



А.В. Галицкая, Е.В. Симонова

## МЕТОД КАЛИБРОВКИ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СНИМКОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

(Самарский университет)

### Введение

Современное сельское хозяйство в мире и в России все больше переориентируется на интенсивный тип развития, одним из наиболее перспективных инструментов которого является точное земледелие. Одним из способов оценки состояния полей является использование мультиспектральных снимков и расчет вегетационных индексов.

### Постановка задачи

При мультиспектральной съемке каждый пиксель изображения – это интенсивность отраженного света при определенной длине волны. Для проведения измерений и расчетов в дистанционном зондировании, главным образом, в сельском хозяйстве, биологии и других геонауках, может использоваться NDVI – нормализованный относительный вегетационный индекс [1]:

$$NDVI = \frac{nir - red}{nir + red}$$

где *nir* – интенсивность отраженного света в ближнем инфракрасном свете,  
*red* – интенсивность отраженного света в видимом красном.

Индекс может принимать значения от -1 до 1. Области без растительности, (бесплодная земля, скалы, песок) показывают очень низкие значения NDVI (менее 0,1), районы низкой и редкой растительности, такие как кустарники и травы, показывают значения в диапазоне 0,2-0,5, а деревья во время их пиковой стадии роста показывают самый высокий диапазон (0,6-0,9), вода показывает отрицательные значения NDVI.

Важно проводить точный расчет индексов, т.к. знания о связи структуры и состояния растительности с ее спектральными отражательными способностями позволяют использовать снимки для картографирования и идентификации типов растительности и их стрессового состояния.

Поэтому при получении снимков с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) возникает необходимость их калибровки, чтобы учесть влияние интенсивности света, атмосферных условий и характеристик датчика.

### Метод решения

Калибровка – это процедура корректировки значений пикселей с учетом условий съемки. В данной работе для расчета параметров калибровки использовалась калибровочная пластина, содержащая четыре поверхности с известными спектральными характеристиками, фирмы MAPIR [2]. Значения отражательной способности для длин волн, соответствующих 660 нм и 850 нм (красный и инфракрасный соответственно), для каждой из поверхностей представлены в таблице 1.



Таблица 1. Спектральные характеристики целевых поверхностей

Длина волны, нм	Белая (83%)	Светло серая (27%)	Темно серая (21%)	Черная (2%)
660	87,21	26,23	19,83	1,93
850	86,20	27,62	22,93	1,94

Для проведения калибровки необходимо перед каждой съемкой сделать отдельный снимок калибровочной пластины (рисунок 1).

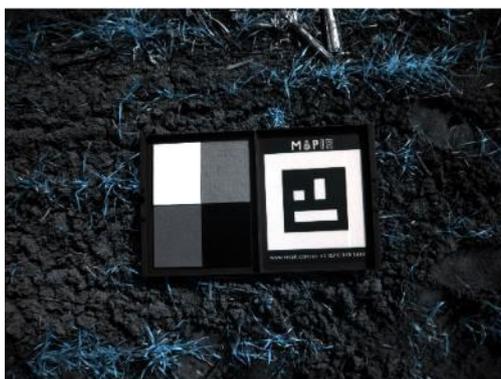


Рисунок 1 – Снимок калибровочной пластины, содержащей четыре поверхности с известными спектральными характеристиками

Алгоритм работы метода калибровки заключается в следующем:

1. Исходными данными для работы алгоритма являются папка с необработанными изображениями, полученными после проведения съемки (диапазон значений пикселей в изображениях от 0 до 65535), а также снимок с калибровочной пластиной.

2. Учитывая пластину с известными значениями отражения  $R_1, R_2, R_3, R_4$  и значения необработанных пикселей  $I_1, I_2, I_3, I_4$  мультиспектрального изображения, строятся линейные зависимости. Характеристики линейной функции ( $K$  и  $b$ ) определяются с помощью линейной регрессии [3]:

$$R = KI + b$$

3. Если снимок с калибровочной пластиной не указан, программа автоматически будет использовать заранее заданные значения коэффициентов.

4. Полученные параметры применяются к любому изображению (рисунок 2) для преобразования из необработанных пикселей в коэффициент отражения для каждого канала.

