

Оценка возможности распознавания сельскохозяйственных культур на основе спутниковых данных и биофизической модели развития растений

Хвостиков С.А., Плотников Д.Е., Барталев С.А.

khvostikov@d902.iki.rssi.ru



Введение

Распознавание сельскохозяйственных культур по данным ДЗЗ требует сбора большого объема опорных данных и их регулярного обновления;

В качестве альтернативного метода получения опорных данных может быть использован подход, основанный на построении эталонов динамики с.х. культур по биофизическим моделям;

Сравнение данных, полученных на основе спутникового мониторинга, с эталонным временным рядом параметров растительности может позволить определить поля, наиболее вероятно засеянные различными культурами;

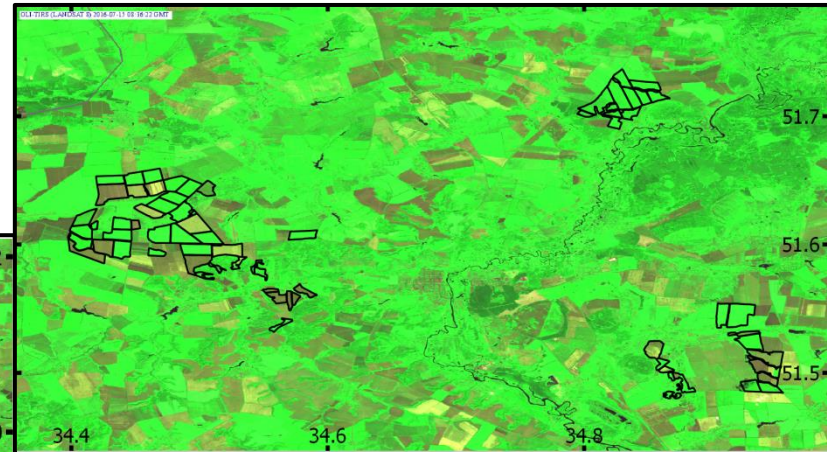
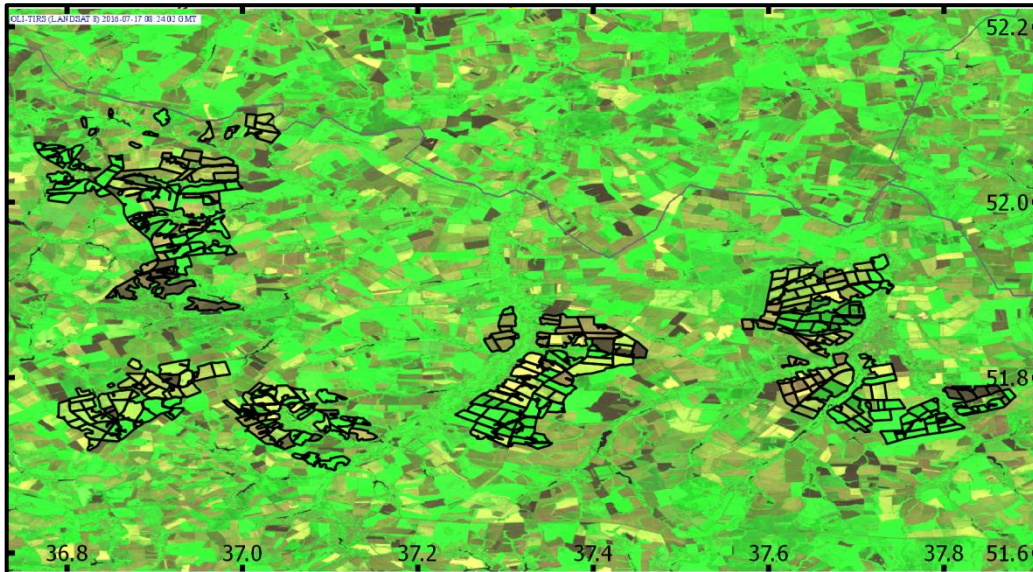
Детектированные по эталонам поля могут быть использованы в качестве обучающей выборки при дальнейшей классификации.

Область исследования

Исследование проводилось в Курской области на 6 хозяйствах, для которых были доступны наземные данные. Наземные данные включали в себя тип культур, даты сева, различных фенологических фаз и уборки.

Исследования проводились для 5 основных культур:

- Озимая пшеница
- Ячмень
- Подсолнечник
- Соя
- Кукуруза



Данные за 2007-2016 годы для одного хозяйства (54 поля).

Данные за 2016 год для 6 хозяйств (419 полей).

