

«Лучшие идеи применения ДЗЗ»

Марюшко Максим Вячеславович

Разработка компьютерной программы для мониторинга сельскохозяйственных культур

«Земля – единственный источник богатства, и лишь сельское хозяйство его приумножает»

(Франсуа Кенэ – французский экономист (1694 - 1774))

Украину по праву можно считать аграрной страной, которая имеет все необходимые предпосылки для развития сельского хозяйства. Сегодняшний мир – мир технологий, и на сегодняшний день данными дистанционного зондирования Земли никого уже не удивишь. Зарубежные страны уже давно применяют эти данные в сельскохозяйственном производстве. Однако отечественные производители эти данные практически не используют, что ухудшает качество их работы.

Целью данной работы является создание простого, эффективного и доступного программного продукта, с помощью которого будет проводиться оперативный мониторинг сельскохозяйственных культур на всех стадиях развития.

Необходимо обратить особое внимание на доступность создаваемого проекта, что позволит иметь возможность использовать данный продукт даже на маленьких предприятиях, которые имеют в своем использовании незначительные площади обрабатываемой земли.

Выполнив анализ всех распространенных способов обработки данных ДЗЗ для мониторинга сельскохозяйственных культур, было принято решение использовать для обработки изображений разностный вегетационный индекс растительности NDVI. Однако, данные полученные на этом этапе обработки не позволили решить поставленные задачи, потому было принято решение использовать также фрактальную обработку изображения для корректировки полученных результатов.

На данной стадии разработки реализуемый проект включает в себя следующие этапы:

1. сбор необходимой исходной информации (бесплатные космические снимки со спутника Landsat 8);
2. создание индексных карт на основе нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index);
3. фрактальная обработка изображения.

Одной из самых трудных задач на первом этапе является сбор необходимой информации для последующей обработки. Использование бесплатных снимков делает этот процесс еще более затруднительным, потому что для нормальной работы потребуется серия из 6-7 снимков за период с первой декады апреля по вторую декаду августа – и это только для яровых культур. Для озимых культур также потребуются снимки за третью декаду сентября и третью декаду октября.

Для того чтобы выбрать наиболее оптимальные материалы космической съемки были выбраны следующие критерии:

- пространственное разрешение;
- спектральное разрешение;
- периодичность съемки.

Пространственное разрешение определяет максимально возможную точность выделения границ объектов – отдельных участков сельскохозяйственного назначения, а также точность отображения их площадей. Чем выше пространственное разрешение используемых снимков, тем более точные геометрические характеристики могут быть получены на основе их анализа.

Требования к спектральному разрешению обусловлены использованием каналов в красном (0.6-0.7 мкм) и ближнем инфракрасном (0.75-0.90 мкм) диапазонах спектра.

Периодичность съемки определяет возможную частоту мониторинга и также является принципиально важным параметром для решения задач, связанных с контролем агротехнических работ, мониторингом состояния сельскохозяйственных культур.

В настоящее время существует достаточно большое количество космических программ, съемочная аппаратура которых отвечает перечисленным выше требованиям. Поэтому, выполнив анализ существующих бесплатных программ, в качестве исходных данных использовались

космические снимки со спутника Landsat 8. Данные снимки обладают удовлетворительным пространственным разрешением и необходимыми спектральными диапазонами, что в свою очередь позволяет перейти к расчету нормализованного разностного индекса растительности – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). NDVI является одним из самых распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова.

Определившись с выбором космических снимков, приступаем ко второму этапу – построению индексной карты на основании разностного вегетационного индекса NDVI.

Характерным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями в отражении излучения разных длин волн.

Для работы со спектральной информацией в данной работе было создано так называемые «индексные» изображения. На основе комбинации значений яркости в определенных каналах, информативных для выделения исследуемого объекта, и расчета по этим значениям «спектрального индекса» объекта выполнялось построение изображения, соответствующее значению индекса в каждом пикселе, что и позволяет выделить исследуемый объект или оценить его состояние. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, получили общепринятое название вегетационных индексов.

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

В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются экспериментально (эмпирическим путем), исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв.

Индекс NDVI вычисляется по следующей формуле:

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

где  $\rho_{NIR}$  – коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра;

$\rho_{RED}$  – коэффициент отражения в красной области спектра.

