

Технологии и алгоритмы точного земледелия компаний SenseFly и GPS Com

Технологии точного земледелия - наукоемкие технологии, позволяющие максимально эффективно использовать ресурсы сельхозпредприятия и при снижении затрат на производство максимально увеличить производительность и повысить рентабельность использования земель.

Не один десяток лет подобные технологии находят применение у зарубежных сельхозпроизводителей для целей планирования, зонирования сельхозугодий, учета площадей, мониторинга состояния растений и дифференцированного внесения удобрений.

Различные методы сбора информации обеспечивают агрономическую службу предприятия или владельца небольшой фермы актуальной и достоверной информацией о состоянии угодий: проблемных зонах, развитии растений, эффективности применения удобрений и гербицидов, эффективности и качестве работы сельхозтехники и т.д. Собираемые на регулярной основе данные ложатся так же в основу решения одной из важнейших задач агрономии - прогнозирования урожайности.

Для зондирования посевов и почв используются различные технологии сбора и обработки данных: ручные наземные сенсоры, производящие точечное измерение различных параметров на поле, мобильные сканирующие системы, устанавливаемые на сельхозтехнику, спутниковые снимки и аэрофотосъемка.

Одной из наиболее информативных и производительных технологий сбора информации в сельскохозяйственном секторе является спектральная съемка. Анализ отражательной способности почв и растительности в различных зонах спектра позволяет получать исчерпывающие данные о состоянии растений, степени их развития, потребности в удобрениях, поливе и т.д. На основе спектральных данных рассчитываются различные типы вегетационных индексов, наиболее распространенным из которых является индекс NDVI. Подобные расчеты, оформленные, например, в виде индексных карт, предоставляют наглядную информацию о посевах.

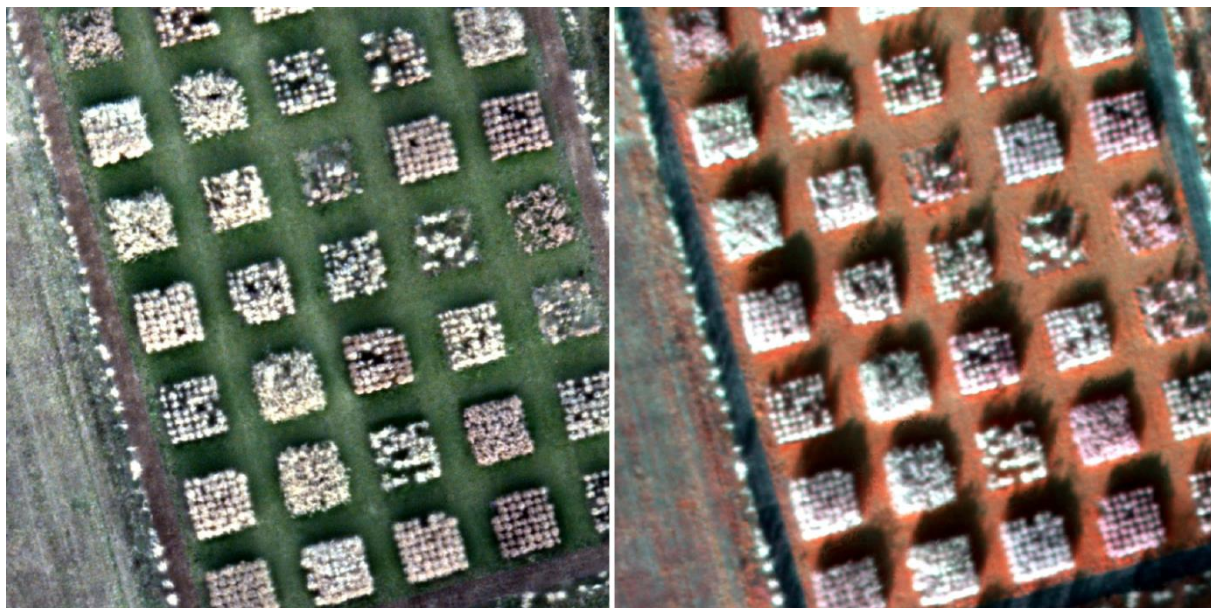
Производительность дистанционного метода сбора данных – вне конкуренции. Однако применение для таких целей спутниковой съемки или съемки с самолета отличается высокой стоимостью выходного продукта – спектральных снимков. По этой причине в абсолютном большинстве случаев предприятия не пользуются такого вида услугами. Кроме того, низкая оперативность получения спутниковых данных и низкое пространственное разрешение сводит на нет почти все преимущества спектрального мониторинга.