Модель

Для моделирования использовалась биофизическая модель WOFOST:

Воспроизводит процессы фотосинтеза, эвапотранспирации, дыхания и развития отдельных органов растения;

Оценивает динамику основных параметров растения с момента даты сева и до его созревания;

На вход принимает данные о климате, почве, параметрах растения и дате сева;

Дает информацию о биомассе растения и отдельных его частей, индексе листовой поверхности (LAI), стадиях развития, влажности почвы.

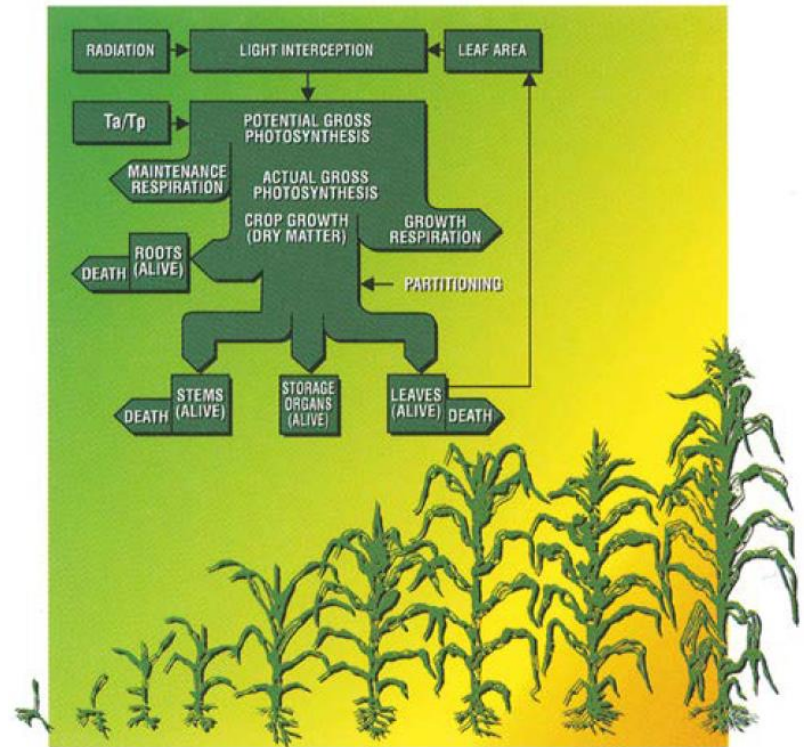


Иллюстрация из работы H.L. Boogaard, A.J.W. De Wit, J.A. te Roller, C.A. Van Diepen, 2014. *WOFOST CONTROL CENTRE 2.1; User's guide for the WOFOST CONTROL CENTRE 2.1 and the crop growth simulation model WOFOST 7.1.7.* Wageningen (Netherlands), Alterra, Wageningen University & Research Centre.

Данные

Использовались метеорологические данные, включающие в себя следующие параметры – минимальная и максимальная температура за день, осадки, скорость ветра, входящая солнечная радиация.

Данные спутникового аппарата MODIS использовались для оценки проективного покрытия растений по формуле:

$$PCover_{NIR} = \frac{R - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}}$$

где максимальные и минимальные значения в ближнем инфракрасном канале определялись по многолетним архивам данных ДЗЗ.

Проективное покрытие пересчитывалось в LAI по формуле:

