

## **Метод получения информации о местах произрастания сельскохозяйственных культур на основе хода индекса NDVI на поле**

А. В. Кашницкий, А. А. Антошкин, П. В. Денисов, В. А. Толпин, К. А. Трошко

Двадцать первая международная конференция  
“Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса”  
13 – 17 ноября 2023 г.

# Введение

При проведении дистанционного мониторинга в области сельского хозяйства часто возникают различные прикладные задачи, в которых без масштабных наземных обследований нужно получить независимую информацию о местах произрастания сельскохозяйственных культур (или их типов) на полях. В независимом получении такой информации заинтересованы органы исполнительной власти, сельхозпроизводители, научные организации.

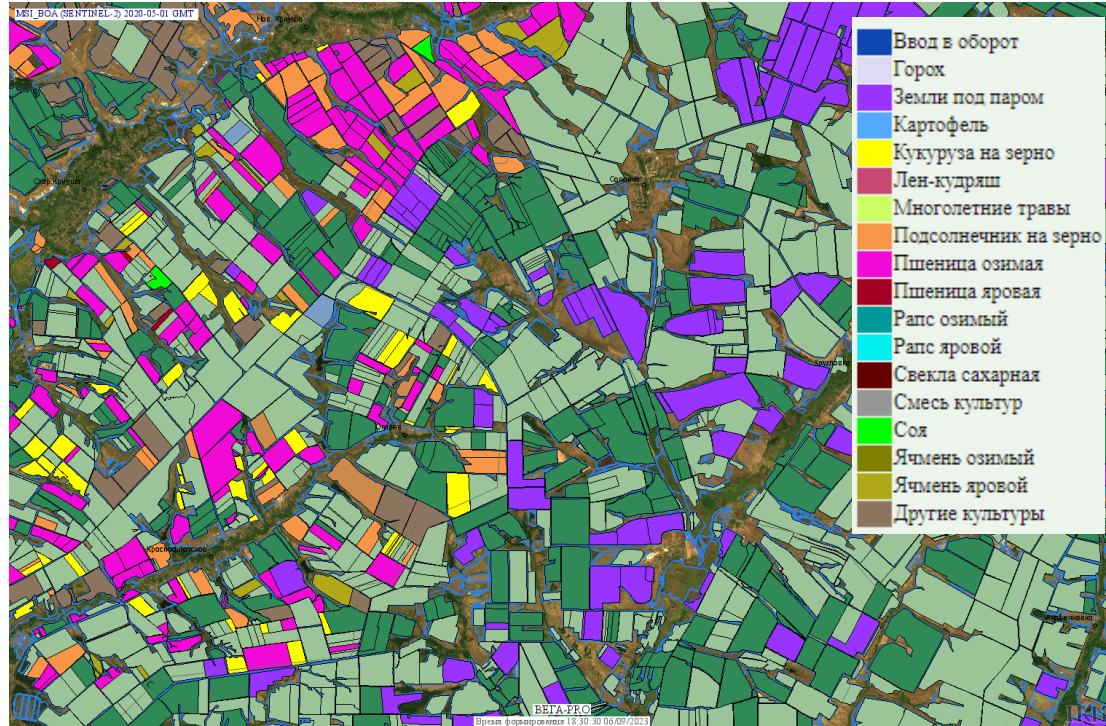


Поля с различными сельскохозяйственными культурами: пшеница, соя, рапс

В данной работе описываются разработанные в ИКИ РАН методы верификации и классификации информации о местах произрастания сельскохозяйственных культур (или их типов) на полях, основанные на анализе хода среднего значения индекса NDVI в течение сезона.

# Введение

В качестве входной информации выступают контура полей и наземная или экспертная информация о культурах на полях. В каждом случае набор, полнота и качество имеющейся наземной информации сильно различается, она может быть недостоверна и неполна. Например, имеющаяся у органов исполнительной власти информация о типах сельскохозяйственных культур в отдельных районах может содержать в рамках одного класса ошибки, превышающие половину всей выборки по данному классу.



Пример имеющейся информации о произрастающих культурах на полях, отображенных на карте разными цветами. Подложка – композитное изображение. Синими контурами отображены поля без разметки.

В основе подхода лежат две гипотезы:

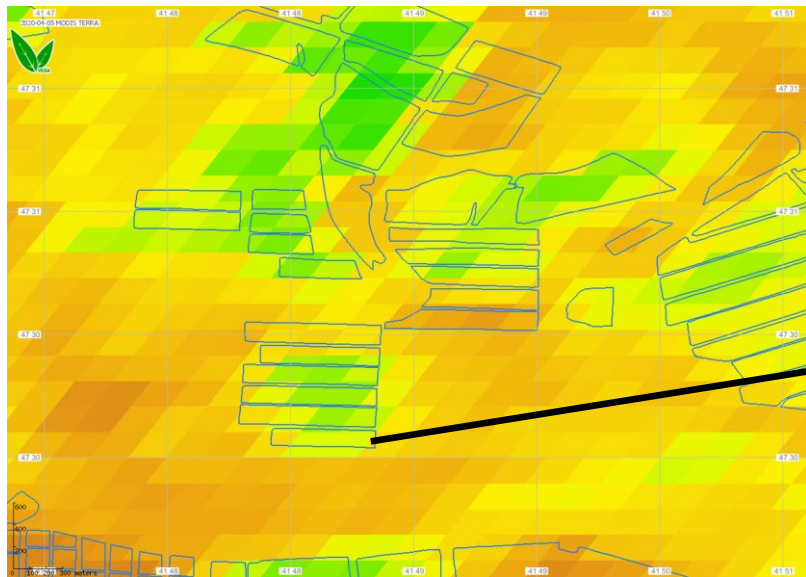
1. Полученный по спутниковым данным ход индекса NDVI различен у разных культур (или групп культур). В случае одинакового хода для разных культур они считаются неразделимыми и учитываются как одна.
2. Все поля с одной культурой (или группой культур) ведут себя одинаково в пределах локальной территории (района).

