**Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина**

Энергетический факультет

Кафедра эксплуатации электрооборудования

Специальность: D100 «Автоматизация и управление»

**ОТЧЕТ**

**ПО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ПРАКТИКЕ ДОКТОРАНТА**

**за 1 триместр 2022-2023 учебного года**

Докторант: Амир Е. К.

Научный руководитель: Сарсикеев Е. Ж.

**АСТАНА 2023**

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение………………………………………………………………..………3

Перечень часто используемых вегатационных индексов………………...…4

Выводы…………………………………………..…………..………………..10

Ссылки на источники…………………………...………………………....…11

**Введение**

Спутниковый мониторинг посевов - технология наблюдения за изменениями индекса вегетации, полученного с помощью спектрального анализа спутниковых снимков высокого разрешения. Используется на отдельных полях или для отдельных сельскохозяйственных культур и позволяет отслеживать позитивные и негативные динамики развития растений. Разница в динамике индекса вегетации сообщает о диспропорциях в развитии в пределах одной культуры или поля. Это свидетельствует о необходимости проведения дополнительных сельскохозяйственных работ на отдельных участках, потому данную технологию относят к методам точного земледелия.

Вегетационный индекс - показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами данных дистанционного зондирования, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Эффективность вегетационных индексов определяется особенностями отражения. Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных участках кривой спектральной отражательной способности растений.

**Индекс интенсивной пигментной растительности структуры** **(SIPI)**

Индекс растительности SIPI хорош для анализа растительности с переменной структурой полога. Он оценивает соотношение каротиноидов к хлорофиллу: повышенное значение сигнализирует о растительном стрессе.

Формула: SIPI = (NIR – СИНИЙ) / (NIR – КРАСНЫЙ)

**Ключевой факт**: Повышенные значения SIPI (высокое содержание каротиноидов и низкое содержание хлорофилла) могут означать заболевание сельскохозяйственных культур, часто вызывающее потерю хлорофилла в вегетации.

**Когда использовать**: для мониторинга состояния растений в районах с высокой изменчивостью структуры полога или LAI, для выявления ранних признаков болезней сельскохозяйственных культур или других причин стресса.

**Индекс растительности зеленого хлорофилла (GCI)**

При дистанционном зондировании вегетационный индекс GCI используется для оценки содержания хлорофилла в листьях различных видов растений. Содержание хлорофилла отражает физиологическое состояние растительности; оно снижается у растений, подвергающихся стрессу, и поэтому может быть использовано в качестве показателя здоровья растительности.

Формула: GCI = NIR / ЗЕЛЕНЫЙ – 1

**Ключевой факт:** Лучшее предсказание количества хлорофилла с помощью индекса вегетации GCI может быть достигнуто с помощью спутниковых датчиков, которые имеют широкие NIR и зеленые длины волн.

**Когда использовать:** для мониторинга влияния сезонности, экологических стрессов или применяемых пестицидов на здоровье растительности.

**Индекс растительности площади листьев (LAI)**

Индекс LAI предназначен для анализа поверхности листвы нашей планеты и оценивает количество листьев в определенном регионе. LAI - это безразмерная мера, которая рассчитывается как отношение площади односторонней (освещенной) листвы к поверхности почвы, которую она может покрыть. Этот индекс растительности важен для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур и лесов, окружающей среды и климатических условий. LAI масштабируется для отдельного растения, культуры (ов) в поле или для всего региона.

Формула: LAI = площадь листьев (м2) / площадь земли (м2)

**Ключевые факты:** Индекс растительности листьев LAI в дистанционном зондировании был введен для датчика NASA MODIS для улучшения данных NDVI. В отличие от последнего, он учитывает топографические особенности, а спектральные полосы, которые используются для его расчетов, подвергаются атмосферной коррекции.

Если LAI = 3, то листья могут покрывать поверхность втрое. LAI считается высоким на уровне 0-3,5. Однако его значения насыщены облаками и яркими объектами, которые следует маскировать для точности данных.

**Когда использовать:** при оценке состояния растительности, в качестве входных данных в модели прогнозирования продуктивности.

