

ДИСКРЕТНО-ЛИНЕЙНОЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В АТМОСФЕРНОЙ ФОТОМЕТРИИ

Х.Асадов, д.т.н., Исмаилов, к.т.н., НИИ Аэрокосмической автоматики, Баку, Азербайджан

Изучение процессов ионизации и рекомбинации в ионосфере под действием солнечного излучения невозможно без фотометрических атмосферных измерений. Предложено при обработке исходных данных вместо трансформационных преобразований использовать параметрические. Кратко изложены теоретические основы дискретно-линейного параметрического преобразования. Показано, что его использование приводит к сокращению количества измерений.

В фотометрии при обработке сигнала используют различные трансформационные преобразования: ортогональные преобразования, аффинные преобразования, Вейвлет-преобразования и некоторые другие. Их цель – улучшить яркостно-градационные и геометрические показатели фотометрических устройств. Однако, кроме них в фотометрии возможны и параметрические преобразования. Пример их реализации был недавно предложен*. В солнечных фотометрах с параметрическим преобразованием измерения организованы таким образом, что при определении одних атмосферных величин влияние других составляющих общей оптической толщины атмосферы, мешающих параметров, – нейтрализуется.

Вместе с тем, как нам представляется, коррекция в солнечных фотометрах не ограничивает возможности

параметрического преобразования, которые достаточно широки. И чтобы обосновать эту мысль, изложим прежде предлагаемый метод логарифмического дискретно-линейного преобразования исходных данных фотометрических измерений (рис.1).

Цель предлагаемого дискретного преобразования исходных данных фотометрических измерений заключается в таком преобразовании входного массива измерительных данных $\{I_i(\lambda_i)\}, i=\overline{1, n-1}$, при котором n -й член множества $\{I_i(\lambda_i)\}, i=\overline{1, n}$ может быть представлен в виде

$$I_i(\lambda_i) = e^{\sum_{j=1}^{n-1} k_j \lambda_j}, \quad (1)$$

где $k_j, j=\overline{1, n-1}$ специально вычисляемые коэффициенты.

Обоснуем математически возможности преобразования (1). Для этого рассмотрим наиболее простой случай, когда фотометрические измерения проводят на трех длинах волн λ_1, λ_2 и λ_3 . В результате чего получаем отсчеты $I_1(\lambda_1), I_2(\lambda_2)$ и $I_3(\lambda_3)$. Длины волн λ_1, λ_2 и λ_3 выбирают таким образом, чтобы они не совпадали

с линиями поглощения атмосферных газов.

Далее осуществляем следующее промежуточное преобразование:

$$z = \frac{I_1(\lambda_1) \cdot I_2(\lambda_2)}{I_3(\lambda_3)}, \quad (2)$$

где k_1 и k_2 – коэффициенты, подлежащие вычислению.

Согласно закону Бугера-Бера, имеем

$$I_3(\lambda_3) = I_{j0}(\lambda_3) e^{-k_3 \lambda_3}, \quad (3)$$

где $I_{j0}(\lambda_j)$ – величина внеатмосферной солнечной радиации на длине волны λ_j .

Коэффициенты k_1 и k_2 выберем такими, чтобы обеспечить равенство $z = 1$. В этом случае из выражений (2) и (3) получаем

$$1 = \frac{I_1(\lambda_1) \cdot I_2(\lambda_2)}{I_3(\lambda_3)} e^{-k_3 \lambda_3} = \frac{I_1(\lambda_1) \cdot I_2(\lambda_2)}{I_{j0}(\lambda_3) e^{-k_3 \lambda_3}}, \quad (4)$$

Из выражения (4) получаем два уравнения:

* Асадов Х.Г., Сулейманов Ш.Т. Синтез трехволновых скорректированных измерителей малых компонент атмосферы в ультрафиолетовом диапазоне. – Метрология, 2007, № 9, с. 3–7.

$$I_{30}(\lambda_3) = I_{20}(\lambda_2) \cdot I_{10}(\lambda_1), \quad (5)$$

$$k_1 \tau(\lambda_1) + k_2 \tau(\lambda_2) = \tau(\lambda_3). \quad (6)$$

Решение системы уравнений (5), (6) относительно коэффициентов k_1 и k_2 позволяет вычислить эти коэффициенты.