Вне зависимости от особенностей имеющейся наземной информации, разработанный подход предполагает следующие основные операции:

1. Расчет для каждого поля средних значений и формирование рядов хода NDVI в течение сезона по спутниковым данным.
2. Выделение основных трендов на основе кластеризации.
3. Сопоставление трендов и культур по входной информации или с помощью эксперта.
4. Поиск ошибок во входных данных.
5. Классификация культур на неразмеченных полях (с отсутствующей информацией о культурах).

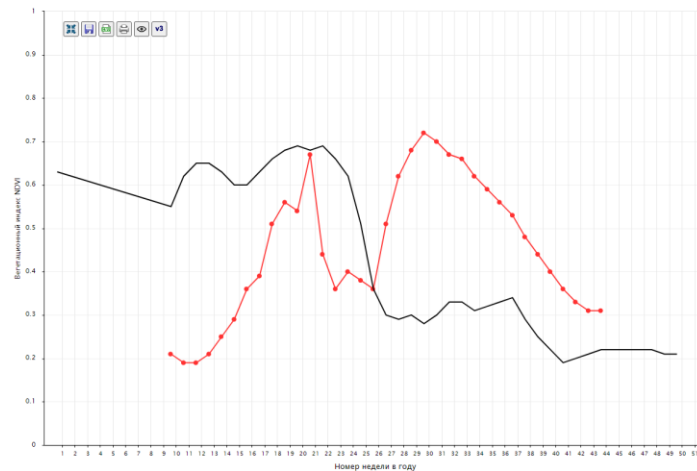
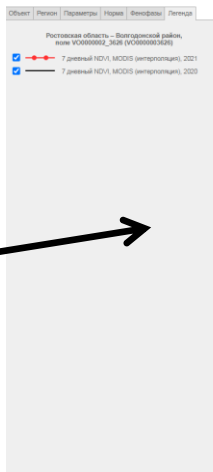
# Расчет хода NDVI в течение сезона по спутниковым данным

Ряды NDVI на полях в течение сезона вегетации формируются в базовом варианте по данным прибора MODIS (спутники AQUA и TERRA). Используются сглаженные интерполированные ежедневные или семидневные ряды композитных изображений индекса NDVI. Также в отдельных случаях возможно формирование рядов по данным приборов MSI (спутники серии Sentinel-2), KMCC (спутники серии Метеор), VIIRS (спутники серии NOAA, Suomi NPP).



Пример восстановленных безоблачных ежедневных изображений NDVI (MODIS), анимация с шагом 7 дней

Такой расчет проводится по всем полям выборки в автоматическом режиме



Полученные по этим данным графики осреднённого NDVI на поле в течении сезона вегетации (два разных года)

