

ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ-ЗАДАНИЯ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНДЕКСА NDVI

И.А. Чекалов

*РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси»,
Витебская обл., аг. Тулово, ул. Витебская, д. 1, email: ivanchekalov@hotmail.com*

В статье изложена методика расчёта карт-заданий для дифференцированного внесения азотных удобрений, позволяющих распределить их по полю в зависимости от густоты стеблестоя. В качестве исходных данных используются мультиспектральные снимки со спутника Sentinel-2 на дату, предшествующую дате проведения подкормки. Обработка снимков, расчёты и подготовка карт-заданий проводится в открытой геоинформационной системе QGIS. Предложенная методика расчёта карт-заданий на основе данных дистанционного зондирования Земли позволяет рационально распределить азотные удобрения по полю, что способствует увеличению валового сбора и окупаемости внесенных удобрений.

Ключевые слова: дифференцированное внесение; аппликационные карты; ГИС-технологии; точное земледелие; удобрения; вегетационный индекс.

Дифференцированное внесение минеральных удобрений – один из наиболее экономически эффективных элементов в системе точного земледелия. Постоянный рост цен на удобрения и ГСМ заставляют аграриев задумываться о более рациональных способах использования ресурсов. Дифференцированное внесение или технология переменного нормирования при выращивании сельскохозяйственных культур является элементом точного земледелия, позволяющим адекватно условиям почва-растение-ландшафт обрабатывать поля и проводить агротехнические приемы выращивания растений по заданному критерию эффективности [1].

Существует два подхода к составлению карт-заданий для внесения удобрений:

– Первый метод, при котором на более плодородных участках поля вносятся повышенные нормы удобрений с целью реализации максимального потенциала культуры, а на более бедных участках норму внесения уменьшают так как экономическая эффективность применения повышенных доз удобрений на таких участках снижается. Такая стратегия наиболее подходит для расчёта норм внесения азотных удобрений ввиду высокой подвижности данного элемента в почве.

– Второй метод противоположен первому, на бедных участках вносятся повышенные дозы удобрений, а на более плодородных участках пониженные с целью выравнивания плодородия на поле. Такой способ пригоден для внесения фосфорных и калийных удобрений при условии, что низкая урожайность обусловлена дефицитом элементов питания, а не другими факторами.

Основой для расчёта карт дифференцированного внесения могут служить такие данные как: результаты агрохимического анализа, данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), цифровая модель рельефа (ЦМР), карты урожайности, полученные с уборочной техники, оснащенной датчиками урожайности.

Растения поглощают свет в двух главных диапазонах спектра: синем (450 нм) и в красном (670 нм), из-за поглощения двух главных пигментов листа: хлорофилла а и в, которые составляют 65 % полного пигмента листа вегетирующих растений.

В ближнем ИК диапазоне (700–1300 нм) оптические свойства листа объясняются его структурой. Пигменты листа и клетчатка прозрачны в этом диапазоне длин волн, и, следовательно, поглотительная способность листа является очень маленькой (10 %-ый максимум), но коэффициент отражения листа и коэффициент пропускания, наоборот, велики и могут достигать 50 %. В этой области в спектре листа есть типичное плато коэффициента отражения («плечо»). Уровень этого плато целиком определяется внутренней структурой листа и свободным пространством в мезофилле, которое определяет различные коэффициенты преломления (воздушные или жидкостные элементы). Коэффициент отражения листа увеличивается при большем количестве гетерогенных форм ячеек структуры листа, а также и с увеличением числа слоев ячеек и их размеров. Этот коэффициент отражения поэтому зависит от относительной толщины мезофилла [1].

Вегетационный индекс NDVI (Normalized difference vegetation index) – один из наиболее распространённых в сельском хозяйстве индексов, отражающий количество фотосинтетически активной биомассы. Для его расчёта используется 4-ый (665 нм) и 8-й (833 нм) каналы спутника Sentinel-2.

