

УДК 528.88;528.94

О ВЗАИМОСВЯЗИ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ С НОРМАЛИЗОВАННЫМИ ВЕГЕТАЦИОННЫМИ РАЗНОСТНЫМИ ИНДЕКСАМИ

Асадов Х. Г. (НАКА Азербайджана, Баку)

В 1977 г. окончил Азербайджанский институт нефти химии, по специальности «инженер – электрик». С 1977 г. работает в Национальном аэрокосмическом агентстве (НАКА) Азербайджана, (Баку), в настоящее время начальник отдела. Доктор технических наук, профессор.

Сулейманова Е. Дж. (НАКА Азербайджана, Баку)

В 1987 г. окончила Азербайджанский технический университет по специальности «инженер-системотехник». После окончания университета работала в СКТБ «Кристалл» Института физики Академии наук Азербайджана, Фирме «Концеп» и «Азерсвяззь». С 2001 г. работает в ОКБ Космического приборостроения Национального аэрокосмического агентства (НАКА) Азербайджана, в настоящее время заместитель директора. Доктор философии по технике.

Аннотация

Исследована связь между нормализованными разностными вегетационными индексами и относительными вегетационными индексами.

Предложена модель указанной взаимосвязи, согласно которой если известны значения двух нормализованных разностных индексов и первые члены этих индексов идентичны, то отношение вторых членов этих нормализованных индексов может быть определено по предлагаемой формуле, используя для этого значения указанных нормализованных индексов.

Ключевые слова: нормализованный разностный вегетационный индекс, относительный индекс, стресс растительности, атмосфера, почва

1. Введение

Информация получаемая методами дистанционного зондирования играет важную роль в познании состояния различных объектов окружающей среды. В этом плане состояние растительного мира может быть определено путем дистанционного определения спектральных характеристик растений. Такие спектральные характеристики, или индексы, определяют либо

стрессовое состояние растений, возникшее по тем или иным причинам, либо дополнительно к этой функции также обеспечивают некоторую нейтрализацию влияния атмосферных факторов, обычно негативно влияющих на достоверность дистанционно получаемой информации, либо влияние почвы, непокрытой растительностью.

В настоящее время существует большое количество спектральных вегетационных индексов, разработка которых строго базируется на физиологии растений. Узкоспектральные вегетационные индексы, или гиперспектральные индексы разделяются на (а) структурные; (b) биохимические; (с) физиологические индексы. Типичным представителем структурных индексов является LAI. Структурные индексы могут иметь как широкополосные, так и узкополосные варианты. Биохимические свойства определяются наличием в растительности воды, пигментов (хлорофилл, каротеноиды, антоционины), других азотистых соединений, лигнина и целлюлозы. Физиологические и стрессовые индексы определяют тонкие изменения, возникающие из – за изменений в состоянии ксантофиллов, в содержании хлорофилла, влаги в листьях.

По математической форме вычисления вегетационных индексов широкий подкласс образуют нормализованные разностные индексы. В таблице (1) приведены некоторые широко употребляемые нормализованные разностные индексы.

Назначение указанных в табл. 1 индексов можно найти в соответствующей литературе [1-17].

Как видно из данных, приведенных в табл. 1 круг нормализованных разностных вегетационных индексов достаточно широк и постоянно расширяется.

Таблица 1

**Наиболее употребляемые нормализованные разностные
вегетационные индексы**

| № | Индекс | Формула определения | Ссылка |
|---|--------|---|--------|
| 1 | ARVI | $\frac{NIR - RB}{NIR + RB}$ | [1] |
| 2 | NDGI | $\frac{G - R}{G + R}$ | [2] |
| 3 | NDGI | $\frac{NIR - MIR}{NIR + MIR}$ | [3] |
| 4 | NDI | $\frac{R_{800} - R_{680}}{R_{800} + R_{680}}$ | [4] |
| 5 | NDWI | $\frac{Green - NIR}{Green + NIR}$ | [5] |
| 6 | PSNDC | $\frac{R_{800} - R_{470}}{R_{800} + R_{470}}$ | [6] |

Следует отметить существование также большого подкласса относительных вегетационных индексов, некоторые из которых приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наиболее употребляемые относительные вегетационные индексы

| № | Индекс | Формула определения | Ссылка |
|---|--------|--------------------------|--------|
| 1 | GM 1 | R_{750}/R_{550} | [7] |
| 2 | GRVI | $NIR/Green$ | [8] |
| 3 | MSI | ρ_{1599}/ρ_{819} | [9] |
| 4 | RVI | R/NIR | [10] |
| 5 | SGI | NIR/Red | [11] |
| 6 | SR | R_{800}/R_{670} | [12] |
| 7 | RGRI | R_{red}/R_{green} | [13] |
| 8 | ACI | R_{green}/R_{NIR} | [14] |