Недостатки всех вышеописанных методов позволяет обойти технология, основанная на применении легких беспилотных летательных аппаратов, различные типы которых получили широчайшее распространение в последние годы. Опираясь на предыдущий опыт использования сверхлегких беспилотных летательных аппаратов в области геодезии и картографии, швейцарская компания SenseFly и российская компания GPS Com совместно с Российским Государственным Аграрным Университетом имени К.А. Тимирязева разработали комплекс услуг, связанных со спектральной съемкой сельхозугодий и предоставлении на ее основе пакета аналитических данных. Такой подход позволяет агрономической службе предприятия масштабно взглянуть на земли предприятия и с высокой детальностью оценить и проанализировать результаты своей деятельности.

Итак, что же видно сверху.

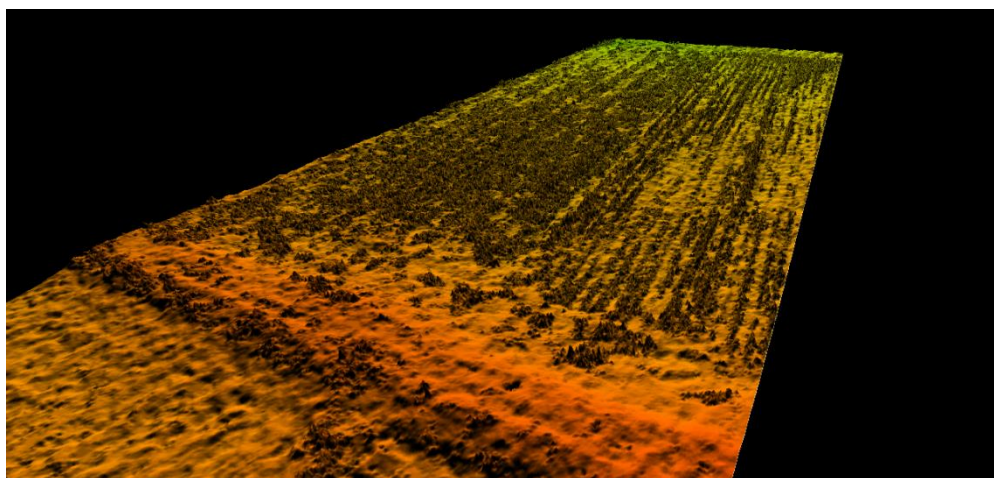
В процессе беспилотной съемки используются 2 типа сенсоров. Один из них производит съемку в видимом диапазоне, второй имеет канал, чувствительный в зоне ближнего ИК.

Рис. 1 Данные сенсоров RGB и ИК



Данным сенсора видимой зоны спектра отводится важная роль в задачах анализа поверхности поля. По данным этого сенсора производится построение объемной, трехмерной модели поверхности земли.

*Рис. 2 Цифровая модель местности с заливкой по высоте.
Посевы озимой пшеницы*



Произведя съемку незасеянного поля, и повторяя съемку с некоторой периодичностью по разнице превышений можно судить о скорости роста посевов, их развитии, о возможности появления эрозии и т.д.

Данные о рельефе получаются с высокой детальностью – от 5 см на пиксел изображения, что позволяет на основе цифровой модели рельефа проводить различные виды гидрологического анализа: строить карты водотоков, определять бессточные области, получать карты уклонов или профиля заданного участка поля.

