

Расчет количества воздушных масс

Как мы сказали, для каждой звезды на каждом снимке нам известны количество воздушных масс (в эквивалентном слое однородной атмосферы), а также линейная яркость звезды. Но откуда они известны?

Начнем с количества воздушных масс. Оно определяется по уже упоминавшейся формуле

$$N_{\text{air}} = (\cos Z + 0.50572 \cdot (96.07995 - Z)^{-1.6364})^{-0.678}$$

То есть, необходимо знать зенитное расстояние звезды, Z . Вообще, в этом параграфе мы обсудим не сам расчет количества воздушных масс, а всю предварительную работу для этого расчета. Зенитное расстояние определяется по формуле $Z = 90 - H$, где H - высота звезды, в градусах. Высоту звезды можно определить по формуле

$$H = \arcsin(\sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau)$$

Здесь φ - географическая широта местности, δ - склонение звезды, τ - часовой угол звезды. Часовой угол звезды равняется 0, когда звезда находится в своей верхней кульминации, или 180 градусов, когда она в своей нижней кульминации. Часовой угол рассчитывается по формуле $\tau = s - Ra$, где s - местное звёздное время, Ra - прямое восхождение звезды (то и другое – в градусах, если τ мы тоже определяем в градусах). Местное звёздное время (в градусах) определим по формуле $s = s_0 \cdot 360 + \lambda$, где λ - географическая долгота места наблюдения, в градусах, а s_0 - звездное время по Гринвичу, но на этот раз не в градусах, а в звёздных сутках (поэтому идет умножение на 360).

Звездное время можно измерять либо в градусах (тогда за звездные сутки, которые равняются 23 часам 56 минутам 4.090530833 секундам, звездное время равномерно увеличивается от 0 до 360 градусов), либо в звездных часах, звездных минутах и звездных секундах (23 часа 56 минут и 4.090530833 секунды солнечного времени – это ровно 24 часа звездного времени), либо в звездных сутках (1 звездные сутки это 24 часа звездного времени, или 360 градусов звездного времени). В звездных сутках, значение звездного времени может быть от 0 до 1. Если же мы получаем значение, скажем, больше чем 1, то необходимо взять его дробную часть.

Известно, что на момент полуночи 1 января 2000 года, гринвичское звездное время составляло 99.96424625 градусов, или 99.96424625 / 360 звездных суток, а Юлианская дата составляла 2451544.5. И звездное время, и Юлианская дата, это величины, увеличивающиеся равномерно. За 86400 секунд солнечного времени (солнечные сутки), Юлианская дата увеличивается ровно на 1, а звездное время – чуть более, чем на 1 звездные сутки (а точнее, на 86400 / 86164.090530833 звездных суток; здесь 86164.090530833 – это количество солнечных секунд в звездных сутках). Итоговая формула для s_0 :

$$s_0 = \left\{ \frac{99.96425625}{360} + (JD - 2451544.5) \frac{86400}{86164.090530833} \right\}$$

Здесь фигурные скобки означают дробную часть числа, а JD - это текущая Юлианская дата.

Юлианская дата рассчитывается, исходя из времени снимков, следующим образом. Пусть $year$, $month$ и day - соответственно, год, месяц и день снимка; $hour$, $minute$, $second$ - соответственно, час, минута и секунда снимка; а $timezone$ - часовой пояс местности, где сделан снимок (предполагается, что время снимка указано местное). Тогда введем вспомогательные переменные:

$$a = \left[\frac{14 - month}{12} \right] \quad y = year + 4800 - a \quad m = month + 12a - 3$$

Квадратные скобки означают целую часть числа. Далее, рассчитываем Юлианский день

$$JDN = day + \left[\frac{153m + 2}{5} \right] + 365y + \left[\frac{y}{4} \right] - \left[\frac{y}{100} \right] + \left[\frac{y}{400} \right] - 32045$$

Затем гринвичский час $h = hour - timezone$, и Юлианскую дату:

$$JD = JDN + \frac{h - 12}{24} + \frac{minute}{1440} + \frac{second}{86400}$$

И скажем пару слов про экваториальные координаты звезды: склонение δ и прямое восхождение Ra . Экваториальные координаты являются «табличными» данными. То есть, мы считаем (в рамках данной работы), что у каждой звезды экваториальные координаты неизменны. Они задают положения звезд на небесной сфере. Склонение может иметь значение от -90 градусов (южный полюс мира) до 90 градусов (северный полюс мира). Склонение 0 соответствует небесному экватору, отрицательные склонения – южной полусфере небесной сферы; положительные – северной.

Прямое восхождение может иметь значение от 0 часов (небесный меридиан, проходящий через точку весеннего равноденствия) до 24 часов (этот же небесный меридиан). Прямое восхождение 12 часов – небесный меридиан, проходящий через точку осеннего равноденствия; 6 часов – небесный меридиан, проходящий через точку летнего солнцестояния; 18 часов – небесный меридиан, проходящий через точку зимнего солнцестояния. Но перед тем, как использовать формулу $\tau = s - Ra$, нам необходимо перевести прямое восхождение в градусы. Один час прямого восхождения это 15 градусов, одна минута прямого восхождения – это $1 / 4$ градуса, одна секунда прямого восхождения – это $1 / 240$ градуса.

Внимание: минута прямого восхождения не является угловой минутой, а секунда прямого восхождения не является угловой секундой. Одна угловая минута – это $1 / 60$ градуса, а одна угловая секунда – это $1 / 3600$ градуса. В принципе, угловые минуты и секунды можно использовать для обозначения прямого восхождения, но обычно они используются для обозначения склонения.