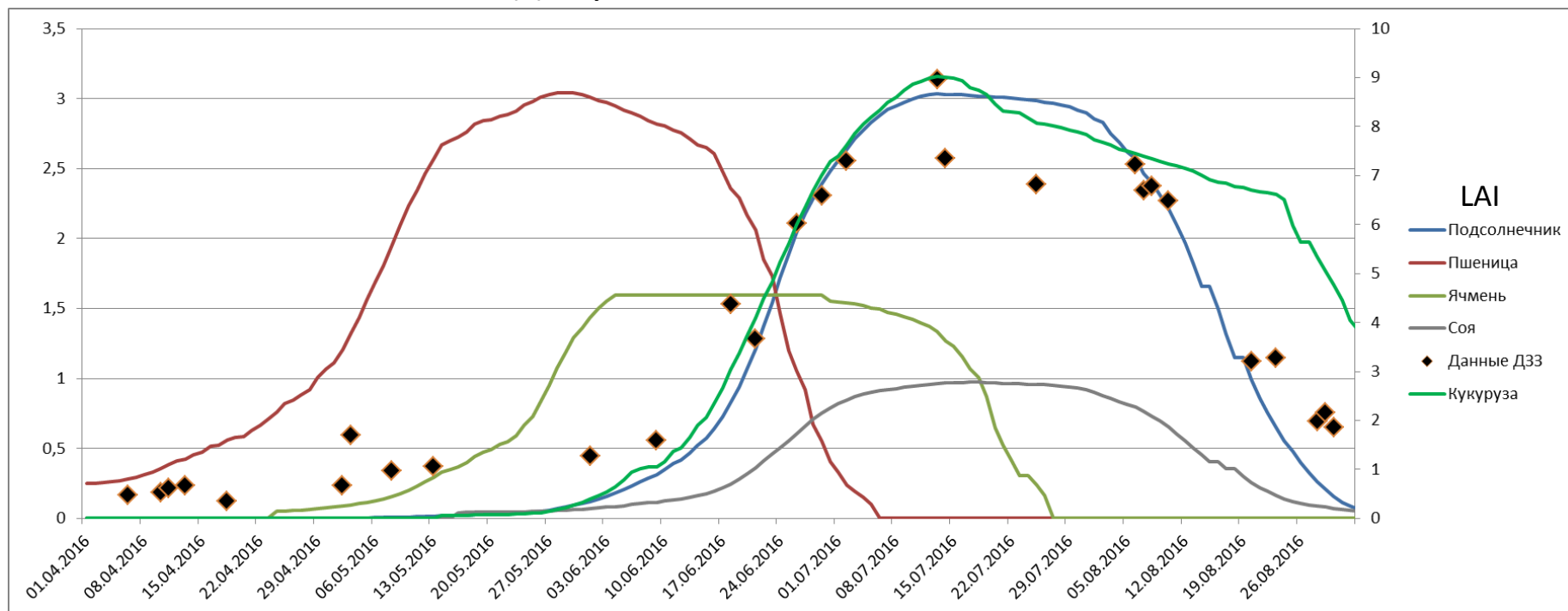
$$LAI = -\log(1 - FCover) / 0,6$$

Даты сева были определены по наземным данным.

Настройка модели

Настройка модели осуществлялась по данным за 2011-2014 годы на территории хозяйства Михайловское;

Настройка была успешно осуществлена для всех 5 культур, соответствие между динамикой LAI по модели и ДЗЗ увеличилось.



Динамика LAI для поля подсолнечника в хозяйстве Никульское по модельным эталонам и данным ДЗЗ

Анализ схожести данных ДЗЗ и модели

Предлагается следующий подход определения типа культуры на поле, основанный на анализе совпадения динамики данных ДЗЗ и модельных эталонов:

Для поля строятся эталоны каждой исследуемой культуры;

Происходит сравнение полученных эталонов с фактическими данными ДЗЗ на основе значения корреляции их временных рядов;

Дополнительно для каждой культуры происходит варьирование даты сева с целью достижения наилучшего совпадения дистанционных и модельных индикаторов;

Поле может быть отнесено к одной из культур в случае, если наблюдается высокая корреляция с ее эталоном, и при этом значительно более низкая корреляция с эталонами других культур.

Определение типа культуры

Поле относилось к одной из культур если: корреляция с эталоном выше 0,8, не менее 10 точек для оценки корреляции и корреляции с остальными эталонами меньше по крайней мере на 0,05.

Была проведена оценка культуры для 419 полей 6 хозяйств в 2016 году. Культура была успешно определена на 105 полях, точность определения составила 79%.

	Ячмень	Кукуруза	Соя	Подсолнечник	Пшеница	Другие	Producer accuracy
Ячмень	32	0	0	0	2	0	0,94
Кукуруза	1	13	2	0	0	0	0,81
Соя	0	2	1	0	0	0	0,33
Подсолнечник	0	0	1	7	0	0	0,88
Пшеница	1	0	0	0	21	0	0,95
Другие	5	0	0	3	3	0	0,00
User accuracy	0,94	0,87	0,25	1,00	0,91	1,00	0,79

Подход классификации

Для определения культур на остальных полях может использоваться метод классификации;

Для классификации использовались разновременные изображения, полученные по данным спутников Landsat 8 и Sentinel 2;

Спутниковые данные огрублялись до разрешения 100 метров;

Классификация проводилась с помощью метода случайных лесов;

Результаты агрегировались на уровне контуров полей, полученных по наземным данным.