Рис. 2 Цифровая модель рельефа в горизонталях

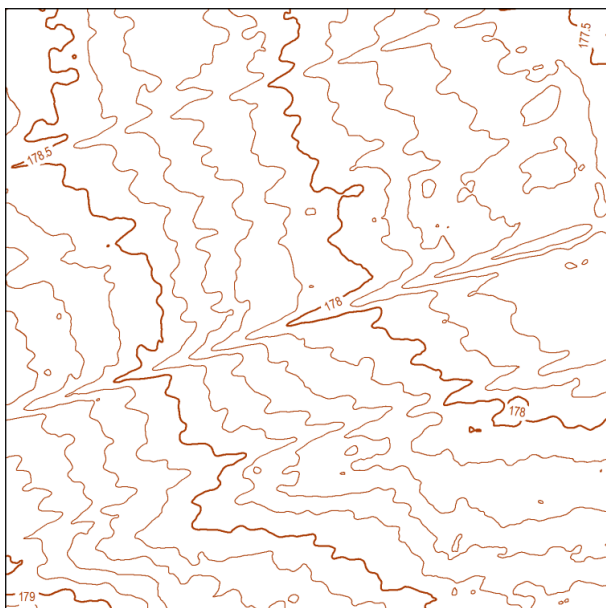


Рис. 3 Карта направлений уклонов

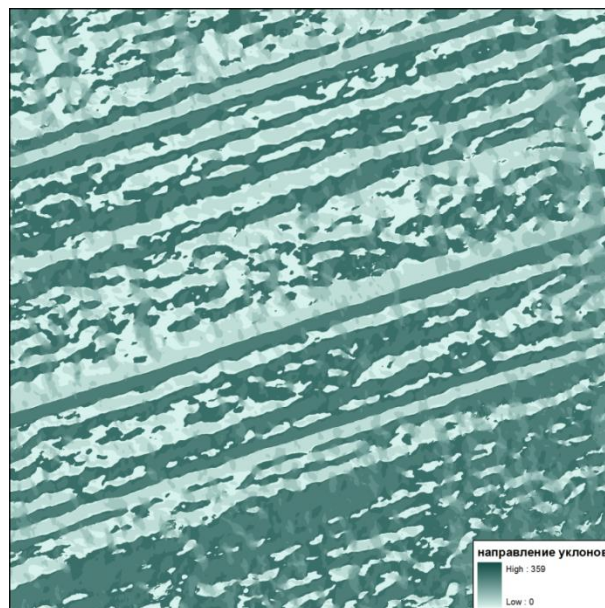
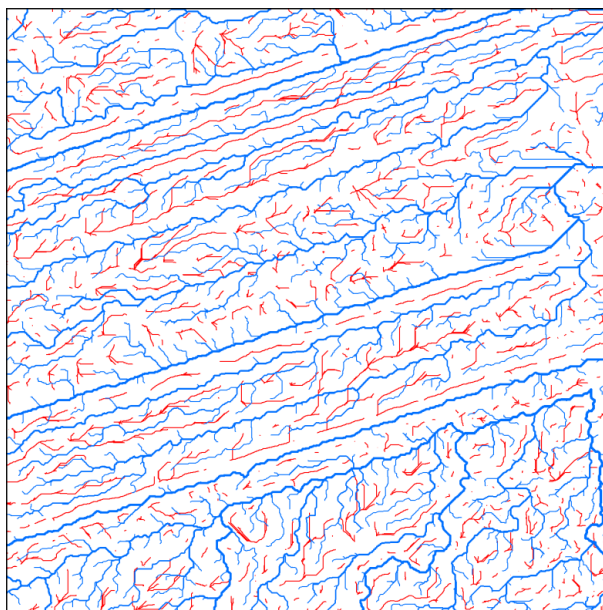
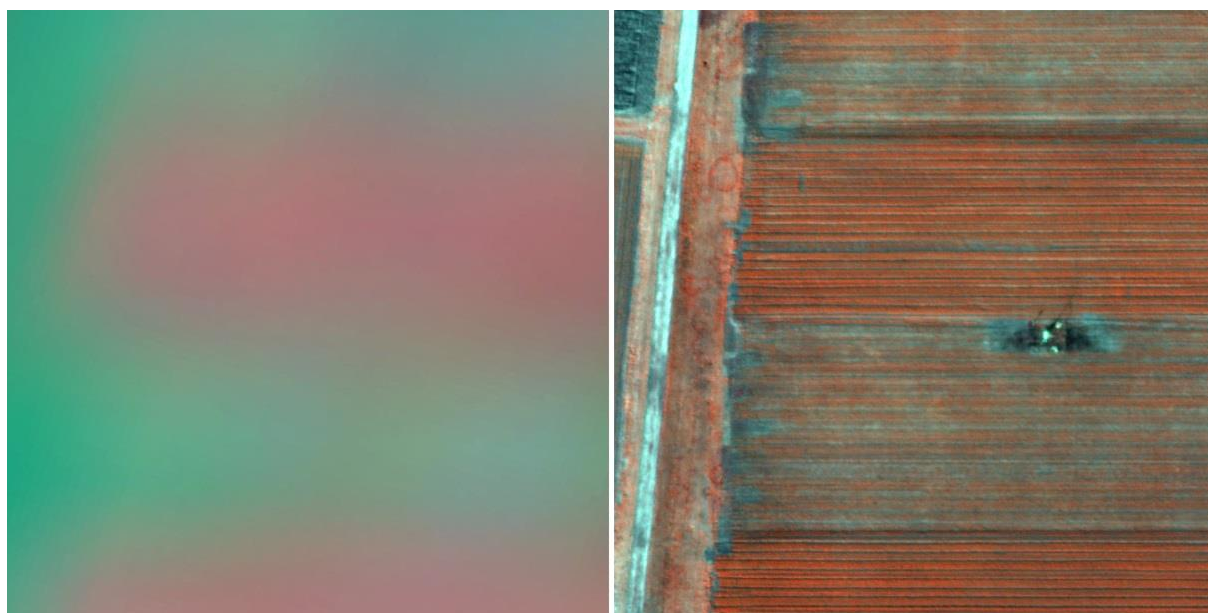


