



УДК 528.8; 57.02; 573

МЕТОД КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ВЗАИМОСВЯЗИ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РОСТА РАСТЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ САМОЛЕТНОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

© 2012 *Мустафабейли Х. Ш.*

Национальное Аэрокосмическое Агентство,

Показано, что известный вегетационный индекс края красной зоны (REP) может быть представлен в виде суммы двух составляющих обусловленных ростом содержания азота в воздухе и в растительности при нормальных условиях загрязненности воздуха.

Предложен метод исследования корреляционной связи индекса REP и содержания протеина в растениях, где влияние загрязнения воздуха азотистыми газами исключается.

It is shown that the known vegetation index edge of the red zone (REP) can be presented in the form of the sum of two components from increased content of nitrogen in the air and the vegetation under normal conditions of air pollution.

The method of study of correlation of the index REP and protein content in plants, where the impact of air pollution with nitrogen gas is excluded.

Ключевые слова: дистанционное зондирование; загрязнение воздуха; вегетационные индексы; растительность; корреляционная оценка

Key words: remote sensing; air pollution; vegetation indices; vegetation; correlation estimate.

Как отмечено в работе [1], самолетное дистанционное зондирование является важным средством для осуществления мониторинга окружающей среды особенно в тех случаях, когда требуется обеспечить необходимые требования по временному, спектральному или геометрическому разрешению. Хорошо известно, что, несмотря на относительно высокие характеристики новых спутниковых измерителей (например, Quick Bird, CHRIS, Hyperion, Formsat-2) средства самолетного дистанционного зондирования способны обеспечить такое геометрическое разрешение, которое не может быть получено спутниковыми средствами.

Например, в работе [1], излагаются результаты самолетного дистанционного зондирования качества твердой пшеницы, в смысле исследования содержания в ней азота, а также протеина, являющийся важным фактором питательности пшеницы. При этом, имелось в виду, что генетическая разница в разных сортах пшеницы воздействуют как на содержание протеина, так и на эффективность перехода азота в растение. Для оценки указанных двух факторов (содержание протеина и азота в растении) в Университете Таския (Италия) была разработана система ASPIS, содержащая необходимые основные и вспомогательные средства самолетного дистанционного зондирования. Условное изображение системы ASPIS показано на рис. 1, где приняты следующие обозначения: А- мультиспектральный измеритель; В- лазерный альтиметр; С- терминальная ИК камера; D-GPS; F- компьютер; G- оператор; 1- ячейка Пелтье; 2- прибор для с зарядовой связью; 3- затвор; 4- револьверный механизм с фильтрами; 5- линза.

Система ASPIS была установлена на одномоторном самолете типа SKY ARROW 650 TC.

Используя вышеуказанную комплексную аппаратуру, авторы [1] исследовав 4 участка растений с разным содержанием N получили подтверждение хорошо известных фактов:

1. Широко известный индекс NDVI при больших значениях склонен к насыщению и в этом случае оказывается неинформативным;

2. Процентное содержание протеина в растениях имеет линейную регрессию по усредненной по четырем площадям индекса «Края красной зоны» (REP)

Кроме этого, авторы [1] вычислили коэффициент REP для 4-х тестовых площадок с разными сортами растительности, далее ввели понятие арифметически средней величины RE (REMS) по этим участкам. Двухмерная диаграмма распределения содержания протеина и REMS показана на рис. 2. Как видно из этого рисунка, статистически значимая корреляция между параметрами REMS и содержание протеина была вычислена в условиях большого разброса значений REMS при заданных величин содержания протеина. Такой большой разброс значений REMS авторы [1] объясняют влиянием таких факторов как разные уровни N в тестовых участках, разные характеристики почв, разность сортов растения и т.д.

Таким образом, можно заключить, что вновь построенная система самолетного дистанционного зондирования была использована в эксперименте, методическая база которого была подготовлена очень слабо. Такое заключение можно обосновать тем, что поставленная цель исследования корреляционной зависимости



между такими параметрами как содержание протеина и индексом края красной зоны в работе [1] достигается в условиях неучета мешающих факторов, что приводит к чрезмерной дисперсии REMS. В частности:

- Не учитывается влияние дневного изменения N растениях;
- Не учитывается влияние N содержащего в воздухе в виде различных загрязнений и его суточное изменение и другие факторы.

Между тем, хорошо известно [2], что даже норма содержания NO_2 в воздухе, установленная Всемирной Организацией Здравоохранения (WHO), равная 100 мкг/м^3 , уже при времени экспозиции 4-5 часов начинает влиять на биохимические процессы, протекающие в растениях. При этом следует учесть, что в современных городах и пригородных зонах указанная концентрации нередко превышает величину $300\text{-}400 \text{ мкг/м}^3$, что подчеркивает актуальность особого учета фактора загрязненности атмосферы [3].