На рис. 1 представлена отражающая способность растений в зависимости от спектральной составляющей снимка.

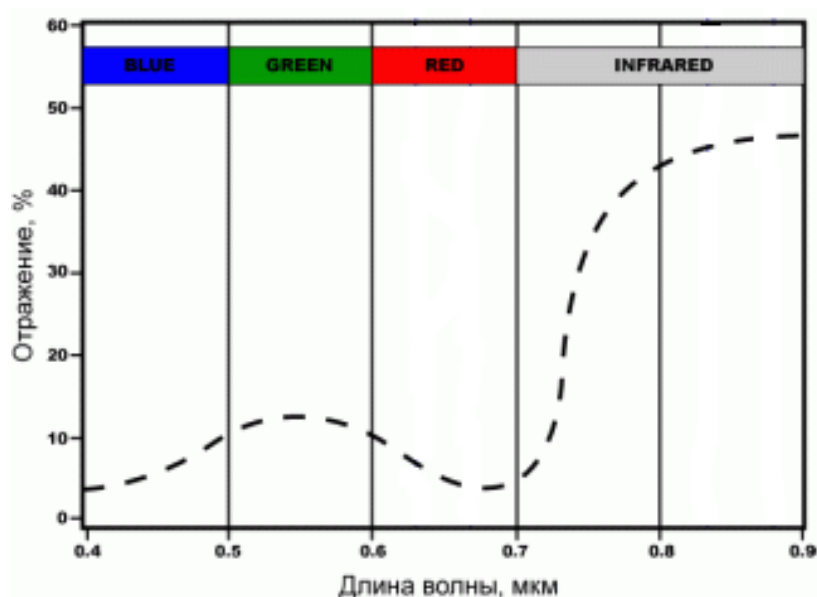


Рисунок 1 – Участки характеристической кривой отражения растительности

Отношение отражения в красной области спектра к отражению в инфракрасной области позволяет четко разделять растительность и другие природные объекты и анализировать ее состав. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и пр.

Выполнив построение индексных карт, переходим к завершающему этапу – фрактальной обработке полученного изображения.

Фрактальная обработка полученных изображений состоит из следующих этапов:

- вычисления фрактальной размерности для каждого пикселя изображения;
- разделение полученных размерностей на диапазоны;
- сегментация изображения по выбранным диапазонам фрактальной размерности;
- представление результатов выделения сельскохозяйственных культур.

Но сначала остановимся на понятии фрактал. Б. Мандельброт в 60-х годах XX-го столетия ввел понятие фрактальной (от латинского fractus–«дробный», и frangere–«ломать») геометрии, определяя фрактал, как «структуру, состоящую из частей, которые в каком-то смысле подобны целому».

В качестве количественной меры геометрической сложности множества (объекта) Б. Мандельброт предложил использовать фрактальную размерность  $D$ , показывающую, насколько плотно и равномерно элементы данного множества заполняют евклидово пространство. Рассчитываемая фрактальная размерность будет находиться в пределе  $-2 \leq D \leq 3$ .

В данной работе вычисление фрактальной размерности выполнялось с применением метода «пирамид». Данный метод заключается в вычислении площадей боковых граней пирамиды, которые вычисляются в основном окне сканирования и повторения данной операции для вложенных окон.

Для реализации данного метода необходимо – выбрать размер начального окна сканирования, в данной работе было исследовано сканирующее окно размером  $15 \times 15$ , в которое были вложены окна размером  $5 \times 5$  и  $3 \times 3$  пикселя. Таким образом, было выполнено следующие расчеты:

- для окна размером  $15 \times 15$  – 1 вычисление;
- для окна  $5 \times 5$  – 9 вычислений;
- для окна  $3 \times 3$  – 25 вычислений.

Полученные результаты были логарифмированы и аппроксимированы методом наименьших квадратов (рис. 2).