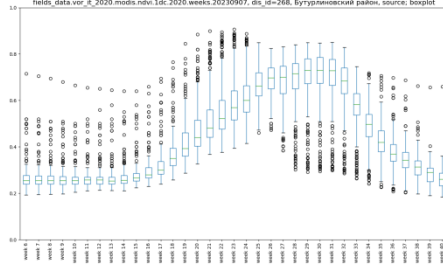
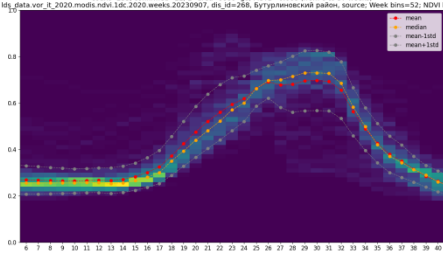
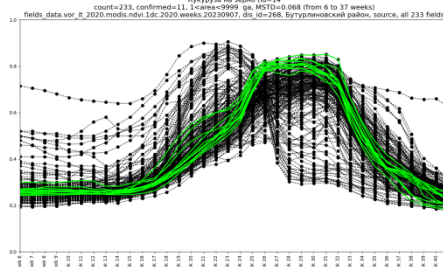
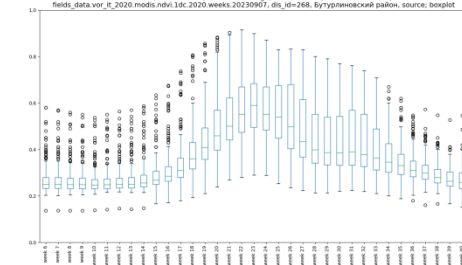
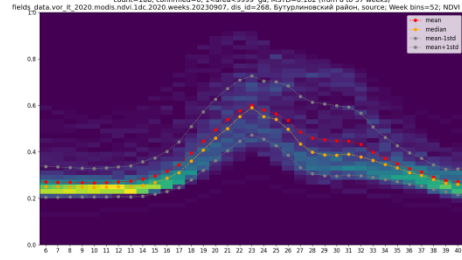
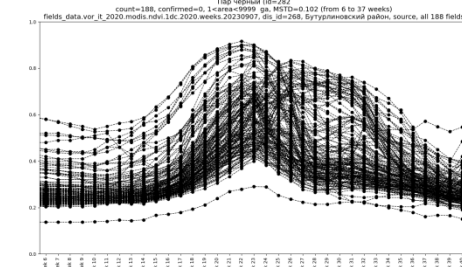
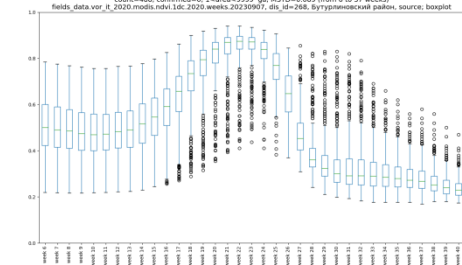
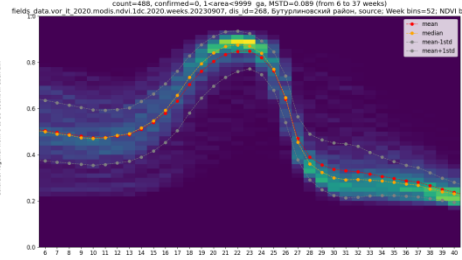