Расчёт производится для поля РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси» Витебского района Витебской области. Культура – озимая пшеница, сорт «Амелия», площадь – 114,8 га. Под планируемую урожайность 60 ц/га КУПП «Витебская областная проектно-изыскательская станция химизации сельского хозяйства» была рассчитана потребность в азотных удобрениях для этого поля, дозы подкормок составили 70 + 40 + 50 кг/га. Для расчёта вегетационного индекса

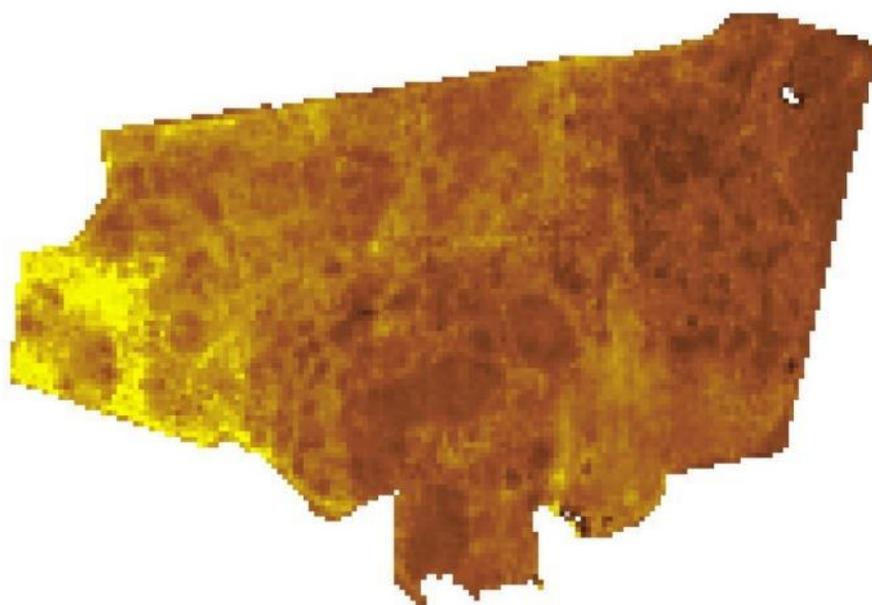
NDVI использованы спутниковые снимки Sentinel-2 за 03.04.2022, 05.05.2022 и 25.05.2022. Для расчёта NDVI применяется формула:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где NDVI – Значение индекса NDVI; NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED – отражение в красной области спектра.

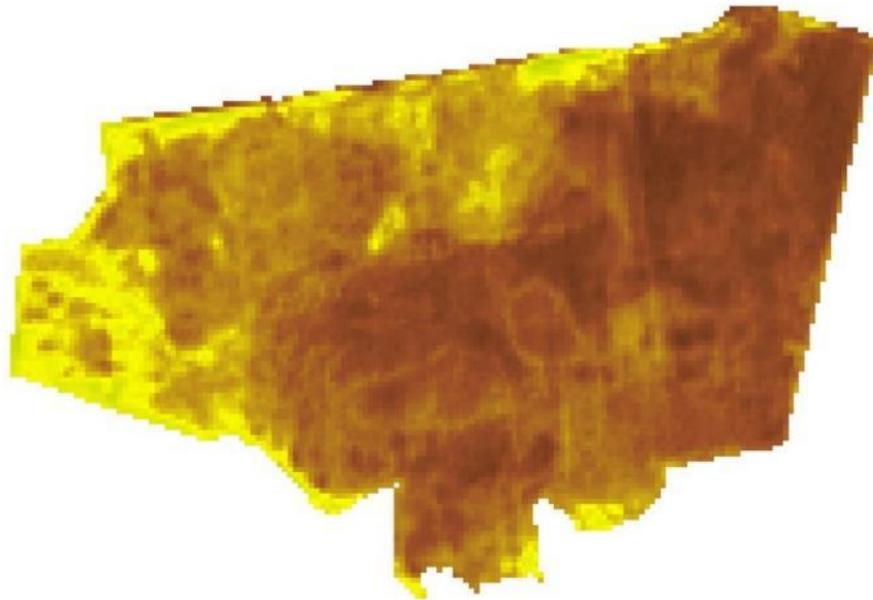
Все расчёты и создание карты-задания проводятся в геоинформационной системе QGIS.

Скачивание спутниковых снимков производится с сайта Copernicus Open Access Hub. После загрузки снимков с помощью калькулятора растров рассчитывается индекс NDVI и обрезается по контуру поля.