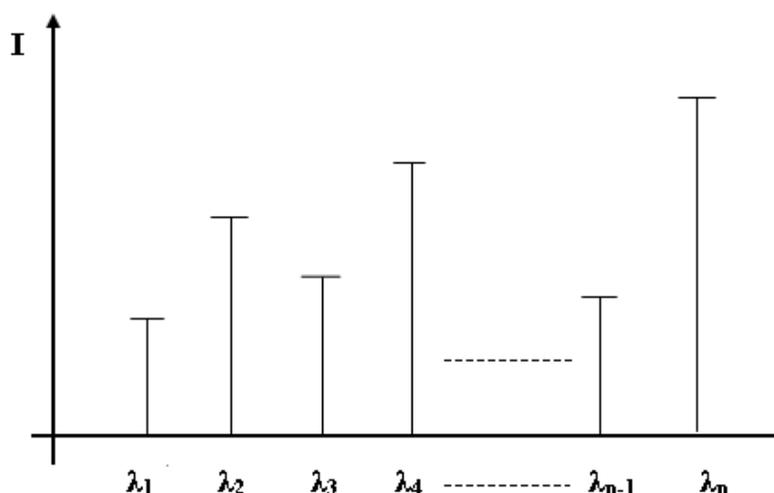
Назначение показанных в табл. 2 относительных вегетационных индексов можно найти в соответствующих цитируемых источниках.

2. Модельные исследование взаимосвязи между относительными и нормализованными разностными вегетационными индексами

Рассмотрим задачу аналитического определение связи между гиперспектральными нормализованными разностными индексами и относительными вегетационными индексами.

Рассмотрим модельную задачу формирования нормализованных разностных вегетационных индексов и на основе этой модели проанализируем связь между относительными и нормализованными индексами.

Допустим, что на оси длины волны (λ) имеются равностоящие точки с координатами λ_i ; $i = \overline{1, n}$ (рис. 1).



На каждой точке λ_i получен отчет при измерении мгновенного значения отражательного спектра I_i , т.е. существует функция

$$I_i = I(\lambda_i)$$

Нормализованным разностным индексом будем называть величину α , определяемую как

$$\alpha_{i,j} = \frac{I(\lambda_i) - I(\lambda_j)}{I(\lambda_i) + I(\lambda_j)}; \quad i \neq j$$

где далее $I(\lambda_i)$ будем называть первым членом; $I(\lambda_j)$ – вторым членом.

Рассмотрим множество индексов

$$A = \{\alpha_{i,j}\}$$

где

$$\alpha_{i,j} = \frac{I(\lambda_1) - I(\lambda_j)}{I(\lambda_1) + I(\lambda_j)} \quad (1)$$

Из (1) получаем

$$\alpha_{1,j} \cdot I(\lambda_1) + \alpha_{1,j} \cdot I(\lambda_j) = I(\lambda_1) - I(\lambda_j) \quad (2)$$

Из (2) находим

$$I(\lambda_1)(\alpha_{1,j} - 1) = -I(\lambda_j)(1 + \alpha_{1,j}) \quad (3)$$

или

$$\frac{I(\lambda_1)}{I(\lambda_j)} = \frac{(1 + \alpha_{1,j})}{(1 - \alpha_{1,j})}$$

Выражение (3) представим как

$$I(\lambda_1) = \frac{I(\lambda_j)(1 + \alpha_{1,j})}{(1 - \alpha_{1,j})} \quad (4)$$

По аналогии с (4) для любого λ_k ; $k \neq j$; $k \neq i$; $k = \overline{1, n}$ получим

$$I(\lambda_1) = \frac{I(\lambda_k)(1 + \alpha_{1,k})}{(1 - \alpha_{1,k})} \quad (5)$$

Приравнивая выражения (4) и (5) друг другу, получим

$$\frac{I(\lambda_j)(1 + \alpha_{1,j})}{(1 - \alpha_{1,j})} = \frac{I(\lambda_k)(1 + \alpha_{1,k})}{(1 - \alpha_{1,k})} \quad (6)$$

Из (6) находим

$$\gamma(\lambda_j, \lambda_k) = \frac{I(\lambda_j)}{I(\lambda_k)} = \frac{(1 + \alpha_{1,k})(1 - \alpha_{1,j})}{(1 - \alpha_{1,k})(1 + \alpha_{1,j})} \quad (7)$$

где $\gamma(\lambda_j, \lambda_k)$ – обозначение относительного индекса.

Допустим, что $k = j + 1$. В этом случае из (7) имеем

$$\frac{I(\lambda_j)}{I(\lambda_{j+1})} = \frac{(1 + \alpha_{1,j+1})(1 - \alpha_{1,j})}{(1 - \alpha_{1,j+1})(1 + \alpha_{1,j})} \quad (8)$$

Суммируя (8) по всем $j = \overline{1, n}$ получаем

$$\sum_{j=1}^n \frac{I(\lambda_j)}{I(\lambda_{j+1})} = \sum_{j=1}^n \frac{(1 + \alpha_{1,j+1})(1 - \alpha_{1,j})}{(1 - \alpha_{1,j+1})(1 + \alpha_{1,j})} \quad (9)$$

Таким образом, выражения (8),(9) определяют взаимосвязь между относительными вегетационными индексами и нормализованными вегетационными индексами.