**Видимый индекс атмосферостойкости (VARI)**

Индекс VARI идеально подходит для RGB или цветных изображений, поскольку он работает со всем видимым сегментом электромагнитного спектра (включая красные, зеленые и синие цветовые полосы). Его конкретная задача состоит в том, чтобы улучшить растительность при сильном воздействии атмосферы, сглаживая колебания освещенности. VARI может использоваться для следующих спутниковых датчиков: Sentinel-2, Landsat-8, GeoEye-1, Pleiades-1, Quickbird и IKONOS.

Формула: VARI = (ЗЕЛЕНЫЙ – КРАСНЫЙ) / (ЗЕЛЕНЫЙ + КРАСНЫЙ – СИНИЙ)

**Ключевой факт:** Благодаря низкой чувствительности к атмосферному воздействию погрешность VARI для мониторинга растительности в условиях различной толщины атмосферы составляет менее 10%.

**Когда использовать:** оценка состояния посевов, когда требуется минимальная чувствительность к атмосферным воздействиям.

**Индекс атмосферостойкости растительности (ARVI)**

Это первый вегетационный индекс, относительно нечувствительный к атмосферным факторам (например, аэрозолям). Как видно из формулы, Кауфман и Танир скорректировали DVI, чтобы смягчить эффекты рассеяния в атмосфере, удвоив измерения красного спектра и добавив длины волн синего цвета.

Формула: ОРВИ = (NIR – (2 \* КРАСНЫЙ) + СИНИЙ) / (NIR + (2 \* КРАСНЫЙ) + СИНИЙ)

**Ключевой факт:** По сравнению с другими показателями, ОРВИ также более нечувствителен к эффектам облегчения, что особенно полезно для мониторинга тропических горных районов, часто покрытых сажей из-за подсечно-огневого земледелия.

**Когда использовать:** для регионов с высоким содержанием атмосферного аэрозоля (например, дождь, туман, пыль, дым, загрязнение воздуха).

**Оптимизированный индекс растительности с поправкой на почву (OSAVI)**

Индекс растительности OSAVI является модифицированным SAVI и также использует коэффициент отражения в NIR и красном спектре. Разница между двумя индексами заключается в том, что OSAVI учитывает стандартное значение коэффициента корректировки фона навеса (0,16).

Формула: OSAVI = (NIR – КРАСНЫЙ) / (NIR + КРАСНЫЙ + 0,16)

**Ключевой факт:** Регулировка обеспечивает большую вариабельность почвы в ОСАВИ по сравнению с САВИ при низком покрытии пологом. OSAVI обладает лучшей чувствительностью к пологому покрытию, превышающему 50%.

**Где использовать:** для мониторинга районов с низкой плотностью растительности с обнаженными участками почвы через навес.

**Индекс растительности с поправкой на почву (SAVI)**

SAVI был введен для смягчения воздействия яркости почвы. Его создатель Хуэте добавил коэффициент корректировки почвы L к уравнению NDVI, чтобы скорректировать влияние почвенного шума (цвет почвы, влажность почвы, изменчивость почвы по регионам и т.д.), Которые, как правило, влияют на результаты.

Формула: SAVI = ((NIR – КРАСНЫЙ) / (NIR + КРАСНЫЙ + L)) \* (1 + L)

**Ключевой факт:** L варьируется от -1 до +1, в зависимости от плотности зеленой растительности на исследуемой территории. В районах с высокой зеленой растительностью L= 0, и в этом случае SAVI совпадает с NDVI. И наоборот, L = 1 для зон с низкой зеленой растительностью. Чаще всего значение L устанавливается равным 0,5, чтобы приспособиться к большей части растительного покрова

**Когда использовать:** для анализа молодых культур; для засушливых регионов с редкой растительностью (менее 15% от общей площади) и открытых поверхностей почвы.

**Зеленый нормализованный разностный индекс растительности (GNDVI)**

Индекс GNDVI является модификацией NDVI и также использует ближнюю инфракрасную область, но заменяет VIS green на VIS red (от 540 до 570 нм).

Формула: GNDVI = (NIR – ЗЕЛЕНЫЙ) / (NIR + ЗЕЛЕНЫЙ)

**Ключевой факт**: GNDVID измеряет содержание хлорофилла более точно, чем NDVI.

**Когда использовать:** для обнаружения увядших или стареющих культур и измерения содержания азота в листьях, когда недоступен экстремально красный канал, следите за растительностью под плотными навесами или на стадиях зрелости.

**Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI)**

Среди типичных спектральных индексов вегетации NDVI является одним из наиболее подходящих для отслеживания динамики развития сельскохозяйственных культур, поскольку он измеряет фотосинтетически активную биомассу растений. Однако этот индекс растительности довольно чувствителен к яркости почвы и атмосферным воздействиям, что смягчается другими индексами, такими как EVI, SAVI, ОРВИ, GCL или SIPI.

Формула: NDVI = (NIR – КРАСНЫЙ) / (NIR + КРАСНЫЙ)

**Ключевой факт:** NDVI является наиболее распространенным индексом растительности при дистанционном зондировании. Его можно использовать в течение всего сезона выращивания сельскохозяйственных культур, за исключением случаев, когда растительный покров слишком скуден, поэтому его спектральная отражательная способность слишком низкая.

**Когда использовать:** Значения NDVI наиболее точны в середине сезона на стадии активного роста урожая.

**Индекс вегетации хлорофилла с красной каймой (RECl)**

Вегетационный индекс ReCI зависит от содержания хлорофилла в листьях, которые питаются азотом. ReCI показывает фотосинтетическую активность древесного покрова.

Формула: ReCI = (NIR / RED) – 1

**Ключевой факт:** Поскольку содержание хлорофилла напрямую зависит от уровня азота в растениях, отвечающего за их “зеленость”, этот индекс растительности при дистанционном зондировании помогает обнаружить участки с желтой или полинявшей листвой.

**Когда использовать:** Значения ReCI наиболее полезны на стадии активного развития вегетации, но не подходят для сезона сбора урожая.

**Нормализованный разностный индекс растительности красного края (NDRE)**

Индекс NDRE объединяет спектральные полосы ближнего инфракрасного диапазона (NIR) и определенную полосу для узкого диапазона между видимым красным и переходной зоной красный-NIR (так называемая область красного края). Для достижения наилучшей точности данных рекомендуется использовать NDRE в сочетании с NDVI.

Формула: NDRE = (NIR – КРАСНЫЙ КРАЙ) / (NIR + КРАСНЫЙ КРАЙ

**Ключевой факт:** Данный индекс растительности применим для пологого покрова с высокой плотностью.

**Когда использовать:** NDRE обычно используется для мониторинга культур, достигших стадии зрелости.

**Модифицированный индекс растительности с поправкой на почву (MSAVI)**

Вегетационный индекс MSAVI предназначен для смягчения воздействия почвы на результаты мониторинга сельскохозяйственных культур EOSDA. Поэтому он применяется, когда NDVI не может обеспечить точные значения, в частности, при высоком проценте голой почвы, скудной растительности или низком содержании хлорофилла в растениях.

Формула: MSAVI = (2 \* Полоса 4 + 1 – sqrt ((2 \* Полоса 4 + 1)2 – 8 \* (полоса 4 – полоса 3))) / 2

**Ключевой факт**: Поскольку MSAVI адаптирован к воздействию почвы и чувствителен к ранней вегетации в поле, он работает даже тогда, когда земля почти не покрыта посевами.

**Когда использовать:** MSAVI полезен в самом начале сезона выращивания сельскохозяйственных культур – когда начинают формироваться всходы.

**Выводы**

Вегетационный индекс (ВИ) это показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) ДДЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Эффективность ВИ определяется особенностями отражения; эти индексы выведены, главном образом, эмпирически.

Основное предположение по использованию ВИ состоит в том, что некоторые математические операции с разными каналами ДЗЗ могут дать полезную информацию о растительности. Это подтверждается множеством эмпирических данных. Второе предположение – это идея, что открытая почва на снимке будет формировать в спектральном пространстве прямую линию (т.н. почвенная линия). Почти все распространенные вегетационные индексы используют только соотношение красного – ближнего инфракрасного каналов, предполагая, что в ближней инфракрасной области лежит линия открытой почвы. Подразумевается, что эта линия означает нулевое количество растительности.

**Источники**

1. Zhao L. [и др.]. A new AG-AGB estimation model based on MODIS and SRTM data in Qinghai Province, China // Ecological Indicators. 2021. Т. 133. C. 108378. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21010438 (дата обращения: 11.12.2022).