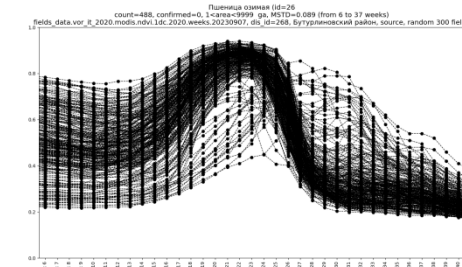
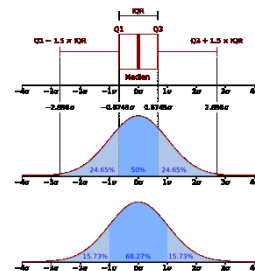


# Примеры графиков хода NDVI у разных культур выборки

Графики на всех полях, зеленым - гарантированные

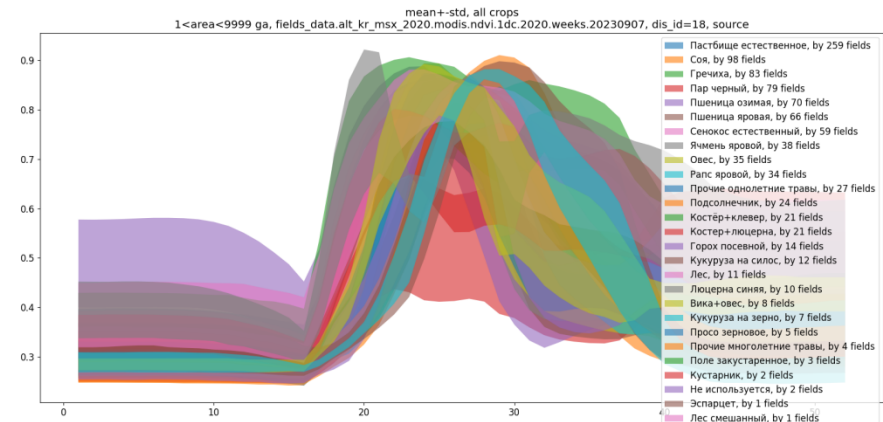
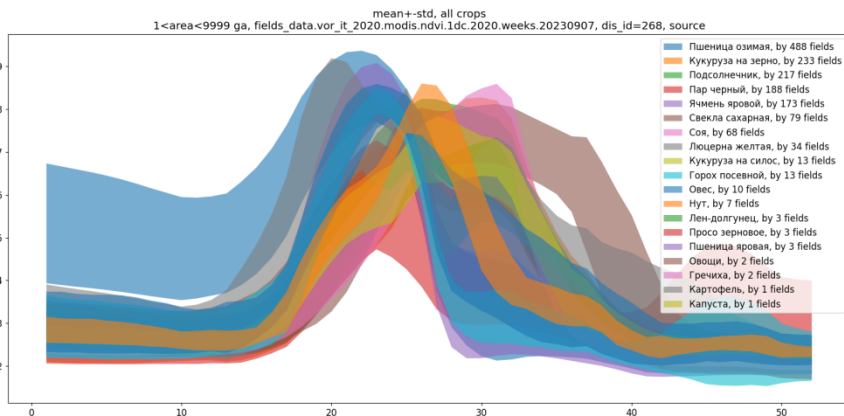
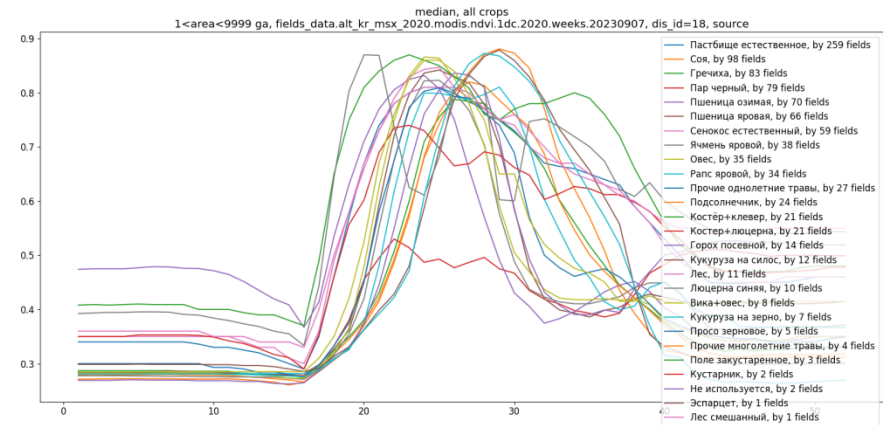
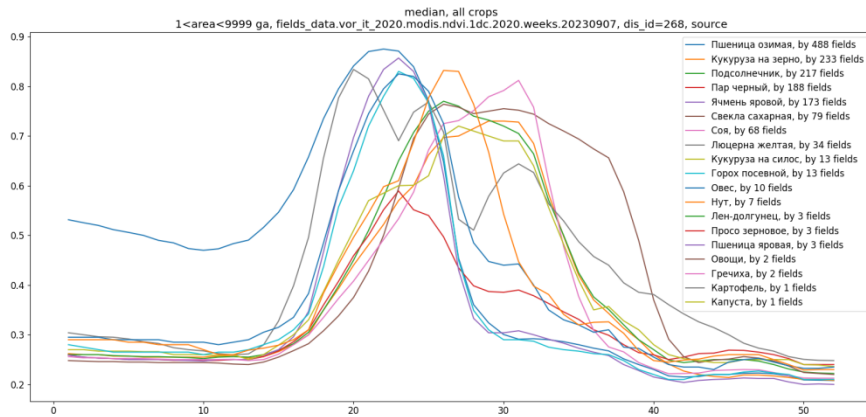
2D гистограмма

