порядковых номеров пикселей маршрута космического сканерного изображения к топологическим параметрам элементов фоточувствительной структуры сканера и времени их формирования. При этом в качестве фоточувствительной структуры сканера рассматривается оптико-электронный преобразователь (ОЭП) на приборах с зарядовой связью (ПЗС), интегрированных в две линейки матриц ПЗС и работающих в режиме задержки и накопления зарядовых пакетов.

Для увеличения полосы захвата сканера линейки ПЗС объединяются в два ряда матриц, причем нечетные матрицы расположены по направлению полета космического аппарата. Каждая матрица [3] с порядковым номером $\lambda = \overline{1, \Lambda}$ содержит M столбцов и P строк элементов разложения (ПЗС), при этом последние и первые столбцы соответственно нечетного и четного рядов расположены на одной линии, т.е. матрицы размещены с перекрытием, а каждый ряд ПЗС-матриц функционирует в M -тактовом режиме накопления. Ряды матриц ПЗС с возрастанием порядковых номеров располагаются в фокальной плоскости сканера в шахматном порядке вдоль экспонирующей щели ОЭП. В рамках такой топологии ОЭП формирует две полосы изображений участков местности, примыкающих друг к другу в шахматном порядке. Каждая полоса изображения в каждом M -такте содержит M строк изображения. Изображения участков местности формируются при прохождении над этими участками ПЗС-элементов последних столбцов матриц. В этой связи последние столбцы с порядковым номером M в обоих рядах матриц ПЗС названы формирующими изображение краями ОЭП. Длительность одного такта формирования пиксела изображения описывается формулой $\tau_T = \Delta l_x / V_{ПЗ}$, где $V_{ПЗ}$ — скорость движения зарядовых пакетов по линейке ПЗС.

В системе координат Oxy фокальной плоскости под абсциссой x элемента фоточувствительной структуры, формирующего в момент времени t изображение точки земной поверхности, понимается абсцисса $x_{ф.к}$ формирующего края ОЭП, относящегося к матрицам ПЗС либо четного, либо нечетного ряда. В работе [3] представлены формулы для математического описания перехода от координаты n пиксела изображения к ее значению y_n в системе координат Oxy .

В одно и то же время относительно момента включения t_0 сканера формируются две примыкающие друг к другу по оси Ox полосы сканерного изображения, причем смежные полосы изображений участков местности по оси Ox формируются в одинаковое время, а по оси Oy — в разное. При дальнейшей обработке изображений строки, смежные по оси Oy , приводят к единой составной строке, элементы которой имеют один и тот же порядковый номер $k_\lambda = \overline{1, K}$. Поскольку формирование смежных участков изображения матрицами нечетного ряда осуществляется с задержкой на величину τ_λ , равную длительности одного M -такта, общая формула расчета времени формирования τ_k единых строк изображения различными рядами матриц ПЗС имеет следующий вид:

$$\tau_k = k_\lambda \frac{\Delta l_x}{V_{ПЗ}} + \tau_\lambda,$$

где

$$\tau_\lambda = \begin{cases} 0, & \text{если } \lambda_n = 2\zeta; \zeta = 1, 2, 3, \dots; \\ \Delta l_x M / V_{ПЗ}, & \text{если } \lambda_n = 2\zeta + 1; \zeta = 1, 2, 3, \dots, \end{cases}$$

при этом порядковый номер матрицы ПЗС, содержащей элемент ПЗС с порядковым номером n , определяется по формуле

$$\lambda_n = \begin{cases} E [n/P] + 1, & \text{если } n \neq P; \\ n/P, & \text{если } n = P, \end{cases}$$

где оператор E и квадратные скобки означают операцию определения целой части числа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андронов В. Г., Клочков И. А., Лазарева Е. В. Общая постановка и решение прямой фотограмметрической задачи для моноскопических космических изображений // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2009. Т. 7, № 4. С. 33—37.
2. Андронов В. Г., Дегтярёв С. В., Клочков И. А., Лазарева Е. В. Общая георбитальная модель космической сканерной съемки // Геоинформатика. 2010. № 1. С. 48—52.
3. Андронов В. Г., Дегтярёв С. В., Клочков И. А. Особенности формирования космических сканерных изображений линейками матриц ПЗС // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. Т. 8, № 7. С. 11—15.

Сведения об авторах

- Владимир Германович Андронов** — канд. техн. наук, доцент; Юго-Западный государственный университет, кафедра телекоммуникаций, Курск; E-mail: vladiA58@yandex.ru
- Сергей Викторович Дегтярёв** — д-р техн. наук, профессор; Юго-Западный государственный университет, кафедра информационных систем и технологий, Курск; E-mail: ist.@kistu.kursk.ru
- Иван Алексеевич Клочков** — Юго-Западный государственный университет, кафедра телекоммуникаций, Курск; инженер; E-mail: strogy2005@yandex.ru
- Юрий Николаевич Волобуев** — ФГУП „Курский НИИ“ МО РФ; инженер; E-mail: mryuga@bk.ru

Рекомендована кафедрой
телекоммуникаций

Поступила в редакцию
17.06.11 г.