

## ПОСТРОЕНИЕ ДЕСКРИПТОРОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА АЭРОФОТОСНИМКАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ

Е.А. Евкович, А.А. Дудкин, Е.Е. Марушко

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Минск

*Рассмотрены информативные признаки состояния растительности. Определены метод комбинирования информативных признаков многоспектральных изображений для оценки состояния сельскохозяйственной растительности, алгоритм построения комбинированных информативных признаков многоспектральных изображений, алгоритм построения дескрипторов объектов, характеризующихся вариативностью информационных признаков.*

### Введение

Точное земледелие является одним из базовых элементов ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве. Оно основано на применении геоинформационных технологий. Для их реализации необходимы программно-технические системы (приборы дистанционного зондирования сельскохозяйственных полей, программное обеспечение обработки данных и технические средства выполнения технологических операций), позволяющие выявить неоднородность поля в соответствии с потребностями полей.

Постоянный мониторинг состояния растительности невозможен без использования методов анализа состояния растительного покрова сельскохозяйственных полей по аэрофотоснимкам, которые являются основой для построения точных карт состояния растений и почв, автоматизированного выделения и идентификации различных типов сельскохозяйственных культур, оценки их развития и созревания, контроля возникновения и развития заболеваний растений.

Анализ состояния растительности базируется на решении двух основных задач: идентификации – выделения на исходных аэрофотоснимках однородных по некоторым признакам объектов, и классификации. Решение этих задач осложняется нечеткостью признаков, наличием мешающего фона, влиянием облачности и теней.

Дистанционные методы мониторинга сельскохозяйственных полей дают возможность оперативно выявить их участки, пораженные болезнью. Выявление заболевания на ранних стадиях развития значительно сокращает затраты труда и средств [1].

### 1. Вегетационные индексы

Важными информативными признаками состояния растительности, используемыми для оценки состояния растительности на основе многоспектральных изображений, являются различные вегетационные индексы.

Нормализованный относительный индекс биомассы NDVI – показатель количества фотосинтетически активной биомассы на земной поверхности. Для расчета индекса используются значения спектральной яркости в красном и ближнем инфракрасном спектрах [2].

Усовершенствованный вегетационный индекс EVI – улучшенный индекс биомассы растений, представляющий собой модификацию нормализованного относительного индекса растительности NDVI. При оценке состояния растений он имеет преимущества, поскольку влияние почвы и атмосферы в его значениях минимизировано.

Зеленый нормализованный разностный вегетационный индекс GNDVI – показатель фотосинтетической активности растительного покрова, наиболее часто используемый при оценке влагосодержания и концентраций азота в листьях растений.

Индекс листовой поверхности LAI – выраженная в квадратных сантиметрах площадь освещенных листьев на каждый квадратный сантиметр поверхности почвы [3].

## **2. Цветовые информативные признаки**

Кроме вегетативных индексов, можно выделить и цветовые характеристики растительности: цветовые диапазоны и цветовые гистограммы для растительности в различном состоянии.

Различные состояния растительности характеризуются различным цветом (здоровая растительность – зеленая, пораженная – желтая или бурая), который может быть получен на основании анализа изображений. Для снижения влияния условий освещения следует использовать цветовое пространство HSV вместо RGB. При этом цвет растительности характеризуется параметрами Hue и Saturation.

Помимо цветовых диапазонов, которые могут в значительной мере пересекаться, цвет растительности может быть описан в виде гистограммы, показывающей распределение значений цвета в диапазоне.

Текстурные (признаки Харалика) и фрактальные (размерность) характеристики позволяют за счет построения оценок характеристик небольших участков изображений оценить плотность растительности на том или ином участке поля.

Таким образом, комбинирование информативных признаков осуществляется на двух уровнях, определяемых решаемой задачей:

- составление карт посевов (участки с редкой растительностью, участки с густой растительностью, грунт);
- составление карт состояния растительности (участки с высокой урожайностью, очаги заболеваний, указание степени угнетения и старения растительности).

## **3. Алгоритм построения комбинированных информативных признаков для составления карт посевов**

Данный алгоритм предназначен для решения задачи обнаружения растительности (отделение растительности от почвы, определение участков низкой всхожести, поиск участков погибшей растительности) и использует нормализованный относительный индекс биомассы, текстурные и фрактальные характеристики.

Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Вычисление нормализованного относительного индекса биомассы NDVI.
2. Вычисление текстурных характеристик Харалика (Contrast, Entropy) для каждого из каналов мультиспектрального изображения поля.
3. Вычисление значения фрактальной размерности для различного масштаба.
4. Построение карты плотности биомассы на основе значений NDVI согласно таблице.
5. Построение карты плотности биомассы на основе текстурных характеристик Харалика.



6. Построение карты плотности биомассы на основе фрактальных размерностей разного масштаба.

7. Построение по полученным значениям карты посевов и объединение их операцией логического ИЛИ [4].

