

Расчет предельной выдержки для астрофотографии с неподвижной камерой

Болтовский Лев Александрович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью данной статьи является, описание методики расчета максимально допустимой выдержки, при которой небесные тела остаются точками. В ходе данной работы использованы поисковые, аналитические и вычислительные методы исследования, позволившие рассчитать выдержку для фотоаппарата. В результате была описана методика расчётов, произведены расчёты для конкретной ситуации.

Ключевые слова: Астрофотография, выдержка, звездное небо

Calculating the shutter speed limit for still camera astrophotography

Boltovskiy Lev Alexandrovich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this paper is to describe a technique for calculating the maximum allowable shutter speed at which celestial bodies remain dots. In the course of this work search, analytical and computational methods of research were used, which allowed us to calculate the shutter speed for the camera. As a result, the calculation methodology was described, and calculations were made for a specific situation.

Keywords: Astrophotography, shutter speed, starry skies

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Тема является важной поскольку астрофотография становится всё более доступной благодаря развитию цифровых технологий и появлению высокочувствительных камер. При этом многие любители и начинающие фотографы сталкиваются с проблемой смазывания звёзд на снимках, вызванного вращением Земли. Понимание того, какая максимальная выдержка допустима при съёмке с неподвижной камерой, критически важно для получения качественных изображений звёздного неба без использования сложного оборудования, такого как экваториальные монтировки или звёздные трекары.

Расчёт предельной выдержки позволяет определить границу между точечным изображением звезды и её заметным следом на фотографии. Это знание не только упрощает процесс съёмки, но и способствует более осознанному выбору настроек камеры в зависимости от фокусного расстояния объектива, положения наблюдателя на поверхности Земли и направления съёмки. Таким образом, тема исследования имеет практическое значение как для любителей астрофотографии, так и для образовательных проектов, связанных с популяризацией астрономии.

1.2 Обзор исследований

В статье С. А. Притуляка [1] описана экспериментальная установка, реализующая эту методику, проведена оценка достоверности, получаемых на установке экспериментальных данных. Найдена корреляция между металличностью красных гигантов и разностью между линейными размерами звездных подсистем разного возраста в исследовании Н. А. Тихонова [2]. В работе А. А. Полякова [3] рассматриваются инфляционный и дефляционный подходы к построению фракталов из правильных пятиконечных звезд. Предлагаются системы трансцендентных уравнений, удовлетворяющих как эллиптическому типу движения (по траектории второго рода) наблюдаемого тела, так и всем типам (по траектории первого рода) в статье В. Б. Кузнецова [4]. Рассмотрена небесно-механическая модель вращения и перемещения планеты Земля, стянутая центром вращения в одну плоскость с проводниками (точками эклиптики) на земной поверхности в западном и восточном полушариях в исследовании А. И. Глатоленкова [5].

1.3 Цель исследования

Целью данной статьи является, описание методики расчета максимально допустимой выдержки, при которой небесные тела остаются точками.

2. Методы исследования

Смазывание звёзд (рис. 1) — это эффект удлинения или размытия изображений звёзд на фотографиях, возникающий при длительной экспозиции из-за видимого движения звёздного неба, обусловленного вращением Земли. Вместо точек звёзды отображаются в виде коротких линий или дуг, что особенно заметно при съёмке с неподвижной камерой и увеличении выдержки. Более корректным термином может быть "смещение звёздных изображений", но в контексте астрофотографии часто используется именно выражение "смазывание звёзд".



Рисунок 1 – Эффект смазывания звезд

Существуют решения, которые позволяют избежать этого эффекта, но необходимая для этого техника является дорогостоящей. Как правило для этих целей используются монтировки, например экваториальная монтировка Sky-Watcher EQ5 (рис. 2)



Рисунок 2 – Экваториальная монтировка Sky-Watcher EQ5

Перейдем к расчетам предельной выдержки.

Сначала найдём размер одного пикселя матрицы фотоаппарата. Допустим, что площадь матрицы составляет $24\text{мм} \times 36\text{мм} = 864\text{мм}^2$. Площадь матрицы можно найти в паспорте фотоаппарата.