Из уравнения (6) имеем

$$k_1 = \frac{\tau(\lambda_3) - k_2 \tau(\lambda_2)}{\tau(\lambda_1)}. \quad (7)$$

С учетом выражений (5) и (7) имеем:

$$I_{30}(\lambda_3) = [I_{20}(\lambda_2)]^{\frac{\tau(\lambda_3) - k_2 \tau(\lambda_2)}{\tau(\lambda_1)}} \cdot I_{10}(\lambda_1). \quad (8)$$

Решение трансцендентного уравнения (8) относительно коэффициента k_2 позволяет вычислить его значение. При решении уравнения (8) используем известную формулу Ангрстрема, согласно которой оптическая толщина атмосферного аэрозоля вычисляется следующим образом:

$$\tau(\lambda) = \beta \cdot \lambda^{-\alpha}, \quad (9)$$

где β – аэрозольная мутность атмосферы; α – показатель Ангрстрема.

С учетом выражения (9) уравнение (8) имеет следующий вид:

$$I_{30}(\lambda_3) = [I_{20}(\lambda_2)]^{\frac{\beta \lambda_3^{-\alpha} - k_2 \beta \lambda_2^{-\alpha}}{\beta \lambda_1^{-\alpha}}} \cdot I_{10}(\lambda_1). \quad (10)$$

Формула (7) приобретает следующий вид:

$$k_1 = \frac{\lambda_3^{-\alpha} - k_2 \lambda_2^{-\alpha}}{\lambda_1^{-\alpha}}. \quad (11)$$

Таким образом, выражения (10) и (11) представляют собой суть предлагаемого преобразования, когда при известных величинах: λ_1, λ_2 и λ_3 ; $I_{30}(\lambda_3), I_{20}(\lambda_2)$ и $I_{10}(\lambda_1)$; α – вычисляются значения k_1 и k_2 .

Как результат, с учетом $z = 1$ из выражения (2) имеем

$$I_3(\lambda_3) = I_2(\lambda_2) \cdot I_1(\lambda_1). \quad (12)$$

Физический смысл выражения (12) заключается в том, что проведя измерения на длинах

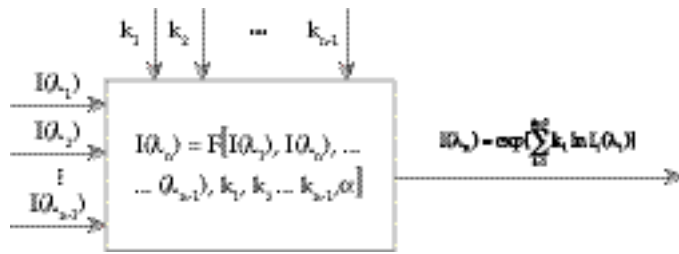


Рис.1. Условное обозначение дискретно-линейного параметрического преобразования

волн λ_1 и λ_2 , зная значения α и λ_3 , можно заранее вычислить величину $I_3(\lambda_3)$, при которой будем иметь $z = 1$. То есть нет необходимости проводить измерения на длине волны λ_3 .

Логарифмируя выражение (12), получаем

$$\ln I_3(\lambda_3) = k_1 \ln I_1(\lambda_1) + k_2 \ln I_2(\lambda_2). \quad (13)$$

Из выражения (13) имеем

$$I_3(\lambda_3) = \exp \left[\sum_{i=1}^2 k_i \ln I_i(\lambda_i) \right]. \quad (14)$$

Таким образом, возможность осуществления преобразования (1) можно считать доказанной.

Геометрическая интерпретация предложенного преобразования показана на рис.2. На рисунке приняты