Рис.4 Карта водотоков



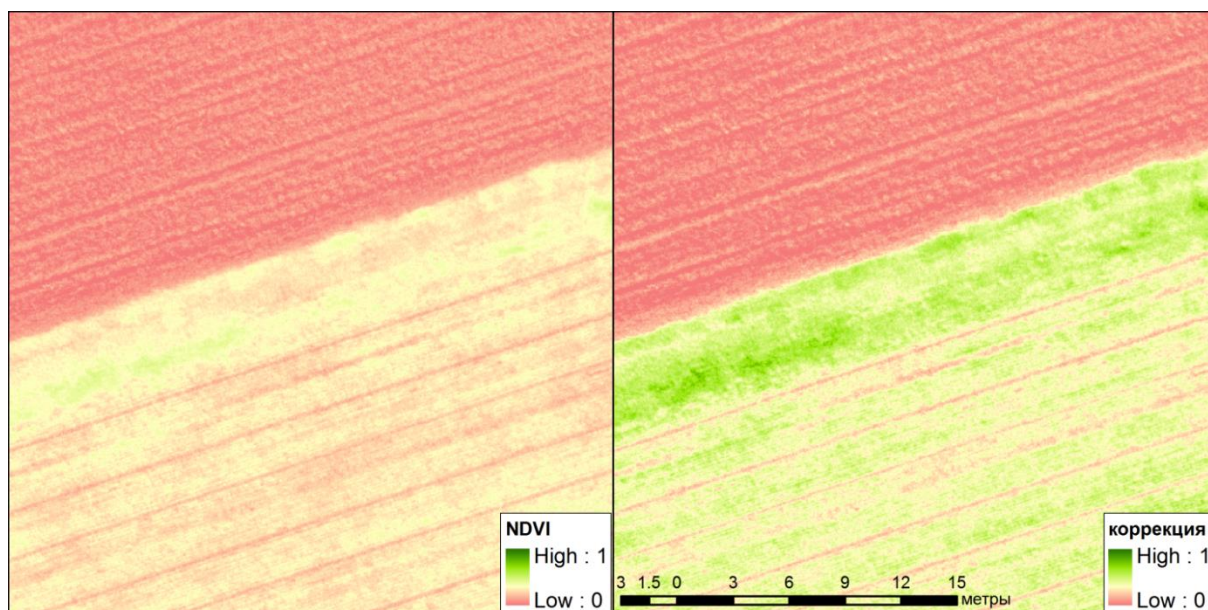
В сельском хозяйстве наиболее распространен нормализованный относительный вегетационный индекс NDVI. Большинство сенсоров наземного базирования измеряют и анализируют именно его. Однако для получения представления о состоянии посевов на всей площади сельхозугодий трактору необходимо объехать все поля между за межой, тратя ГСМ и моторесурс. В случае, когда необходимо получить карту NDVI «здесь и сейчас» - к примеру, для оценки состояний озимых культур после зимовки – агроном чаще всего не получает общей картины. Спутниковые же методы не дают достаточного пространственного разрешения. Помимо этого, стоимость актуального спутникового снимка с высоким разрешением на заданную территорию приближается к стоимости аэрофотосъемки с использованием пилотируемой авиации.