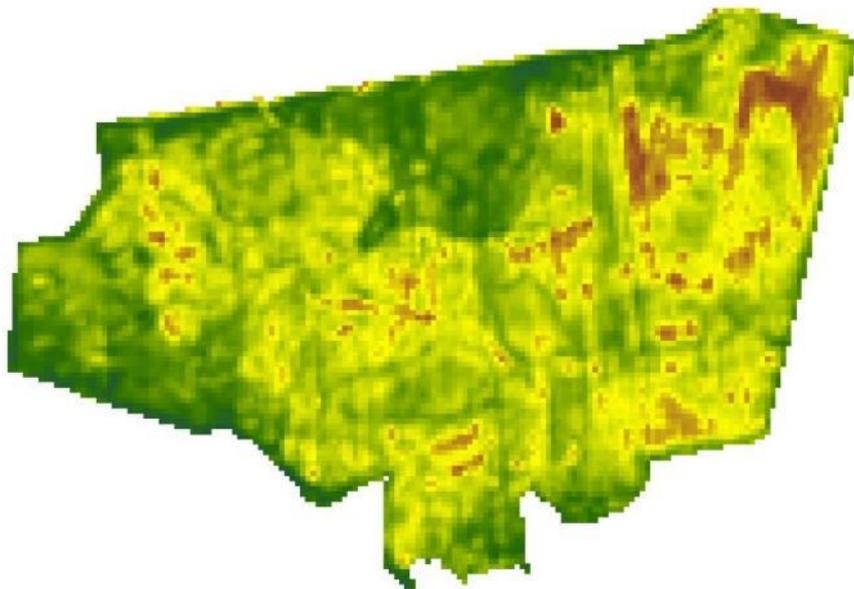
>0.05	0.2	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	1

Рис. 1. Индекс NDVI на 03.04.2022



>0.05	0.2	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	1

Рис. 2. Индекс NDVI на 05.05.2022



>0.05	0.2	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	1

Рис. 3. Индекс NDVI на 25.05.2022

Полученные растры приводятся к разрешению, равному ширине захвата разбрасывателя, и при помощи инструмента *Создание полигонов* конвертируются в полигональный слой, в котором каждый пиксель растра становится полигоном, содержащим в атрибутах значение индекса NDVI. Дальнейший пересчет значения индекса в количество удобрения производится по формуле:

$$NB = NB_{\min} + \frac{(NB_{\max} - NB_{\min}) \times (NDVI - NDVI_{\min})}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}}$$

где NB – норма внесения удобрений в данной зоне, кг/га; NB_{\min} – минимальная норма внесения удобрений на данном поле, кг/га; NB_{\max} – максимальная норма внесения удобрений на данном поле, кг/га; NDVI – значение индекса в данной зоне; $NDVI_{\min}$ – минимальное значение индекса на данном поле; $NDVI_{\max}$ – максимальное значение индекса на данном поле.

Минимальная норма внесения удобрений принимается как рекомендуемая норма, уменьшенная на коэффициент вариации индекса NDVI. Максимальная норма принимается как рекомендуемая норма, увеличенная на коэффициент вариации индекса.

Норма внесения карбамида, кг/га

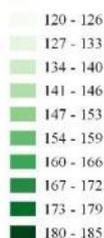


Рис. 4. Карта-задание на первую подкормку

Норма внесения карбамида, кг/га

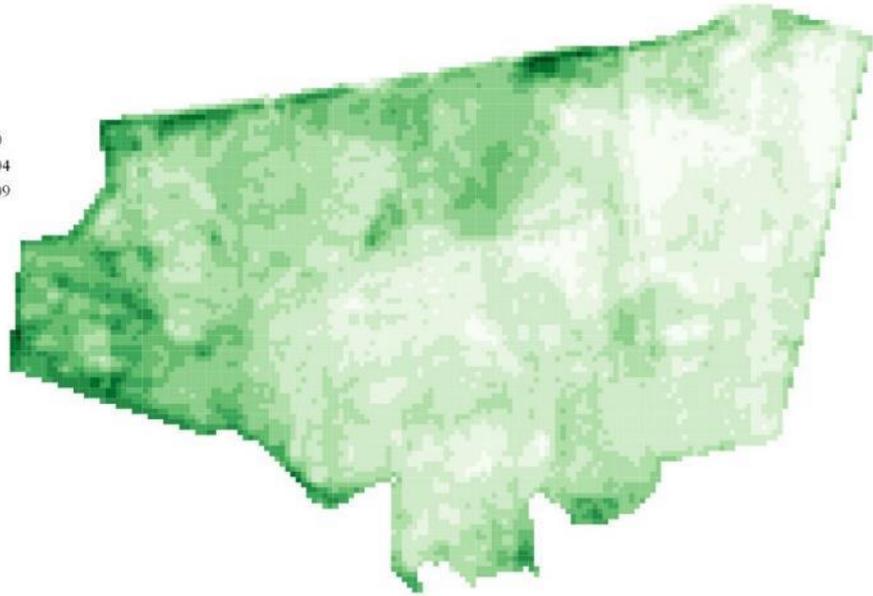
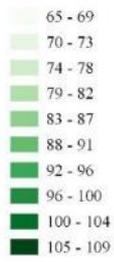


