

И. Л. Пименов, Ю. П. Шумилов (Москва, АО «НПК «СПП»).

Анализ информативности обзора космического пространства широкоугольным «быстрым» телескопом.

УДК 621.384.326

Резюме: Разработка и появление «быстрых» телескопов трехметрового класса [1] позволяет сделать обзор значительных областей космического пространства в реальном времени.

В частности обзор ближнего космического пространства, где находятся большинство *низкоорбитальных* космических объектов (НОКО) и *фоноцелевая* обстановка (ФЦ) меняется достаточно быстро, вследствие нахождения на этих орбитах объектов различного назначения, а также космического мусора (КМ): коротко живущих КО разведчиков — инспекторов, КО несущих дополнительные конструкции предназначенные для монтажа или доставки на другие орбиты и т. д. Контроль за изменением ФЦ в реальном времени является важным элементом системы контроля космического пространства. В то же время встает вопрос: какие космические объекты (КО) и динамику их эволюции (СТЫКОВКИ, разделения, разрушения) удастся обнаружить при скорости обзора 5000 град/час=1,38 град/с [1]. В докладе приводится оценка количества низкоорбитальных космических объектов, которые надежно обнаруживаются при таких режимах наблюдения разрабатываемым инструментом, использующим матрицу (GSENSE6060BSI) — 80%. Считаем такой режим обзора является достаточно информативным. Существенным является и то, что при необходимости можно уменьшить скорость обзора до приемлемых уровней или перейти к режиму накопления кадров с последующей обработкой в реальном времени.

Ключевые слова: информативность, быстрый телескоп, обнаружение, характеристики матрицы.

Время регистрации одного кадра при скорости сканирования 5000 град/час, с учетом угловых размеров пиксела составит: $\tau_n = 0,6 \cdot 10^{-7}$ с. Используя и преобразовав соотношения, полученные в работе [2], приходим к следующему выражению для оценки дальности (проницающей способности) обнаруженного (с вероятностью пропуска КО $\alpha = 10^{-2}$ и вероятностью ложной тревоги $F = 10^{-4}$) объекта:

$$R(F, \alpha) = \sqrt{6,5 \cdot 10^2 \cdot S_{об} \cdot \varepsilon_{об} \frac{D_a^2}{4} \tau_o \cdot \tau_a \cdot \tau_n \cdot \eta \cdot \frac{4(\delta)^2}{h\nu} / n_{c \min}(F, \alpha) \text{ м}}, \quad (1)$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света, $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Дж·с — постоянная Планка, $\nu = c/\lambda$, λ — длина волны, δ — угловые размеры пиксела (ср), $S_{об}$ — площадь проекции объекта на картинную плоскость, $\varepsilon_{об} \approx 0,5$ — коэффициент отражения объекта, $\tau_o = 0,5$ — коэффициент пропускания оптики, $\tau_a = 0,7$ — коэффициент пропускания атмосферы, $\tau_n = 0,6 \cdot 10^{-7}$ с — время регистрации кадра, $\eta = 0,85$ — квантовый выход, $D_a = 3$ м — диаметр приемной апертуры, N_k — количество кадров.

Чтобы не приводить громоздких формул, запишем сразу выражением для $n_{c \min}$ [2] в предположении, что 4 пиксела ($0,79''$) матрицы *забинированы* и пятно от сигнала

с учетом турбулентности и остаточных aberrаций (2'') укладывается в этот «пиксел».

$$n_{c \min} \approx \frac{1}{N_k} \frac{1}{4} (\ln 2\alpha)^2 - \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{4 \frac{\bar{n}_{1\Phi} \cdot t + n_{1\Gamma} \cdot t + \sigma_{1сч}^2}{N_k} \ln 2F} - \ln 2\alpha \sqrt{-\frac{\sqrt{2}}{4} \ln 2F \frac{1}{\sqrt{N_k}} \sqrt{4 \frac{\bar{n}_{1\Phi} t + n_{1\Gamma} + \sigma_{1сч}^2}{N_k} + 2 \frac{\bar{n}_{1\Phi} t + n_{1\Gamma} \cdot t + \sigma_{1сч}^2}{N_k}}}, \quad (2)$$