Рис 5. Сравнение разрешения спектральных снимков со спутника SPOT6 и беспилотного аппарата SenseFly.



Использование наземных сенсоров и снимков низкого разрешения для построения вегетационных карт имеет так же еще один существенный недостаток: наличие открытой почвы (или каких-либо антропогенных объектов), попадающих в зону видимости сенсора приводит к искажению общей картины NDVI, т.к. в итоге сенсор усредняет показания. В случае съемки все тех же озимых посевов влияние этого фактора делает применение NDVI абсолютно нецелесообразным. Однако при использовании беспилотной съемки высокого разрешения возможно аналитическими методами отделить «зерна от плевел» и получить точную индексную карту.

Рис 6. Сравнение индексной карты NDVI до и после коррекции

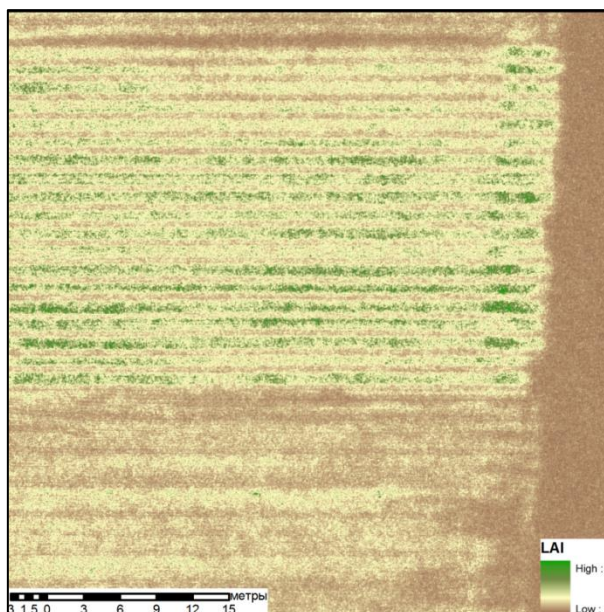


На рисунке слева мы видим, что в случае большого количества открытой почвы (розовый цвет), ее преобладание «утягивает» за собою и растительность, в результате чего индексы на посевах некорректны.