Таким образом, с учетом вышесказанного, актуальным являются разработка такой методики измерений и исследования корреляционной связи вышеуказанных параметров, в которой фактор загрязненности воздуха диоксидом азота NO_2 мог бы быть исключен.

Изложим математическое обоснование предлагаемой методики. Если обозначить спектр отражения растительности как $S(\lambda)$, то в общем случае имеет место следующая функциональная зависимость

$$S = f(N_{air}, N_v, \lambda) \quad (1)$$

где N_{air} - концентрация NO_2 в воздухе; N_v - концентрация азота в растительности при нормальном уровне атмосферного загрязнения и при нормальном освещении.

Так как аргументы N_{air} и N_v в общем случае не зависят от λ , то функцию (1) можно представить в сепарабельном виде

$$S = f_1(N_{air}, N_v) \cdot f_2(\lambda) \quad (2) \quad \text{Со-}$$

гласно (2) полное приращение S при фиксированном λ_x может быть выражено как

$$\Delta S = \left[\frac{\partial f_1}{\partial N_{air}} \cdot \Delta N_{air} + \frac{\partial f_1}{\partial N_v} \cdot \Delta N_v \right] \cdot f_2(\lambda_x) \quad (3)$$

Хорошо известно, что приращение N_{air} и N_v приводит к увеличению значения индекса края красной зоны [4]. Следовательно, в первом приближении можно считать, что величина $\frac{\Delta S}{f_2(\lambda_x)}$ на участке края красной зоны λ_x пропорционально значению индекса края красной зоны REP, т.е.

$$REP = k \cdot \frac{\Delta S}{f_2(\lambda_x)},$$

где $k = const$.

Предлагаемый метод исключения влияния ΔN_{air} заключается в выборе такого дневного времени проведения измерительного эксперимента, при котором приращения ΔN_{air} и ΔN_v противофазны, т.е. ΔN_v частично компенсирует приращение ΔN_{air} . Для обоснования указанной возможности компенсации влияния ΔN_{air} рассмотрим дневные изменения N_{air} и N_v . Так, согласно [5], типичный дневной цикл изменения N_x в растениях имеет вид, указанной на рис. 3 [5].

Дневное изменение N_{air} показано на рис. 4 [3]. Если сравнить графики показанные на рис. 3 и рис. 4, то можно увидеть, что в промежутке времени 12:00 – 18:00 рост N_x и N_{air} имеет противофазный характер, т.е. в указанный период времени N_{air} растет, а N_x уменьшается. Следовательно, в указанный период времени влияние ΔN_{air} будет компенсировано отрицательным ростом N_x .



Преимущество данного метода заключается в том, что уменьшению дисперсии исследуемых параметров позволяет установить более высокую степень корреляции между ними, что в свою очередь приведет к уменьшению требуемого количества измерений для получения статистически значимого результата. С другой стороны, более точное исследование корреляционной взаимосвязи между важнейшими параметрами позволит более глубоко изучить процессы роста растений методами спектрального дистанционного зондирования с применением наиболее информативного индекса, каковым является индекс REP.

В заключении сформулируем основные выводы и положения проведенного исследования:

1. Показано, что известный вегетационный индекс края красной зоны (REP) может быть представлен в виде суммы двух составляющих обусловленных ростом содержания азота в воздухе и в растительности при нормальных условиях загрязненности воздуха.

2. Предложен метод исследования корреляционной связи индекса REP и содержания протеина в растениях, где влияние загрязнения воздуха азотистыми газами исключается.

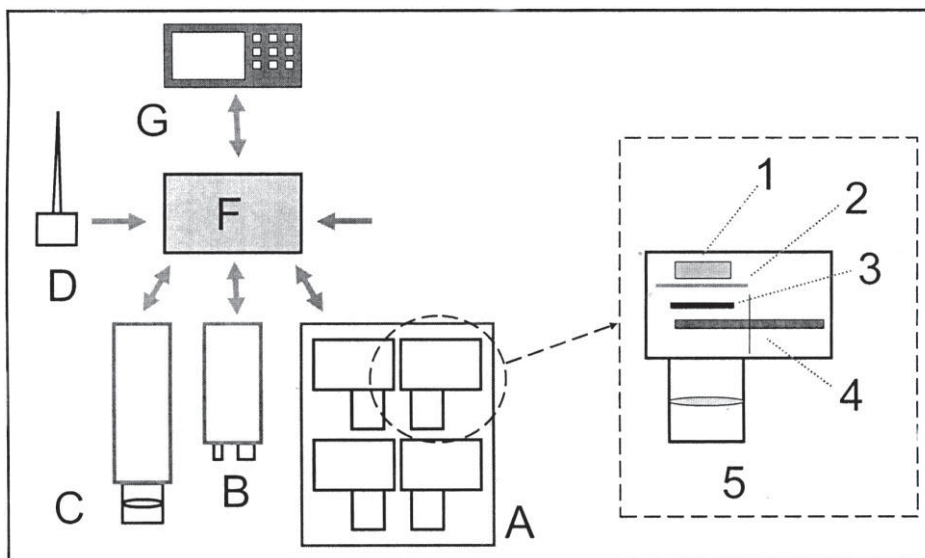


Рис. 1. Условно графическое отображение системы ASPIS предназначенной для исследования корреляционной связи между содержанием протеина в растениях и индексом края красной зоны [1].