box plot



Примеры культур выборки по одному району Воронежской области, 2020 год

# Примеры графиков хода NDVI у разных культур выборки

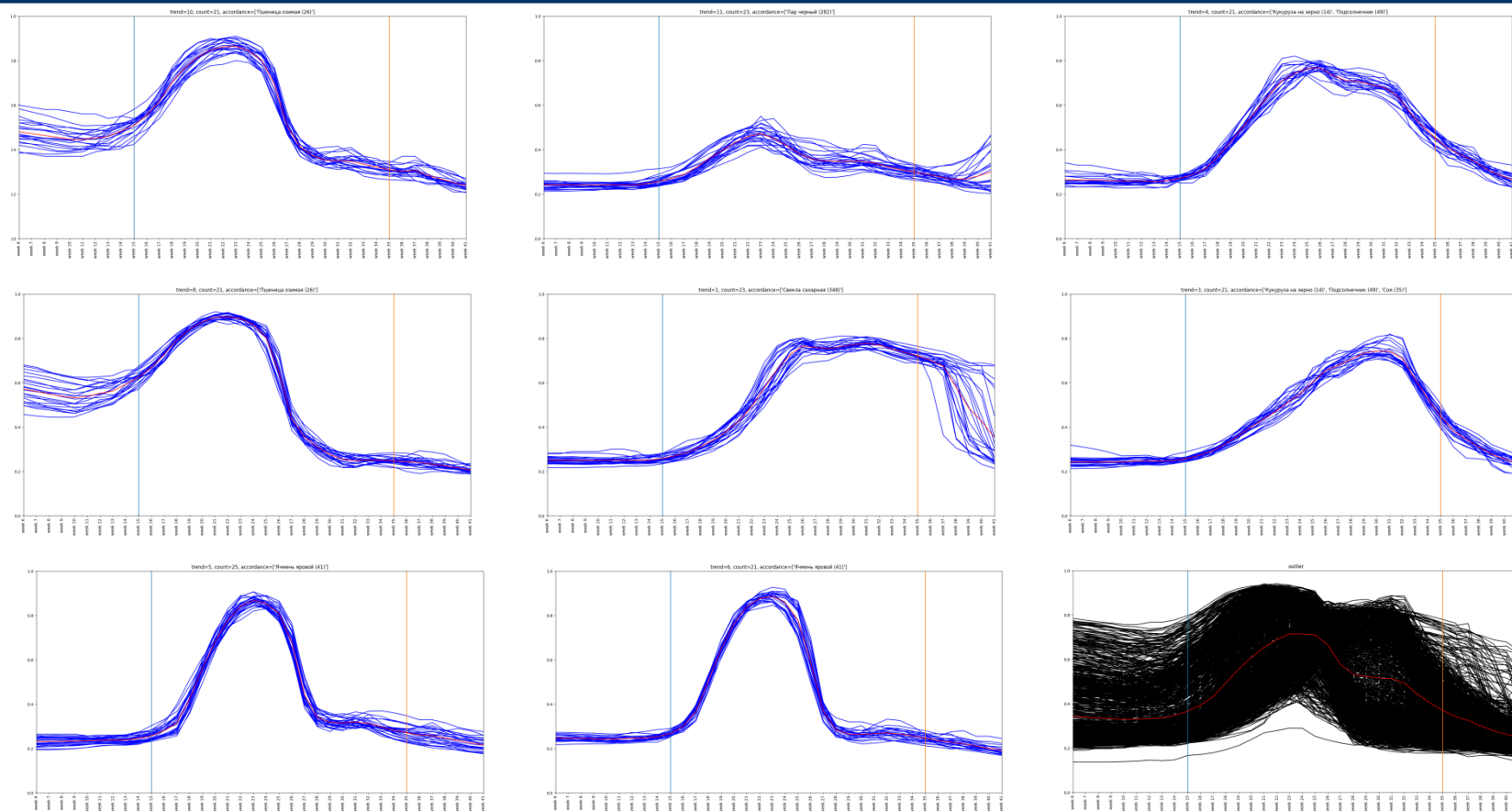


Примеры медианных и средних с разбросом для культур из выборки по одному району Воронежской области, 2020 год

Примеры медианных и средних с разбросом для культур из выборки по одному району Алтайского Края, 2020 год



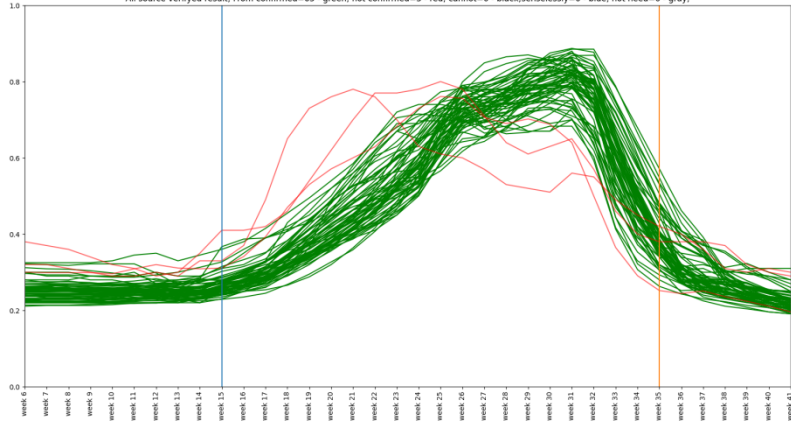
# Выделение основных трендов выборки и их сопоставление с культурами (типами культур)



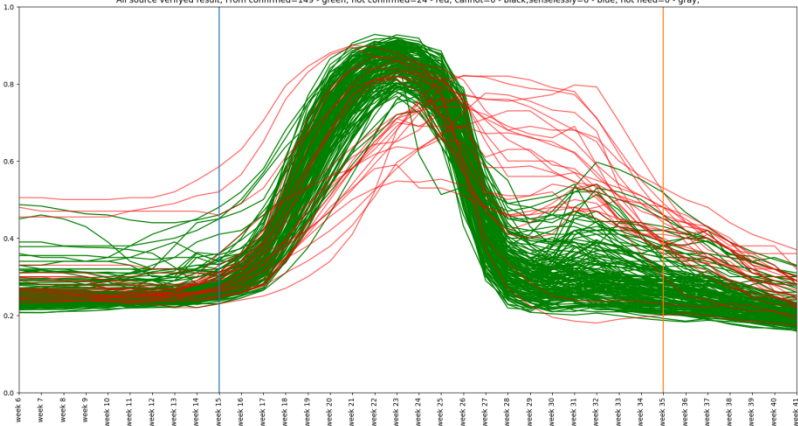
Примеры выделенных трендов, ассоциированных с разными культурами (выборка по Воронежской области)

# Поиск ошибок в выборке

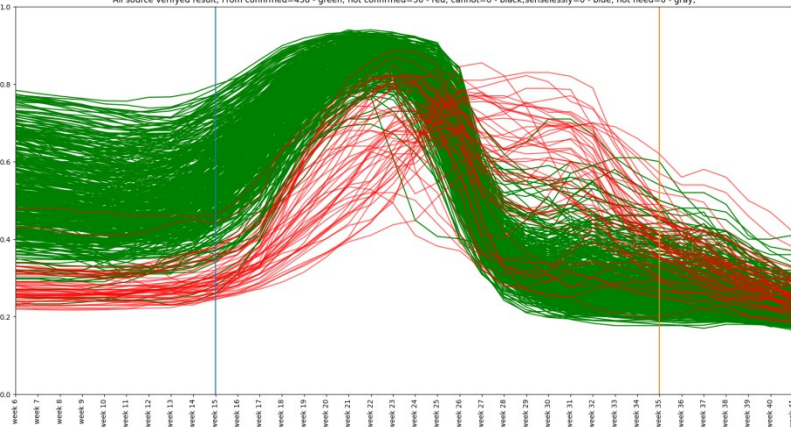
Соя (id=35)  
fields\_data\_vor\_it\_2020.modis.ndvi.1dc.2020.weeks.20230907, dis\_id=268, dis\_name=Воронежская область\_Бутурлиновский район, area=[1, 9999]  
All source verified result: From confirmed=65 - green; not confirmed=3 - red; cannot=0 - black; senselessly=0 - blue; not need=0 - gray;