При помощи операций со спектральными каналами можно получить множество вегетационных индексов - NDVI, PVI, WdVI, SAVI, LAI и многие другие, характеризующие

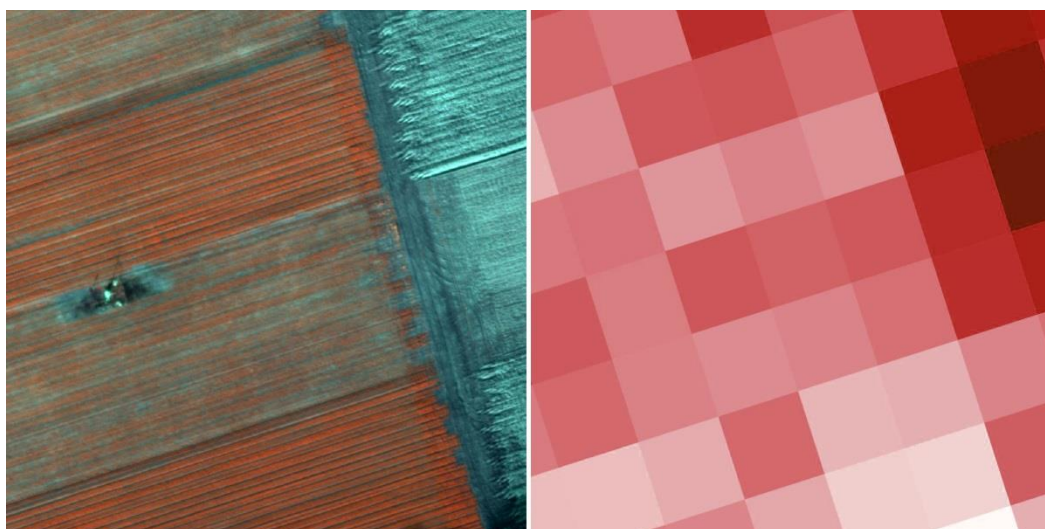
различные качественные и количественные показатели согласно потребностям данного конкретного предприятия.

Рис 7. Карта индекса листовой поверхности LAI



Многие сельхозпроизводители применяют в своей работе системы дифференцированного внесения удобрений. Суть технологии в том, что разбрасыватель на сельхозтехнике действует по своего рода программе, внося разное количество удобрений в разных участках поля. Тщательный анализ различных факторов при построении такой «программы», именуемой файлом предписаний, позволяет существенно сократить расход удобрений, снизить стоимость производственного процесса, избежать негативных последствий, связанных, к примеру, с «перекармливанием» растений и т.д. В абсолютном большинстве случаев необходимо провести тщательное зонирование поля, которое, в свою очередь, невыполнимо без возможности наблюдать ситуацию в целом, максимально использовать данные многолетних наблюдений и регулярного мониторинга.

Рис 8. Пример графического отображения файла предписаний, построенного на основе мониторинга с БПЛА SenseFly



Необходимо упомянуть, что решение всех вышеозначенных задач невозможно без точного позиционирования цифровых данных в пространстве, т.к. полученные результаты, в частности файл предписаний, должны, во-первых, иметь надежную пространственную привязку при интеграции с сельхозтехникой в системах параллельного вождения, а во-вторых, обеспечивать совместимость разномоментных наблюдений. Т.к. обработанные данные беспилотного аппарата являются метрическими и имеют точную географическую привязку, то не составляет проблем провести по ним измерения длин, площадей, а так же объемов. Последнее позволяет, к примеру, получить объемы зерна в открытых зернохранилищах или при сравнении разномоментных данных получить объем прироста зеленой массы на поле.

