

УДК 681.3.01

Жумалиев Кубанычбек Мырзабекович,
академик НАН КР ПКР, доктор технических наук, профессор

Аккозов Абдылдабек Джадыраевич,
кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

Аманова Назира Турдубековна,
старший научный сотрудник

ИНДЕКСЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КАК ИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Жумалиев Кубанычбек Мырзабекович,
КРП КР УИАнын академиги, техника илимдеринин доктору, профессор

Аккозов Абдылдабек Джадыраевич,
физико-математика илимдеринин кандидаты, улук илимий кызматкер

Аманова Назира Турдубековна,
улук илимий кызматкер

ӨСҮМДҮКТӨРДҮН ИНДЕКСТЕРИ АЙЫЛ-ЧАРБА ӨСҮМДҮКТӨРҮНҮН ӨСҮШ АБАЛЫНЫН ИНДИКАТОРЛОРУ

Zhumaliev Kubanychbek Myrzabekovich,
Academician of the NAS KR PKR, Professor, Doctor of Technical Sciences

Akkozov Abdyldebek Jadyrayevich,
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Research Scientist

Amanova Nazira Turdubekovna
Senior Research Scientist

VEGETATION INDICES AS INDICATORS OF THE STATE OF AGRICULTURAL CROPS

Институт Сейсмология НАН КР ПКР, Бишкек, Кыргызстан
КРП КР УИА Сейсмология Институту, Бишкек, Кыргызстан
Institute of Seismology NAS KR PKR, Bishkek, Kyrgyzstan

Аннотация. В данной работе рассматриваются анализ математических формул индексов растительности сельскохозяйственных культур. Индексы растительности служат мощными инструментами для оценки здоровья и обилия растительности в определенной области. Используя сложные математические формулы, эти индексы используют богатство данных дистанционного зондирования, в частности спутниковых снимков, чтобы предоставить бесценную информацию об общем состоянии и продуктивности растительности.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, вегетационный индекс, БПЛА, хлорофилл, спектральные каналы.

Аннотация. Бул иште айыл-чарба өсүмдүктөрүнүн вегетациялык индекстеринин математикалык формулаларын анализдөө каралат. Вегетациялык индекстер белгилүү бир аймактагы өсүмдүктөрдүн абалын жана өсүшүн баалоодо күчтүү курал болуп эсептелет. Татаал математикалык формулаларды колдонуу менен бул индекстер, Жерди аралыктан зонддоонун

мүмкүнчүлүктөрүн, спутниктин сүрөттөлүштөрүн пайдаланып, өсүмдүктөрдүн жалпы абалы жана өндүрүмдүүлүгү жөнүндө баалуу маалыматтарды бере алышат.

Негизги сөздөр: аралыктан зонддоо, вегетациялык индекстер, УАУ, хлорофилл, каналдардын спектрлери.

Annotation. This paper addresses the problem of calculating vegetation indices for agricultural crops. Vegetation indices serve as powerful tools for assessing the health and abundance of vegetation in a given area. Using complex mathematical formulas, these indices leverage a wealth of remote sensing data, particularly satellite imagery, to provide invaluable information on the overall health and productivity of vegetation.

Keywords: remote sensing, vegetation index, UAV, chlorophyll, spectral channels.

Введение

Сельскохозяйственный мониторинг с использованием дистанционного зондирования Земли базируется на анализе спектральной отражательной способности растений. Измеряя интенсивность отражения света, можно определить состояние посевов с помощью вегетационных индексов. Вегетационные индексы играют ключевую роль в оценке развития сельхозкультур. Среди их главных преимуществ — высокая точность измерений и возможность дистанционного наблюдения, что делает эту технологию востребованной в современном агропромышленном секторе.

Наиболее распространенным показателем является NDVI (нормализованный разностный вегетационный индекс), который рассчитывается на основе спутниковых данных и отражает уровень активной биомассы, а также фитосанитарное состояние растений. Помимо NDVI, в сельском хозяйстве применяются и другие индексы, включая ReCI, GNDVI, SIPI и NDRE, позволяющие оценивать состояние посевов и прогнозировать урожайность. Современное сельское хозяйство активно использует такие технологии как спутниковый мониторинг и аэрофотосъемка с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)[1].

Для съемки Земли из космоса применяются мультиспектральные сканеры, которые, в отличие от обычных фотокамер, фиксируют данные в различных диапазонах электромагнитного спектра. Датчики этих устройств улавливают интенсивность отраженного излучения и преобразуют его в цифровые сигналы, оперативно передаваемые на наземные станции. Беспилотные технологии также находят широкое применение в агропромышленном комплексе. С их

помощью можно оперативно получать данные о площади полей, рельефе местности, свойствах почвы и ходе сельскохозяйственных работ. Обработка снимков с использованием специализированных алгоритмов и спектрального анализа позволяет оценивать продуктивность растений, объем биомассы и активность фотосинтеза.