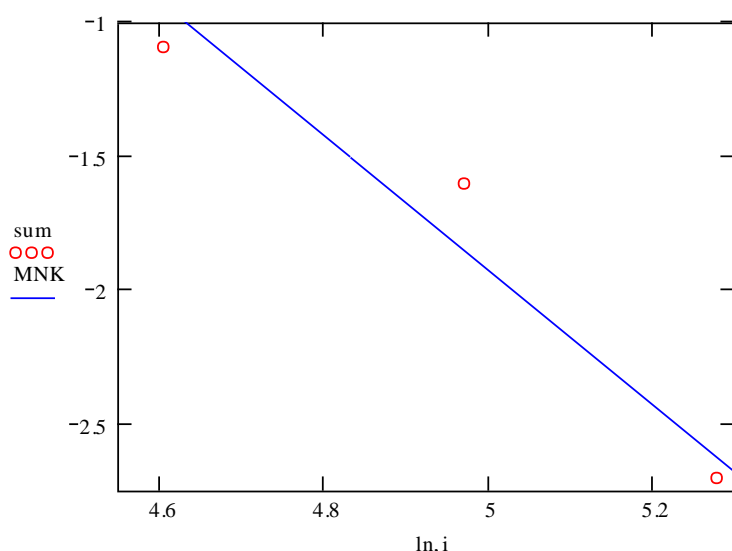


Рисунок 2 – Визуализация метода наименьших квадратов

На рис. 2 красными кружечками представлены результаты сканирующих окон разных размеров, а синяя линия – аппроксимирующая прямая. Угол наклона аппроксимирующей прямой и будет являться фрактальной размерностью.

### Программная реализация разрабатываемого продукта

Данный программный продукт разрабатывается при помощи объектно-ориентированного языка программирования C#. Visual C# было выбрано, так как он предоставляет развитый редактор кода, конструкторы с удобным пользовательским интерфейсом, встроенный отладчик и множество других средств, упрощающих разработку приложений на базе языка C# и .NET Framework.

Реализуемая программа состоит из следующих частей:

- построение индексной карты на основе индекса NDVI;
- фрактальная обработка индексной карты.

На рис. 3 в графическом виде отображены этапы работы программы и выполняемые в них функции.

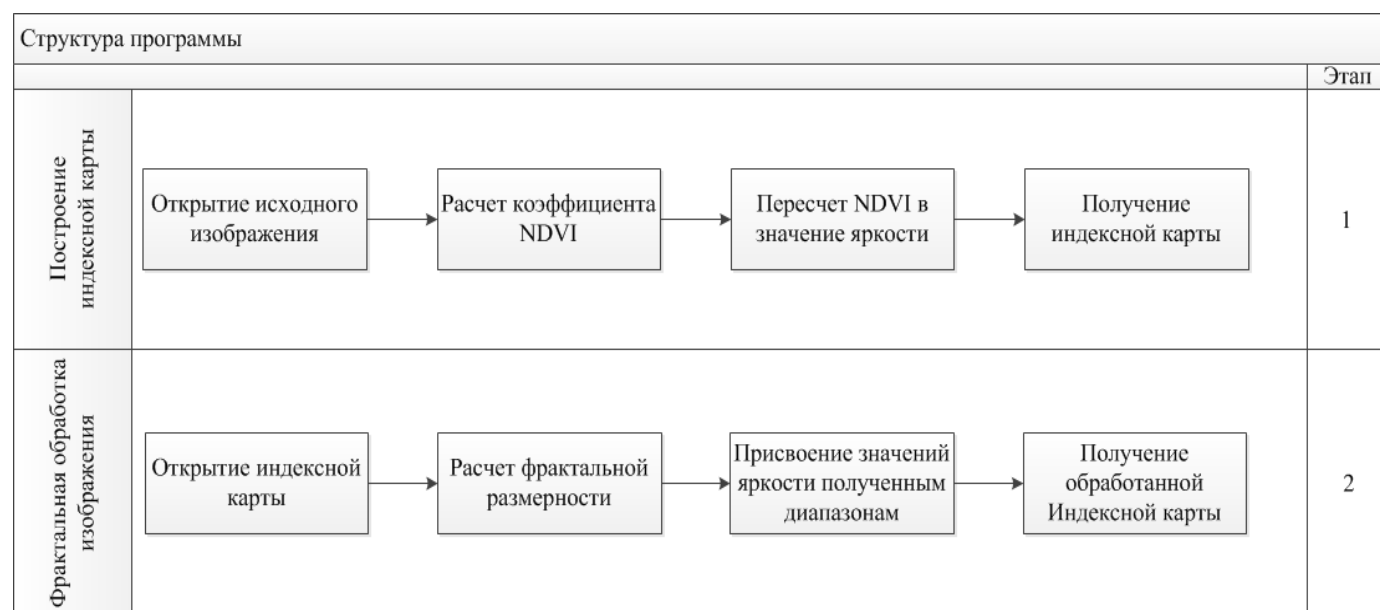


Рисунок 3 – Структурная схема

Построение индексной карты на основе коэффициента NDVI.