При этом, как видно из выражений (8) и (9) многочлен составленный из нормализованных индексов $\alpha_{1,j}$ и $\alpha_{1,j+1}$, стоящий справа в (8) не зависит от величины отсчета в точке λ_1 .

Рассмотрим какая практическая польза может быть получена из выражения (8).

Примем:

$$\alpha_{1,j} = NDWI; \quad NDWI = \frac{G-NIR}{G+NIR}$$
$$\alpha_{1,k} = NDCI; \quad NDCI = \frac{G-R}{G+R}$$

В этом случае

$$\gamma(\lambda_j, \lambda_k) = F(\alpha_{1,j}; \alpha_{1,k}) = \frac{I(NIR)}{I(R)}$$

Таким образом, зная величины NDWI и NDCI сразу можно вычислить величину относительного индекса $\gamma(NIR, R)$.

Приведем другой пример:

Примем:

$$\alpha_{1,j} = ARVI; \quad ARVI = \frac{NIR-RB}{NIR+RB}$$
$$\alpha_{1,k} = NDI; \quad NDI = \frac{NIR-MIR}{NIR+MIR}$$

В этом случае

$$\gamma(\lambda_j, \lambda_k) = \frac{I(RB)}{I(MIR)}$$

Таким образом, зная величины ARVI и NDI можно вычислить относительный индекс $\gamma_2(RB, MIR)$.

В табл. 3 приведены некоторые пары нормализованных вегетационных индексов, зная значения которых можно вычислить соответствующей относительный индекс используя формулу (8).

Таблице 3

Пары нормализованных вегетационных индексов

| α_1 | α_2 | γ |
|------------|------------|-------------------|
| NDWI | NDCI | $I(NIR)/I(R)$ |
| ARVI | NDI | $I(RB)/I(MIR)$ |
| NDVI | PSNDc | R_{680}/R_{470} |
| NDII | NDI | SWIR/MIR |

3. Заключение

Проанализирован вопрос о взаимосвязи нормализованных разностных вегетационных индексов с относительными вегетационными индексами.

Составлена модель указанной взаимосвязи, согласно которой если известны два нормализованного разностного индекса и первые члены этих индексов совпадают, то отношение вторых членов этих нормализованных индексов может быть вычислено по предлагаемой формуле, используя для этого значения рассматриваемых нормализованных индексов.

Литература

1. Kaufman Y. J., Tanre D. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS// IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 1992. Vol. 30. No. 2. Pp. 261-270.
2. Baret F., Guyot G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment// Remote Sensing of Environment. 1991. Vol. 35. No 2-3-. Pp. 161-173.
3. McNairn H., Protz R. mapping corn residue cover on agricultural fields in oxford country, Ontario, using thematic mapper// Canadian Journal of Remote Sensing. 1993. Vol. 19. No. 2. Pp. 152-159.

4. Lichtenthaler H. K., Lang M., Sowinska M., Heisel F., Miede J. A. Detection of vegetation stress via a new high resolution fluorescence imaging system// Journal of Plant Physiology. 1996. Vol. 148. No. 5. Pp. 599-612.
5. McFeeters S. K. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features// International Journal of Remote Sensing. 1996. Vol. 17. No. 7. Pp. 1425-1432.
6. Blackburn G. A. Quantifying chlorophylls and carotenoids at leaf and canopy scales: An evaluation of some hyperspectral approaches// Remote Sensing of Environment. 1995. Vol. 66. No. 3. Pp. 273-285.
7. Gitelson A. A., Merzlyak M. N. Signature analysis of leaf reflectance spectra: algorithm development for remote sensing of chlorophyll// Journal of Plant Physiology. 1996. Vol. 148. No. 3-4. Pp. 494-500.
8. Sripada R. P., Heiniger R. W., White J. G., Weisz R. Aerial color infrared photography for determining late – season nitrogen requirements in corn// Agronomy Journal. 2005. Vol. 97. No. 5. Pp. 1443-1451.
9. Hunt E. R., Rock B. N. Detection of changes in leaf water content using Near and Middle-Infrared reflectance// Remote Sensing of Environment. 1989. Vol. 30. No. 3. Pp. 229-1996.
10. Pearson R. L., Miller L. D. Remote mapping of standing crop biomass for estimation of the productivity of the shortgrass prairie// Remote Sensing of Environment. 1972. Vol. 8. Pp. 1355.
11. Birth G. S., McVey G. R. measuring the color of growing turf with a reflectance spectrophotometer// Agronomy Journal. 1968. Vol. 60. No. 6. Pp. 640.
12. Jordan C. F. Derivation of leaf – area index from quality of light on the forest floor// Ecology. 1969. Vol. 50. No. 4. Pp. 663-666.
13. Gamon J. A., Surfus J. S. Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer// New Phytologist. 1999. Vol. 143. Pp. 105-117.

14. Van den Berg A. K., Perkins T. D. Non-destructive estimation of anthocyanin content in autumn sugar maple leaves// Horticultural Science. 2005. Vol. 40(3). Pp. 685.