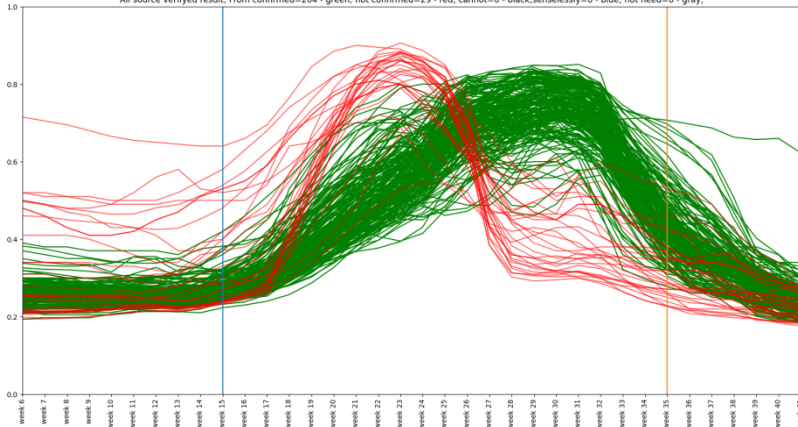
Ячмень яровой (id=41)  
fields\_data\_vor\_it\_2020.modis.ndvi.1dc.2020.weeks.20230907, dis\_id=268, dis\_name=Воронежская область\_Бутурлиновский район, area=[1, 9999]  
All source verified result: From confirmed=149 - green; not confirmed=24 - red; cannot=0 - black; senselessly=0 - blue; not need=0 - gray;



Пшеница озимая (id=26)  
fields\_data\_vor\_it\_2020.modis.ndvi.1dc.2020.weeks.20230907, dis\_id=268, dis\_name=Воронежская область\_Бутурлиновский район, area=[1, 9999]  
All source verified result: From confirmed=438 - green; not confirmed=50 - red; cannot=0 - black; senselessly=0 - blue; not need=0 - gray;

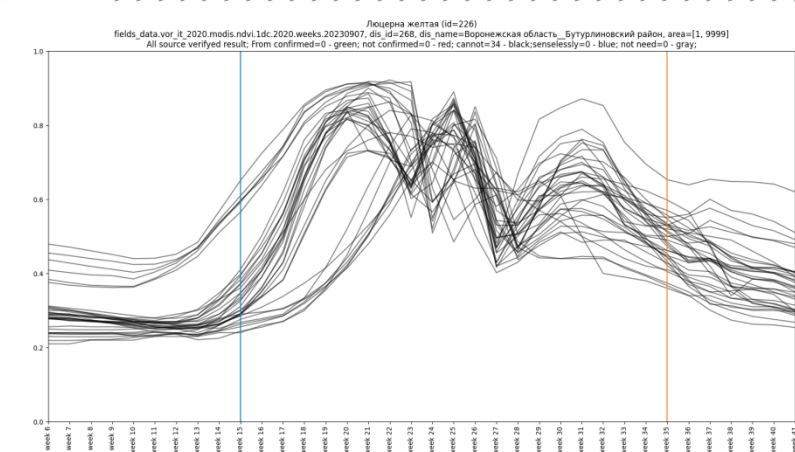
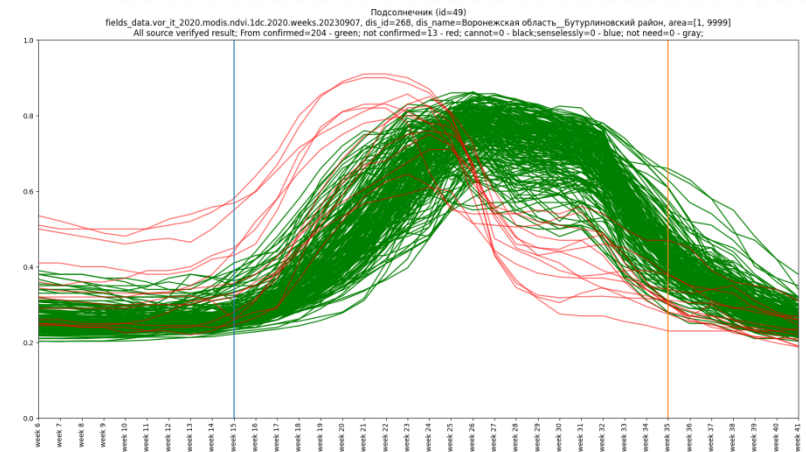
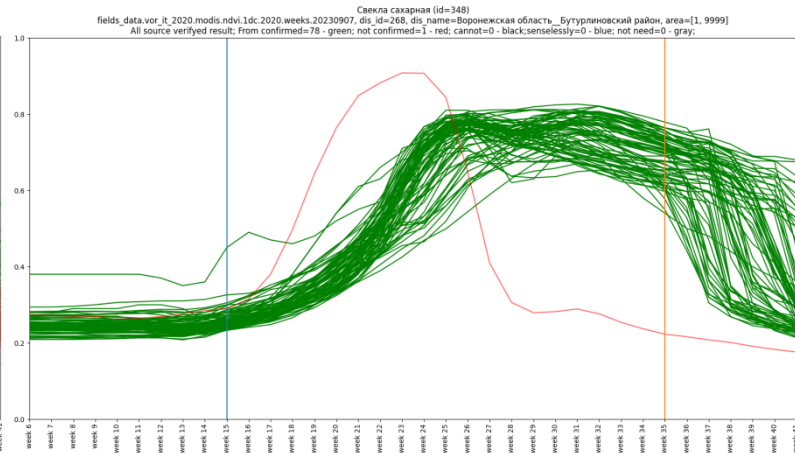
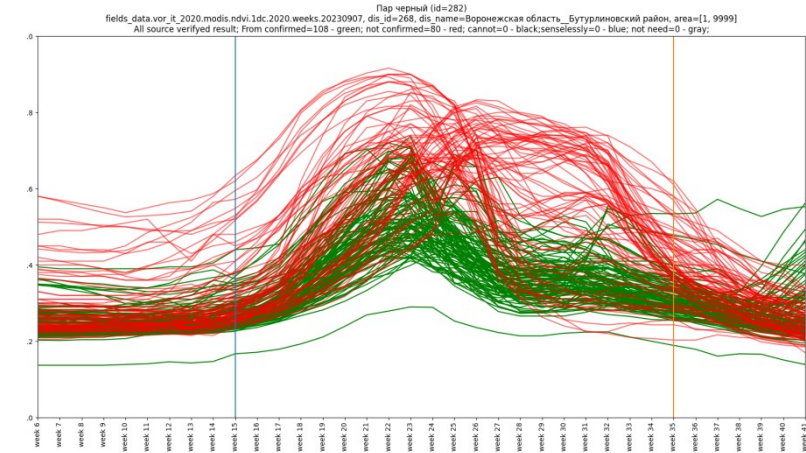