Рис 9. Векторизация и измерение границ и площадей наделов

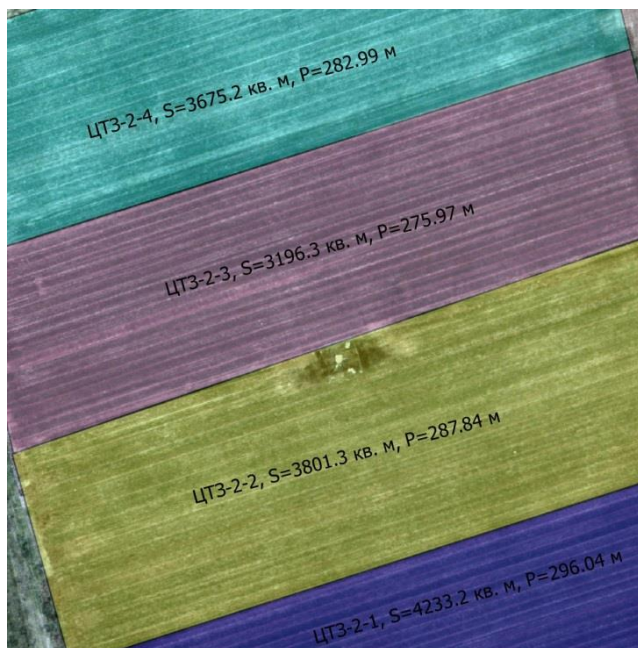
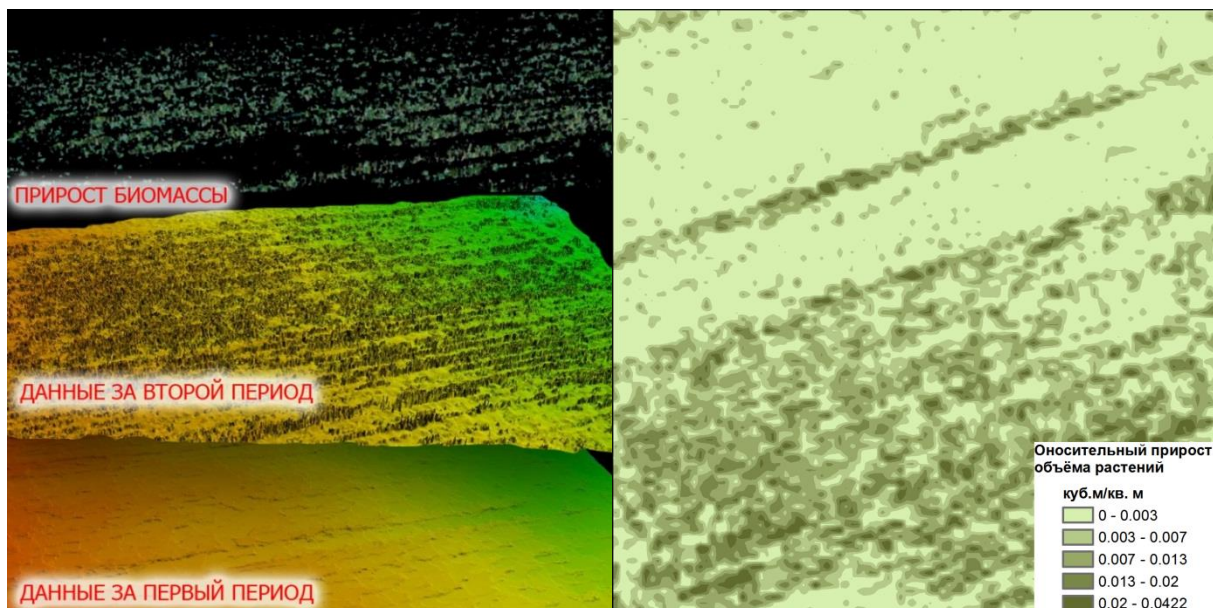


Рис 10. Определение прироста объёма растений



Благодаря экономической эффективности методов точного земледелия с привлечением спектрального анализа они нашли широкое применение у крупных и мелких сельхозпроизводителей на Западе, и постепенно обживаются на просторах России. Особенно учитывая экономическую ситуацию и проблемы импортозамещения. Крупные и мелкие аграрные предприятия все более тщательно анализируют соотношение «цена-качество» при выборе поставщика техники или услуг. В этом отношении технологии дистанционного зондирования с применением БПЛА находятся в максимально выгодном положении. БПЛА SenseFly способен за один полет – 45 минут - в зависимости от детализации собрать данные на площади от 100 до 800 Га без затрат на ГСМ и расхода моторесурса. А подробные аналитические карты позволят агрономической службе принимать максимально верные решения.