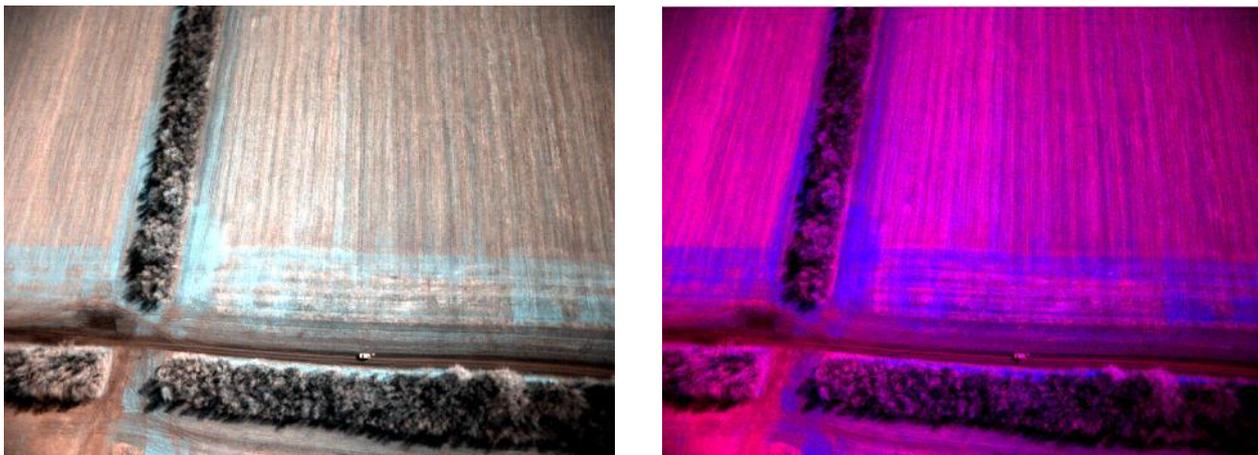


Рисунок 2 – Исходный (слева) и откалиброванный снимок поля (справа) в красном и ближнем инфракрасном спектре

Полученные значения отражательной способности могут быть использованы для расчета NDVI:

$$\begin{aligned}R_{nir} &= K_{nir}I_{nir} + b_{nir} \\ R_{red} &= K_{red}I_{red} + b_{red}\end{aligned}$$

На рисунке 3 приведены результаты расчета NDVI для снимка, откалиброванного с использованием калибровочной пластины и без нее соответственно.

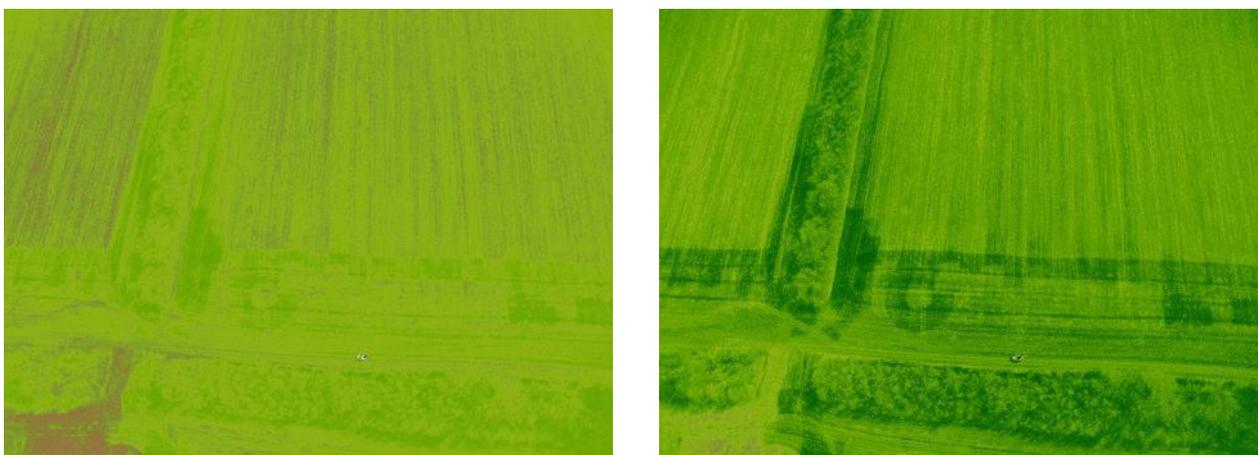


Рисунок 3 – Индексное изображение NDVI, полученное из откалиброванного с использованием калибровочной пластины (слева) и без нее (справа) снимка поля

Как видно из снимков, изображение справа дает более высокое значение индекса по сравнению с левым, что приводит к неправильной оценке состояния растительности в целом. Причем разница индексов для растительности более существенна, чем для голы почвы. Примеры полученных значений NDVI приведены в таблице 2.



Таблица 2. Значения NDVI, полученные для откалиброванных изображений

Тип объекта	Калибровка с пластиной	Калибровка без пластины
растительность	0.285373	0.469046
	0.338265	0.590802
	0.279819	0.455965
	0.2987225	0.498085
почва	0.15283	0.201009
	0.127434	0.15512
	0.1116615	0.127208
	0.136253	0.170606

### Заключение

Был разработан метод калибровки снимков, полученных с БПЛА, и алгоритм его реализации как один из этапов предварительной обработки снимков. В дальнейшем планируется разработка алгоритма для обработки затененных областей на снимках. Указанные алгоритмы будут использоваться в автоматизированной системе обработки мультиспектральных снимков БПЛА.

### Литература

1. Черепанов, А.С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы [Текст] / А.С. Черепанов, Е.Г. Дружинина// Геоматика. – 2009. - №3. С. 28.
2. MAPIR Camera Reflectance Calibration Ground Target Package (V2) [Электронный ресурс]. – <https://www.mapir.camera/products/mapir-camera-reflectance-calibration-ground-target-package-v2>
3. Основы линейной регрессии [Электронный ресурс]. – <http://statistica.ru/theory/osnovy-lineynoy-regressii/>

В.А. Галузин, Е.В. Симонова

## ПОДСИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ЦЕЛЕВОЙ АППАРАТУРЫ ГРУППИРОВКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ОБШИРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева)

### Введение

Одной из перспективных тенденций в области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является создание космических систем, включающих в свой состав группировку космических аппаратов (КА), различных по характеристикам бортовой аппаратуры [1, 2].