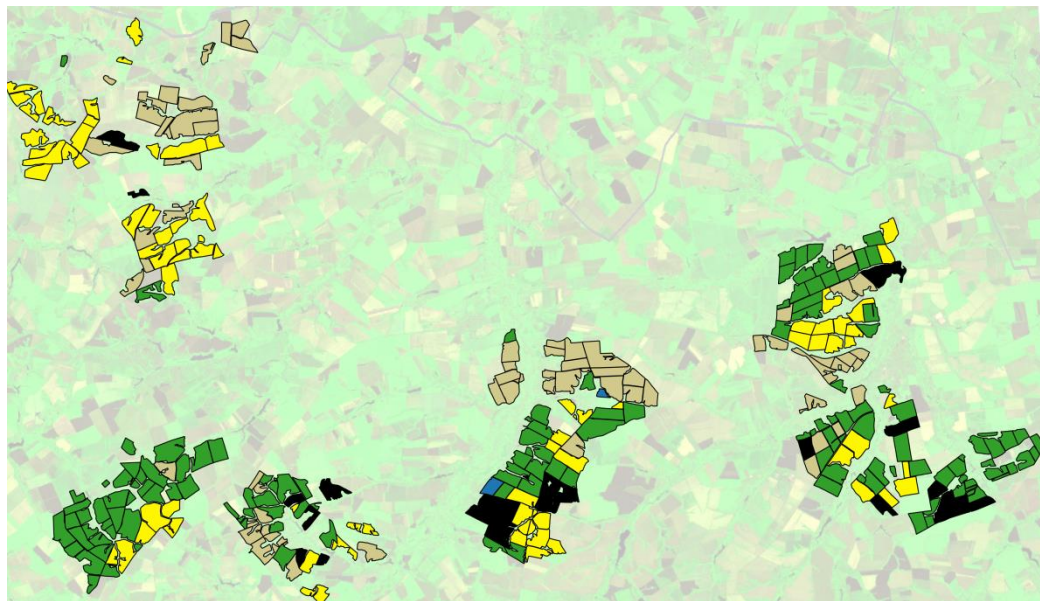
Спутник	Даты
Sentinel 2 (MSI) 9 каналов	2016-04-18
	2016-06-18
	2016-06-21
	2016-07-01
	2016-07-14
	2016-08-07
	2016-08-20
	2016-08-23
	2016-08-30
2016-09-12	
Landsat 8 (OLI-TIRS) 5 каналов	2016-07-01
	2016-07-15
	2016-07-17
	2016-09-01

Классификация (контура полей наземных данных)

На основе полученной выборки была произведена классификация области исследования;

Анализ точности проводился на 255 полях в 4 хозяйствах;

Результаты указывают на наличие погрешностей для всех культур.



	Ячмень	Кукуруза	Соя	Подсолнечник	Пшеница	Producer accuracy
Ячмень	69	0	0	0	1	0,99
Кукуруза	6	42	1	0	0	0,86
Соя	15	16	1	0	0	0,03
Подсолнечник	0	14	0	12	0	0,46
Пшеница	13	0	0	1	64	0,82
User accuracy	0,67	0,58	0,50	0,92	0,98	0,74



Построение эталонной выборки

Расширение опорной выборки на все поля сельскохозяйственной растительности в области исследования может позволить сбалансировать число элементов каждой культуры и повысить точность классификации;

Была проведена сегментация, в результате которой в области исследования было получено около 4000 сегментов площадью свыше 30 га [1];

Для 190 сегментов на основе сравнения модельных эталонов и данных ДЗЗ был успешно определен тип культуры. В новую выборку попало почти равное количество сегментов разных культур.

[1] Метод сегментации описан в работе:

Плотников Д.Е. Метод сегментации временной серии спутниковых изображений // Двенадцатая всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". Москва. ИКИ РАН, 10-14 ноября 2014. Тезисы докладов, 2014. С. 375.

Классификация (сегментация)

Классификация и анализ точности проводился как и ранее;

Результаты показывают высокий уровень точности для большинства культур;

Наблюдается перепутывание сои и подсолнечника.



	Ячмень	Кукуруза	Соя	Подсолнечник	Пшеница	Producer accuracy
Ячмень	69	0	0	0	1	0,99
Кукуруза	0	49	0	0	0	1,00
Соя	0	1	15	15	1	0,47
Подсолнечник	0	1	18	8	0	0,30
Пшеница	6	0	0	1	71	0,91
User accuracy	0,92	0,96	0,45	0,33	0,97	0,83

- Кукуруза
- Подсолнечник
- Соя
- Ячмень
- Озимая пшеница

Заключение

Предложенный подход может быть использован для построения опорной выборки при решении задачи картографирования сельскохозяйственных культур. Потенциально подход требует меньшего объема наземных данных и меньшей регулярности их получения.

Применение подхода требует определения области применимости эталонов, настроенных на локальных данных.

Дальнейшее развитие подхода может основываться на совмещении биофизических моделей растительности и моделей радиационного переноса для анализа динамики различных дистанционных индикаторов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, контракт 14.616.21.0063, уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI61615X0063