Рис 5. Карта-задание на вторую подкормку

Норма внесения карбамида, кг/га

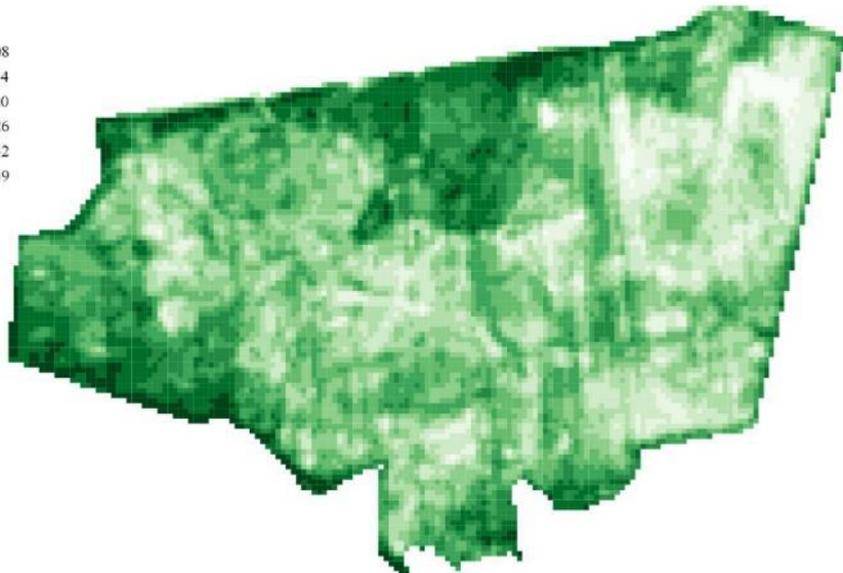
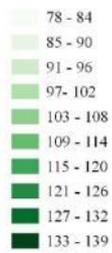


Рис 6. Карта-задание на третью подкормку

При традиционном способе внесения на первую подкормку необходимо 17 470 кг карбамида, на вторую подкормку необходимо 9 983 кг, на третью – 12 478 кг, всего необходимо 39 931 кг карбамида. При внесении по разработанным аппликационным картам необходимое количество удобрений составит: 18 277 кг, 9 059 кг и 12 596 кг соответственно, всего – 39 932 кг. Исходя из расчётов при обоих способах внесения требуется одинаковое количество удобрений, но за счёт более эффективного использования выход валовой продукции при дифференцированном способе внесения увеличится так как в местах с большей густотой стояния вносятся повышенная норма удобрения, что положительно скажется на урожайности этих участков. В местах с разреженным стеблестоем норма внесения понижается, так как малое количество растений не способны усвоить большое количество азота.

Таким образом, предложенная методика расчёта карт-заданий с помощью геоинформационной системы QGIS на основе данных дистанционного зондирования Земли позволяет рационально распределить азотные удобрения по полю, что способствует увеличению валового сбора и окупаемости внесенных удобрений.

Библиографические ссылки

1. Рубцов С. А., Голованев И. Н., Каптанов А. Н. Аэрокосмические средства и технологии для точного земледелия. М.: МГСХА, 2008. 330 с.
2. Технологии, машины и оборудование для координатного (точного) земледелия / В. И. Балабанов [и др.]; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Москва : Росинформагротех, 2016. 238 с.
3. Труфляк Е. В. Основные элементы системы точного земледелия Краснодар : КубГАУ, 2016. 39 с.
4. Экономическая эффективность off-line дифференцированного внесения минеральных удобрений с использованием менеджмент-зон / О. А. Куцаева // Аграрная экономика. 2020. №8. С. 55–66.
5. Астахов В. С., Иванчиков Г. О. Проблемы применения систем точного земледелия при дифференцированном внесении твёрдых минеральных удобрений и пути их решения // Вестник БГСХА. 2022. С. 133–136.
6. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS / J. W. Rouse [et al.] // Third ERTS Symposium. NASA SP351. 1973. Vol. 1. P. 309–317.
7. Copernicus Open Access Hub [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sci-hub.copernicus.eu/dhus/#/home>. Дата доступа: 01.02.2023.