Кукуруза на зерно (id=14)  
fields\_data\_vor\_it\_2020.modis.ndvi.1dc.2020.weeks.20230907, dis\_id=268, dis\_name=Воронежская область\_Бутурлиновский район, area=[1, 9999]  
All source verified result: From confirmed=204 - green; not confirmed=29 - red; cannot=0 - black; senselessly=0 - blue; not need=0 - gray;



Примеры результатов верификации. Зеленым – культура подтверждена, красным – нет (выборка по одному району Воронежской области)

# Поиск ошибок в выборке



Примеры результатов верификации. Зеленым – культура подтверждена, красным – нет (выборка по одному району Воронежской области)

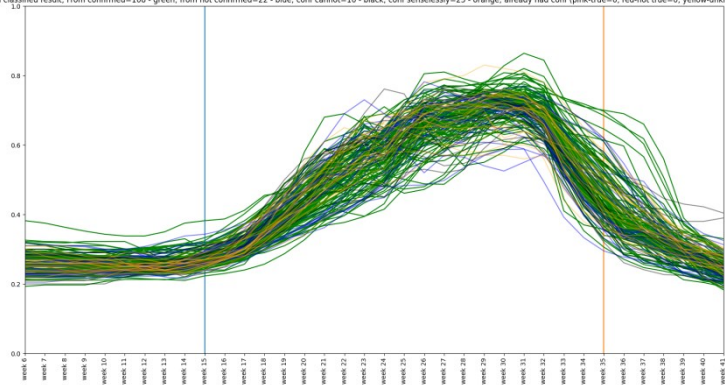
# Переклассификация неподтвержденных и классификация неразмеченных данных

Кукуруза на зерно (id=14)

most likely crop

fields\_data.vor\_it\_2020.modis.ndvi.1d:2020.weeks.20230907\_dis\_id=268\_dis\_name=Воронежская область\_Бутурлиновский район\_area=[1, 9999]

All classified result: From confirmed=108 - green; from not confirmed=22 - blue; conf cannot=10 - black; conf senselessly=25 - orange; already had conf (pink=true=0, red-not true=0, yellow-unknown=0)

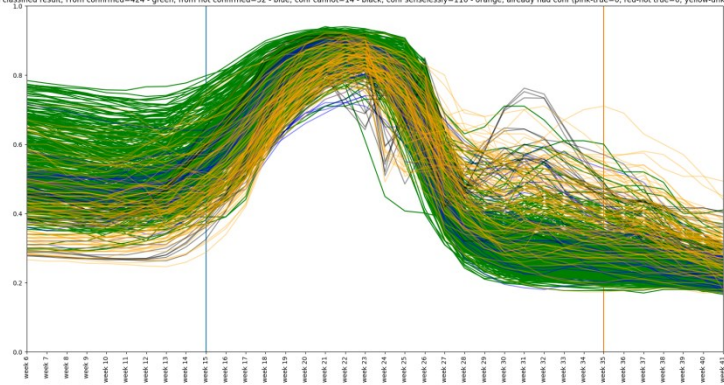


Пшеница озимая (id=26)

most likely crop

fields\_data.vor\_it\_2020.modis.ndvi.1d:2020.weeks.20230907\_dis\_id=268\_dis\_name=Воронежская область\_Бутурлиновский район\_area=[1, 9999]