Для построения индексной карты необходимо загрузить исходное изображение в программу (рис. 4). Загруженное изображения служит основой для отрисовки индексной карты.

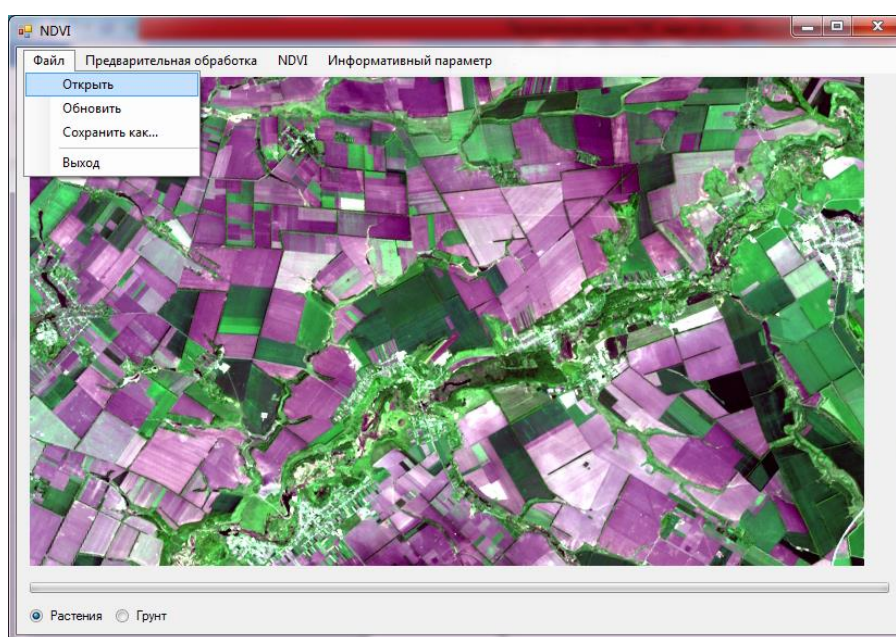


Рисунок 4 – Загрузка изображения



Следующим шагом является создание индексной карты (рис. 5).

Для построения индексной карты используются значения яркости в красном и ближнем инфракрасном диапазонах. В космических снимках со спутника Landsat 8 данным спектральным характеристикам соответствует 4 канал (0.630 - 0.680 мкм) и 5 канал (0.845 - 0.885 мкм) соответственно.

Вегетационный индекс NDVI принимает значения в диапазоне от -1 до 1, поэтому дополнительно было выполнено пересчет значений индекса NDVI в градации серого, где -1 соответствует значению яркости 255, а 1 – 0 соответственно.