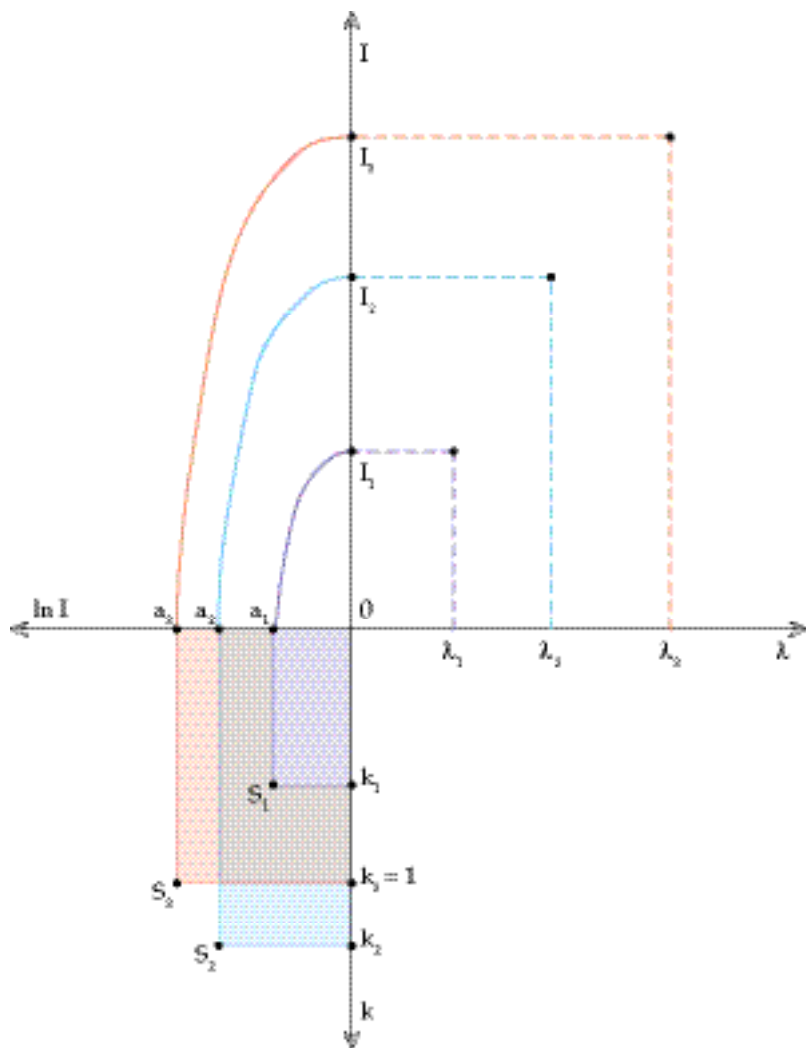


Рис.2. Геометрическая интерпретация предложенного преобразования. Принятые обозначения: $a_3 = \ln I_3(\lambda_3)$, $a_2 = \ln I_2(\lambda_2)$, $a_1 = \ln I_1(\lambda_1)$



обозначения: $a_3 = \ln I_3(\lambda_3)$; $a_2 = \ln I_2(\lambda_2)$; $a_1 = \ln I_1(\lambda_1)$.

Смысл выражения (13) заключается в том, что площадь прямоугольника ($a_3 - S_3 - k_3 - 0$) равна сумме площадей двух прямоугольников – ($a_2 - S_2 - k_2 - 0$) и ($a_1 - S_1 - k_1 - 0$).

Покажем одно из возможных применений предложенного преобразования. Допустим, что после повторной калибровки солнечного фотометра необходимо проверить правильность

проведенной калибровки. Для решения указанной задачи в данном случае достаточно провести измерения на длинах волн λ_1 и λ_2 , далее, при заданных α и λ_3 вычислить величину $I_3(\lambda_3)$ по формуле (14). При правильной калибровке солнечного фотометра измеренная величина $I_3(\lambda_3)$ должна совпадать с вычисленной величиной этого параметра.

В заключение сформулируем основные выводы и положения проведенного исследования:

1. Разработаны теоретические основы предложенного дискретно-линейного параметрического преобразования исходных данных фотометрических атмосферных измерений.

2. Показано, что, проведя измерения на длинах волн λ_1 и λ_2 , зная значения α и λ_3 , можно заранее вычислить величину $I_3(\lambda_3)$, удовлетворяющую некоторым заранее заданным условиям, т.е. нет необходимости проводить измерения на длине волны λ_3 .



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ, ЧТО...?

– Усовершенствованием лампы накаливания занялся американский изобретатель Томас Эдисон. В 1879 году он создал удобную для промышленного изготовления лампу, которая могла гореть целых двести часов.

– Хотя электричество использовалось уже с 1880-х годов, но свет, получаемый от ламп накаливания, в офисных помещениях был слабый и недостаточный. Настольные лампы обеспечивали 3 или 4 фут-кандела (единица силы света), а комнаты с дневным освещением 10 фут-кандел, и это были нормы, при которых можно было работать. Недостаток использования

электрических ламп состоял в том, что они поднимали температуру в комнате и усиливали духоту. Флуоресцентное освещение появилось только в 1939 году, а устранили проблемы нагревания помещения уже в модернистских зданиях, в которых потолок часто становился световой плоскостью. Но до развития этих новых технологий XX века солнечный свет должен был проникать как можно глубже в рабочее помещение, высота потолков должна была быть не менее 3–3,6 м и проемы окон достаточно большими, а рамы не слишком тяжелыми и удобными в использовании.

– Массовый выпуск ламп накаливания был налажен в России в 1881 году.

– Современные энергосберегающие компактные лампы потребляют энергии в пять раз меньше, а служат в восемь раз дольше, чем обычные лампы накаливания, – около десяти тысяч часов.

– Самыми сверхсильными лампами сегодня являются индукционные лампы типа QL. Принцип их действия основан на свечении газа под действием электромагнитной индукции. У таких ламп нет ни нити накаливания, ни электродов, которые стареют в процессе эксплуатации. Срок службы ламп QL – до шестидесяти тысяч часов.