где $\alpha = 1 - D$ — вероятность пропуска цели, D — вероятность правильного обнаружения цели, F — вероятность ложной тревоги, $n_{1\Phi}$ — количество фоновых фотоэлектронов с элемента в секунду, $n_{1\Gamma}$ — количество темновых фотоэлектронов с элемента в секунду, $\sigma_{1сч}^2$ — дисперсия шумов считывания с элемента, $\sigma_{1сч} = 1,6e$, $S_{об}$ — площадь проекции объекта на картинную плоскость, $\varepsilon_{об} \approx 0,5$ — коэффициент отражения объекта, $\tau_o = 0,5$ — коэффициент пропускания оптики, $\tau_a = 0,7$ — коэффициент пропускания атмосферы $\tau_n = 0,6 \cdot 10^{-7}c$ — время регистрации кадра, $\eta = 0,85$ — квантовый выход, $D_a = 3 \text{ м}$ — диаметр приемной апертуры, N_k — количество кадров.

Характеристики матрицы (GSENSE6060BSI) известны.

В докладе приводится оценка количества НОКО по формуле (1), которые надежно обнаруживаются при таких режимах наблюдения разрабатываемым инструментом, использующим матрицу (GSENSE6060BSI) — 80%. Считаем такой режим обзора является достаточно информативным. Существенным является и то, что при необходимости можно уменьшить скорость обзора до приемлемых уровней или перейти к режиму накопления кадров с последующей обработкой в реальном времени.

Регулировка скорости обуславливает объем информативности (перечня объектов, включая КМ)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алешин В. П., Гришин Е. А., Коршунов В. С., Пименов И. Л., Шаргородский В. Д.* Интегрированный комплекс автономного обнаружения-распознавания космических объектов на базе широкоугольного «быстрого» обзорного телескопа трехметрового класса. — Научные труды ИНАСАН, 2020, т. 5, в. 1, с. 38–41. // *Aleshin V. P., Grishin E. A., Korshunov V. S., Pimenov I. L., Shargorodsky V. D.* Integrated complex for space objects autonomous detection and recognition based on a wide-angle “fast” observation telescope of three-meter class. Scientific works of the Institute of Astronomy of the Academy of Sciences of the Russian Federation, 2020, v. 5, is. 1, p. 38–41.
2. *Bakut P. A., Vygon V. G., Shargorodskii V. D., Shumilov Yu. P.* Statistical Synthesis of the Optimal Algorithm for Detecting Celestial Objects Observed in the Optical Band. — Journal of communications technology and electronics, 2009, v. 54, № 8, p. 925–936.

UDC 621.384.326

Pimenov I. L., Shumilov Yu. P. (Moscow, JSC “NPK “SPP”). **Analysis of the information content of the survey of outer space with a wide-angle “fast” telescope.**

Abstract: The development and appearance of “fast” telescopes of the three-meter class [1] makes it possible to review significant areas of outer space in real time. In particular, the survey of near space, where most low – orbit space objects (NOCS) are located, and the Phono-target environment (FC) changes quite quickly, due to the presence of objects of various purposes in these orbits, as well as space debris (KM): short-lived SCOUTS-inspectors, CO carrying additional structures intended for installation or delivery to other orbits, etc. Real-time monitoring of changes in the FC is an important element of the space monitoring system. at the same time, the question arises: what space

objects (CO) and the dynamics of their evolution (DOCKING, separation, destruction) can be detected at the speed of the survey. [1] The report provides an estimate of the number of low — orbit space objects that are reliably detected under such observation modes by the developed tool using the matrix (GSENSE6060BSI) — 80%. We believe this review mode is quite informative. It is also important that, if necessary, you can reduce the viewing speed to acceptable levels or switch to the frame accumulation mode with subsequent real-time processing.

Keywords: informativeness, fast telescope, detection, matrix characteristics.