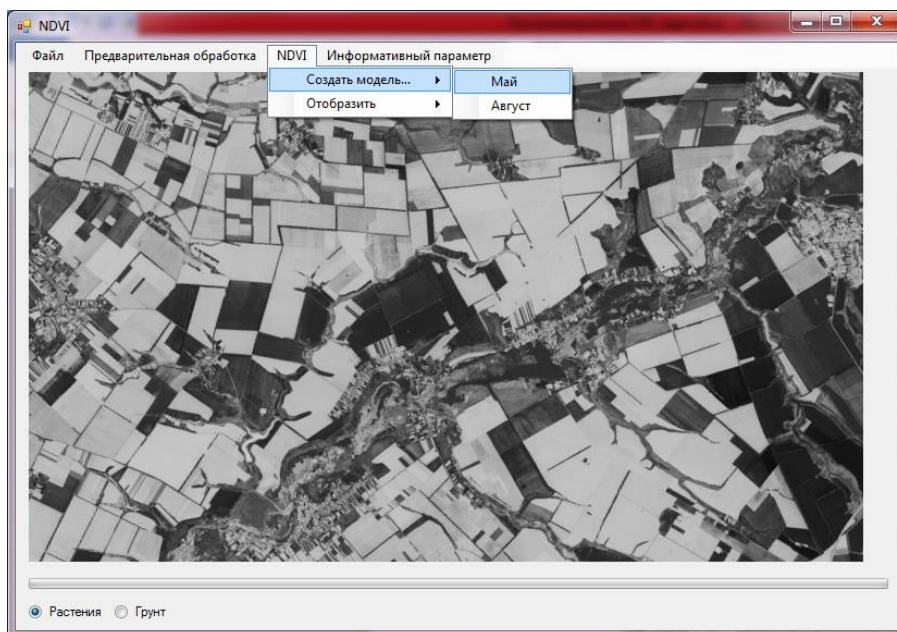


Рисунок 5 – Индексная карта NDVI

Завершающим этапом построения индексной карты является сохранение полученного результата, с указанием имени результата и директории, где будет сохранено изображение. Полученное изображение можно сохранять в разных графических форматах, которое также можно будет просматривать, применяя различные графические редакторы и просмотрщики.

После сохранения индексной карты – осуществляется фрактальная обработка изображения (рис. 6).

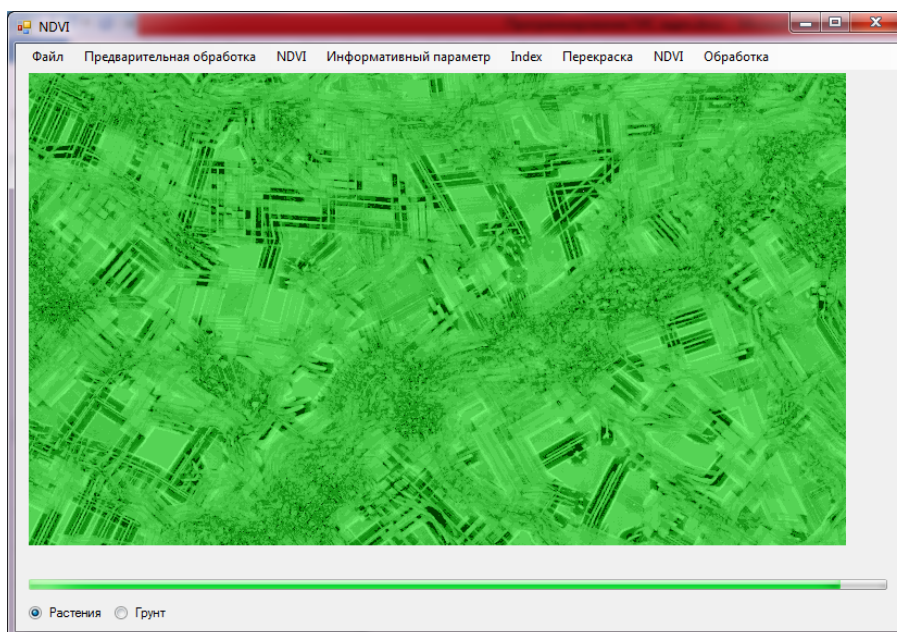


Рисунок 6 – Результат фрактальной обработки изображения

Пока что трудно сделать выводы о состоянии растений на полях, но и при этом результате уже можно отделить поля от населенного пункта. Также различимы границы полей, а неоднородности указывают на отличающееся состояние почв и растительного покрова.

При проведении дальнейших исследований предполагается создание и подключение векторного слоя для частного сельскохозяйственного предприятия «Дружба». Используя созданную векторную карту и севооборот предприятия, будет проведен анализ каждого поля с целью создания эталонных описаний за каждый период, соответствующий фенологическому календарю растительности.

Завершенный программный комплекс будет решать следующие задачи:

- контроль выполнения агротехнических мероприятий – обеспечит своевременное внесение химических и минеральных удобрений, а также средств химической борьбы с вредителями растений;

- выявление проблемных участков сельскохозяйственных растений – позволит своевременно принимать решение о природе возникшей проблемы и немедленно предпринимать действия о ее ликвидации;

- оценивать качество восхождения культур – данная оценка необходима для планирования агротехнических мероприятий, что позволит привлечь к производству минимальное количество техники.