Поскольку общее количество пикселей — 24 мегапикселя, и будем считать, что каждый пиксель имеет квадратную форму, найдём длину его стороны следующим образом:

$$a = \sqrt{\frac{864 \text{ мм}^2}{24 \cdot 10^6}} \approx 0.006 \text{ мм или } 6 \text{ мкм.}$$

Будем считать, что звезда отображается на снимке как точечный объект, если её изображение не превышает границы одного пикселя. Однако в действительности, особенно у ярких звёзд, свет может засвечивать и ближайшие пиксели.

Таким образом, звезда не будет оставлять след (трек) на фотографии, если за время экспозиции она сместится по матрице не дальше, чем на ширину одного пикселя.

Наибольшее смещение по изображению будут демонстрировать звёзды, расположенные на небесном экваторе (с нулевым склонением), поскольку они перемещаются по наибольшему кругу небесной сферы.

Остальные звёзды будут двигаться по меньшим кругам, что приводит к снижению линейной скорости их смещения на матрице. Это снижение составляет величину, обратную косинусу склонения: скорость уменьшается в $(1/\cos \delta)$ раз (рис. 3).

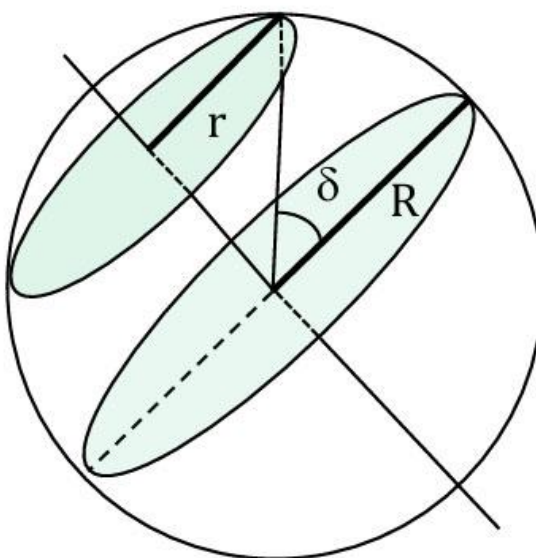


Рисунок 3 – Радиусы суточных параллелей на разных значениях склонения на глобусе небесной сферы

Смещение звезды на небесной сфере должно соответствовать такому углу β , при котором её проекция на матрицу даст перемещение, равное ширине одного пикселя a . Таким образом, определим угол β , при котором угловое смещение звезды приводит к линейному сдвигу на матрице, равному a :

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{a/2}{F},$$

F - фокусное расстояние объектива (возьмем значение равное 15мм)

Угол β является крайне малым, следовательно:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \approx \frac{\beta}{2} [\text{рад}],$$

Из этого получаем:

$$\beta = \frac{a}{F}.$$

Подставим значения:

$$\beta = \frac{0.006 \text{ мм}}{15 \text{ мм}} = 0.0004 \text{ рад} = 0.023^\circ$$

Звёзды, находящиеся на небесном экваторе, перемещаются с угловой скоростью примерно:

$$\frac{360^\circ}{23ч56\text{мин}} \approx 15^\circ/\text{час}$$

Таким образом, угол $\beta=0,023^\circ$ звёзды на небесном экваторе преодолевают примерно за 5,5 секунды — именно столько должна составлять выдержка, чтобы звёзды на фотографии оставались точечными, не образуя следов.

3. Выводы

В результате была описана методика расчётов, определена максимальная выдержка для конкретной ситуации.

Библиографический список

1. Притуляк С. А. Определение разрешающей способности цифровых фотокамер // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. 2019. №. 10–1. С. 89–93.
2. Тихонов Н. А. Размеры звездных подсистем дисковых галактик и

- металличность красных гигантов // *Астрономический журнал*. 2018. Т. 95. №. 10. С. 675–685.
3. Поляков А. А. Построение фракталов из звезд: инфляционный и дефляционный подходы // *Расплавы*. 2019. №. 1. С. 76–80.
 4. Кузнецов В. Б. Метод определения прямолинейной орбиты для тела, движущегося в плоскости эклиптики // *Труды Института прикладной астрономии РАН*. 2020. №. 54. С. 52–62.
 5. Глатоленков А. И. Динамика геометрического соответствия точек эклиптики на земной поверхности с наведенной сейсмичностью земного шара // *Инженерная физика*. 2013. №. 11. С. 60–65.