#### **4. Алгоритм построения комбинированных информативных признаков для составления карт состояния растительности**

Данный алгоритм предназначен для определения состояния растительности – разделения растительности по вегетативному состоянию и определения уровня поражения заболеваниями.

Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Вычисление усовершенствованного вегетационного индекса EVI.  
2. Вычисление зеленого нормализованного разностного вегетационного индекса GNDVI.

3. Вычисление индекса листовой поверхности LAI.

4. Проверка попаданий значений оттенка (Hue) и насыщенности (Saturation) в диапазоны значений.

5. Построение гистограммных характеристик для каналов R, G и B.

6. Определение областей, в которых индексы попадают в одинаковые интервалы.

7. Формирование карты посевов.

8. Маскирование карты, полученной на шаге 6 с помощью карты посевов.

В результате выполнения шагов алгоритма получается карта состояния посевов, в которой состояние описывается комбинацией индексов и интерпретируется в соответствии с задаваемыми интервалами значений индексов. В зависимости от требований конкретной решаемой задачи некоторые индексы, вычисляемые на шагах 1 – 5, могут быть исключены из карты состояния.

Построение дескрипторов объектов основано на использовании комбинированных информативных признаков многоспектральных изображений [5].

#### **5. Построение дескриптора на основе нечеткой логики**

Нечетким множеством  $A$  в некотором (непустом) пространстве  $X$ , что обозначается как  $A \subseteq X$ , называется множество пар  $A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\}$ , где  $\mu_A: X \rightarrow [0, 1]$  – функция принадлежности нечеткого множества  $A$ . Данная функция приписывает каждому элементу  $x \in X$  степень его принадлежности к нечеткому множеству  $A$ , при этом можно выделить три случая:

$\mu_A(x) = 1$  – означает полную принадлежность элемента  $x$  к нечеткому множеству  $A$ , т. е.  $x \in A$ ;

$\mu_A(x) = 0$  – означает отсутствие принадлежности элемента  $x$  к нечеткому множеству  $A$ , т. е.  $x \notin A$ ;

$0 < \mu_A(x) < 1$  – означает частичную принадлежность элемента  $x$  к нечеткому множеству  $A$ .

Основная проблема распознавания данных заключается в том, что характеристики вариативности (текстурные и фрактальные) и информативные признаки (индексы биомассы) могут иметь пересекающиеся диапазоны. Отсюда следует, что четкое определение характеристик кластеров затруднено и может варьироваться. Поэтому выделяются две задачи: формирование кластеров и дескрипторов объектов с использованием нечеткого описания и классификация нечетких дескрипторов.

Алгоритм подготовки построения нечетких дескрипторов объектов состоит из следующих шагов:

1. Вычисление комбинированных информативных признаков многоспектральных изображений.

2. Сегментация исходных изображений на основании вычисленных на шаге 1 информативных признаков.

3. Классификация сегментов.

4. Вычисление текстурных и фрактальных характеристик для каждого класса.

5. Вычисление среднего значения характеристик и информативных признаков для каждого класса.

Алгоритм вычисления нормализованных расстояний имеет следующий вид:

1. Вычисление расстояния значений характеристик и признаков объектов до среднего значения каждого класса.

2. Нормализация значения расстояний, чтобы их сумма была равна единице.

Полученное множество нормализованных расстояний и является нечетким дескриптором объекта.

### **Заключение**

Метод комбинирования информативных признаков многоспектральных изображений для оценки состояния сельскохозяйственной растительности строится на совместном использовании данных видимого диапазона и ряда вегетационных индексов, вычисляемых по изображениям в видимой и инфракрасной областях спектра, а также цветковых и текстурных характеристик.

Алгоритмы построения комбинированных информативных признаков многоспектральных изображений, основанные на совместном использовании ряда вегетационных индексов, вычисляемых на базе видимого и ближнего инфракрасного спектров, цветковых и текстурных характеристик изображений, предназначены для оценки состояния сельскохозяйственной растительности и подготовки различных тематических карт для задач точного земледелия.

Алгоритм построения дескрипторов объектов, характеризующихся вариативностью информационных признаков, может использоваться для сегментации и распознавания изображений в системах мониторинга состояния и прогнозирования урожайности сельскохозяйственной растительности.

### **Список литературы**

1. Беляев, Б.И. Оптическое дистанционное зондирование / Б.И. Беляев, Л.В. Катковский. – Минск : БГУ, 2006. – 455 с.

2. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS / J.W. Rouse [et al.] // In 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351 I. – 1973. – P. 309–317.

3. Sang-Il, Na. Estimating Leaf Area Index of Paddy Rice from RapidEye Imagery to Assess Evapotranspiration in Korean Paddy Fields / Na. Sang-Il [et al.] // Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. – Vol. 46, iss. 4. – 2013. – P. 245–252.

4. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS / A.R. Huete [et al.] // Remote Sensing of Environment. – Vol. 59, iss. 3. – 1997. – P. 440–451.

5. Зверев, Г. Теоретическая информатика и ее основания / Г. Зверев. – М. : Физматлит, 2007. – 592 с.