

$$\Delta X = nl_x \quad (3)$$

Делая подстановку (1) и (2) в (3), получаем

$$\delta\theta R = n \frac{l_z}{\operatorname{tg}(\alpha)},$$

откуда

$$\delta\theta = \frac{n}{R \operatorname{tg}(\alpha)} l_z. \quad (4)$$

Полученное выражение устанавливает связь между угловым разрешением и разрешением объекта в радиальном направлении. Заметим, что  $\delta\theta$  не связано с условиями оптической локации и в отсутствие сверхразрешения в радиальном направлении может быть любым. Так, например, при дифракционном угловом разрешении  $\delta\theta = \lambda/D$ , где  $\lambda$ - длина волны,  $D$ - эффективный диаметр большого зеркала телескопа. При атмосферном видении в первом приближении вместо  $D$  можно подставить параметр Фрида  $r_0$ .

Практическая полезность полученного результата ограничена тем, что высокое угловое разрешение может быть достигнуто лишь на крутых участках поверхности объекта. В связи с этим информацию, получаемую на крутых участках, целесообразно использовать для измерения оптической передаточной функции атмосферы с последующим восстановлением изображения объекта известными объектами.

## АНАЛИЗ ВИДОВ ИСКАЖЕНИЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МГНОВЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

П.А. Болотских, К.Н. Свиридов

При получении информации о космических объектах лазерным локатором со сверхкоротким импульсом мы имеем дело с коротко-экспозиционными изображениями участков поверхности объекта. В связи с этим актуальным является анализ методов получения и обработки мгновенных изображений, разработанных в астрономии.

Многочисленные эксперименты, проведенные при астрономических наблюдениях, показывают, что турбулентная атмосфера не уничтожает полезную информацию о наблюдаемом объекте, а только искажает ее. Основными типами искажений коротко-экспозиционного изображения являются:

1. Общий сдвиг всего изображения как целого в любом направлении.
2. Локальные сдвиги отдельных участков изображения одновременно в различных направлениях.
3. Общее размытие всего изображения одной пространственно-инвариантной ФРТ.

4. Локальное размытие отдельных участков изображения различными пространственно-неинвариантными ФРТ. При этом можно сказать, что:

- первый тип искажений, наиболее характерный для малоразмерных объектов и малых приемных апертур  $D < r_0$ , не нарушает структуру изображения и не снижает его разрешение (здесь  $r_0$ - параметр Фрида);

- второй тип искажений, наиболее характерный для протяженных объектов и средних приемных апертур  $D \geq r_0$ , является пространственно нестационарным и приводит к перемешиванию отдельных неискаженных изображений;

- третий тип искажений, наиболее характерный для малоразмерных объектов и больших приемных апертур  $D \gg r_0$ , нарушает внутреннюю структуру изображения;

- и, наконец, четвертый тип искажений, наиболее характерный для очень протяженных объектов и больших апертур  $D \gg r_0$ , является, как и второй тип, пространственно-нестационарным, но по отношению не к участкам, а к мелким деталям изображения в различных областях изопланатичности.

В коротко-экспозиционном изображении одновременно могут присутствовать все выше перечисленные типы искажений, что затрудняет возможность его последетекторной обработки и требует как наличия соответствующих детекторов и средств цифровой обработки, так и разработки нетрадиционных методов достижения высокого углового разрешения.

Классический (вероятностный) подход к решению проблемы видения основан на пассивном ожидании моментов хорошего видения и достижения высокого углового разрешения путем регистрации серии из  $K$  коротко-экспозиционных изображений и их последующей селекции. Вероятностный метод достижения высокого углового разрешения основан на автоматической селекции моментов хорошего видения путем сравнения мгновенных коротко-экспозиционных изображений с эталонным негативом длинно-экспозиционного изображения объекта. Однако в лазерной локации контроля космического пространства в силу быстрого перемещения объекта контроля за время наблюдения из одной области изопланатичности в другую и возможного изменения ракурса объекта вследствие его дестабилизации вероятностный

метод достижения высокого углового разрешения даже для телескопов средних диаметров  $D=1-2\text{ м}$  оказывается практически не реализуемым. Это заставляет обращаться к нетрадиционным методам атмосферного видения как в астрономии, так и в лазерной локации контроля космического пространства, основанного на преддетекторной и последетекторной компенсации атмосферного искажения светового излучения в области поля, изображения и/или спектра и являющимся наиболее эффективными в достижении высокого углового разрешения.

Следует обратить внимание на то, что большинство известных методов повышения углового разрешения разработано применительно к пассивной оптической локации. В то же время в активной лазерной локации появляются более широкие информационные возможности за счет управления пространственно-временными характеристиками зондирующего сигнала. Одна из таких возможностей показана в статье, опубликованной в настоящем сборнике.