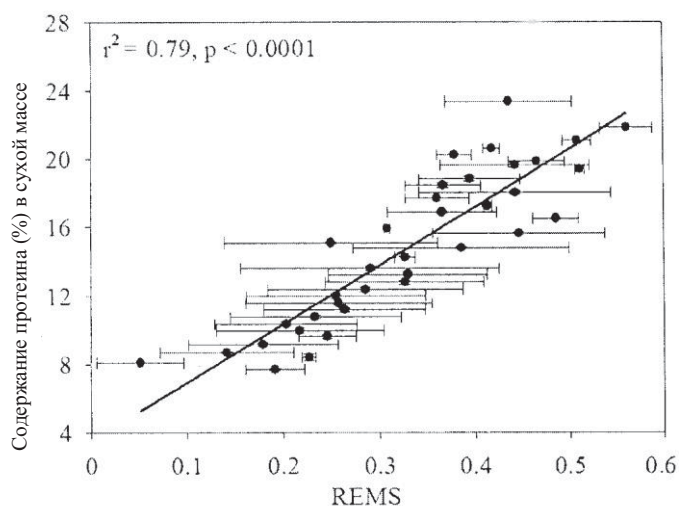


Рис. 2. Диаграмма распределения значений индекса REMZ и содержания протеина [1].

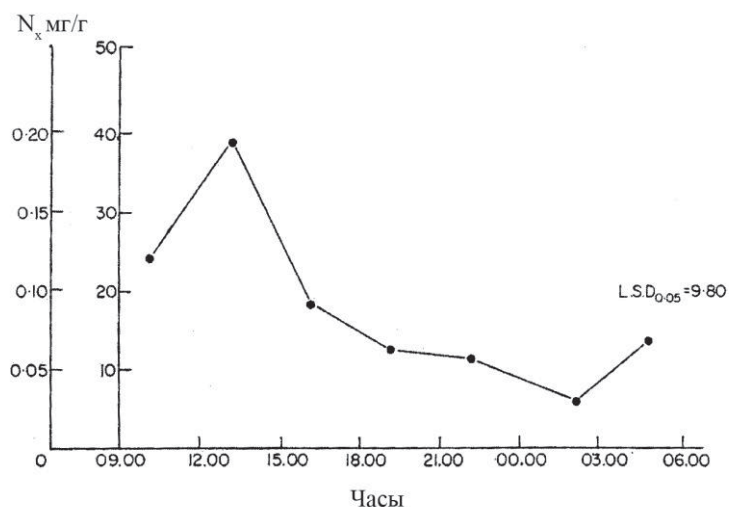


Рис. 3. Дневное изменение содержания N в свежем растении в мг/г [5].

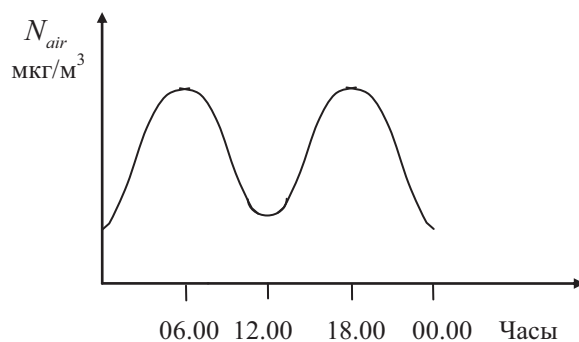


Рис. 4. Дневное изменение содержания N в воздухе, мг/м³.

Библиографический список

1. Papale D., Belli C., Gioli B., Miglieta F., Ronchi C., Vaccari F.P., Valentini R. ASPIS, a flexible multispectral system for airborne remote sensing environmental applications // Open access. Sensors 2008, No. 8, pp. 3240-3256; DOI: 10.3390/s8053240 www.mdpi.org/sensors
2. Effects of nitrogen containing air pollutants: critical levels. WHO Regional office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000 http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/123098/AQG2ndEd_11no2level.pdf
3. Makra L., Horvath S., Zemplent A., Csizsar V., Rozsa K., Motika G. Some characteristics of air quality parameters on Southern Hungary <http://eurasap.gfz.hr/paper1.html>
4. Stroppiana D., Boschetti M., Brivo P.A., Bocchi S. Remotely sensed estimation of rice nitrogen concentration for forcing crop growth models // Italian Journal of Agrometeorology, 2006, No. 3, pp. 50-57.
5. Wheeler C.T. The diurnal fluctuation in nitrogen fixation in the nodules of alnus glutinosa and myrica gale // New Phytol, 1969, No. 68, pp. 675-682 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.1969.tb06471.x/pdf>.