Вегетационные индексы функционируют как индикаторы:

Принцип основы: Здоровая зеленая растительность имеет характерный спектральный профиль:

- Сильное поглощение в красной области спектра (Red, 600-700нм) хлорофиллом для фотосинтеза.

- Сильное отражение в ближней инфракрасной области (NIR, 700-1300нм) из-за внутренней структуры листа (мезофилла).

- Стресс (недостаток воды, питательных веществ, болезни, повреждения) изменяет этот профиль: поглощение в красном снижается (лист желтеет или сохнет), отражение в БИК снижается (нарушение структуры листа) [2].

Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI)

Из всех распространенных индексов растительности NDVI оптимально подходит для отслеживания динамики развития сельскохозяйственных культур, измеряет фотосинтетическую активную биомассу растений.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

NDVI дает самые точные результаты в середине сезона, в период наиболее активного развития вегетации.

Хлорофилльный Red Edge индекс (ReCI)

Вегетационный индекс хорошо улавливает содержание хлорофилла в листьях, который образуется в результате поглощения растениями азота.

$$\text{ReCI}=(\text{NIR}/\text{RED})-1 \quad (2)$$

В растениях количество хлорофилла зависит от содержания азота, этот ReCI помогает обнаружить участки с пожелтевшей или опавшей листвой[3].

Нормализованный дифференциальный Red Edge индекс(NDRE)

Для расчета NDRE используют комбинации спектральных каналов ближнего инфракрасного диапазона и специальный канал перехода от видимого красного к ближнему инфракрасному (так называемая область красного края). Чтобы получить точный результат рекомендуется комбинировать индексы NDRE и NDVI.

$$\text{NDRE}=(\text{NIR}-\text{REDEGE})/(\text{NIR}+\text{REDEGE}) \quad (3)$$

NDRE применяют для мониторинга участков с высокой плотностью вегетационного покрова.

Зеленый нормализованный разностный вегетационный индекс (GNDVI)

В индексе GNDVI также используется инфракрасный диапазон спектра, но видимый красный заменяется видимым зеленым (с540 по 570нм).

$$\text{GNDVI}=(\text{NIR}-\text{GREEN})/(\text{NIR}+\text{GREEN}) \quad (4)$$

Индекс GNDVI измеряет содержание хлорофилла в растениях точнее, чем NDVI. Используется при отсутствии крайнего красного канала.

GNDVI (оценка содержания азота в листьях растений)

Структурный индекс интенсивности пигментов (SIPI)

Вегетационный индекс растительности SIPI подходит для анализа вегетации с различной структурой. SIPI определяет соотношение каротиноидов к хлорофиллу: высокие значения сигнализируют о том, что растения находятся в состоянии стресса.

$$\text{SIPI}=(\text{NIR}-\text{BLUE})/(\text{NIR}-\text{RED}) \quad (5)$$

Высокие значения SIPI (высокое содержание каротиноидов и низкое содержание хлорофилла) может свидетельствовать о болезни культур, которые часто приводят к снижению количества хлорофилльного пигмента в вегетационном покрове[4].

Выводы

Индексы растительности - это фундаментальный инструмент современного цифрового сельского хозяйства. Они предоставляют ценную, объективную и пространственно явную информацию о состоянии посевов, позволяя агрономам и фермерам оперативно выявлять проблемы, оптимизировать использование ресурсов, прогнозировать урожайность и в конечном итоге повышать эффективность и устойчивость сельскохозяйственного производства. Наблюдения за динамикой развития сельскохозяйственных культур по данным ДЗЗ (дистанционное зондирование земли) показали, что в спектральном признаковом пространстве каждый вид культуры в определенные сроки и в определенной фазе развития образует компактный кластер (совокупность однородных фотометрических точек). Использование спутниковых технологий и БПЛА открывает новые возможности для точного земледелия, делая его более эффективным и устойчивым.

Список литературы:

1. А.А.Тронин, «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 2011.Т.8.№4.С.23-26 «Спектральные методы дистанционного зондирования в геологии»
2. М.Ю. Жилев «Обзор применения мультиспектральных данных ДЗЗ и их комбинаций при цифровой обработке», ГЕОМАТИКА №3, 2009
3. Якушев В.П., Дубенок Н.Н., Лупян Е.А. Опыт применения и перспективы развития технологий дистанционного зондирования Земли для сельского хозяйства. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 2019, 16(3): 11-23
4. Черепанов А.С. Вегетационные индексы: справочные материалы, Геоматика.-2011, №2, С. 98-102.