All classified result: From confirmed=424 - green; from not confirmed=32 - blue; conf cannot=14 - black; conf senselessly=110 - orange; already had conf (pink=true=0, red-not true=0, yellow-unknown=0)

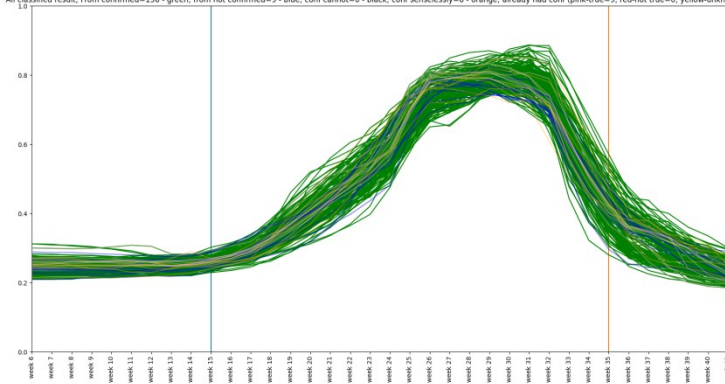


Соя (id=35)

most likely crop

fields\_data.vor\_it\_2020.modis.ndvi.1d:2020.weeks.20230907\_dis\_id=268\_dis\_name=Воронежская область\_Бутурлиновский район\_area=[1, 9999]

All classified result: From confirmed=156 - green; from not confirmed=9 - blue; conf cannot=0 - black; conf senselessly=6 - orange; already had conf (pink=true=0, red-not true=0, yellow-unknown=0)

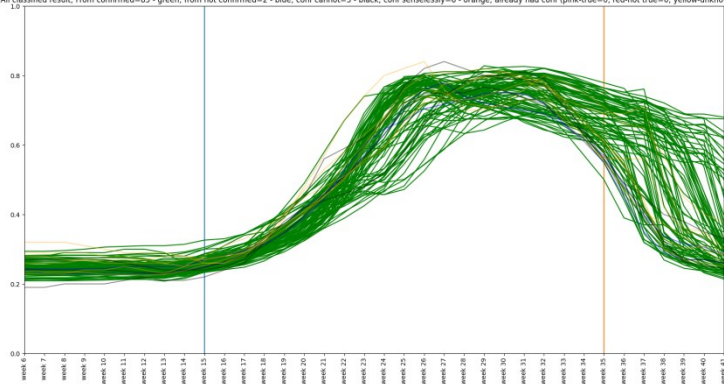


Свекла сахарная (id=348)

most likely crop

fields\_data.vor\_it\_2020.modis.ndvi.1d:2020.weeks.20230907\_dis\_id=268\_dis\_name=Воронежская область\_Бутурлиновский район\_area=[1, 9999]

All classified result: From confirmed=85 - green; from not confirmed=2 - blue; conf cannot=3 - black; conf senselessly=6 - orange; already had conf (pink=true=0, red-not true=0, yellow-unknown=0)

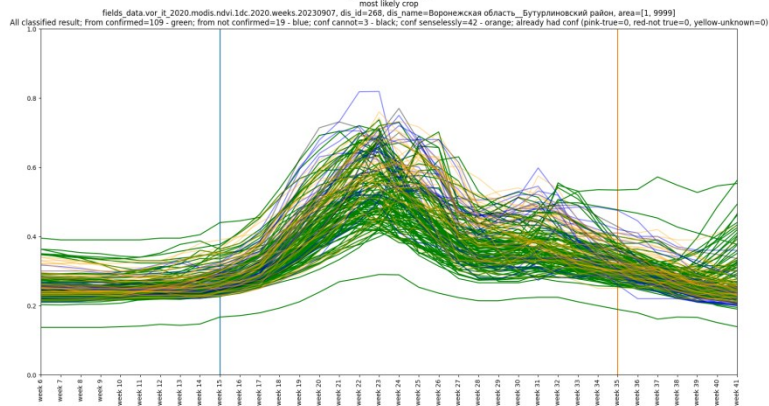
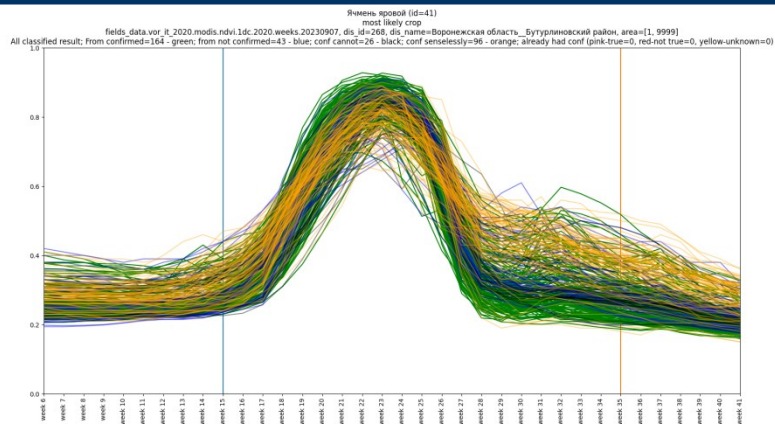
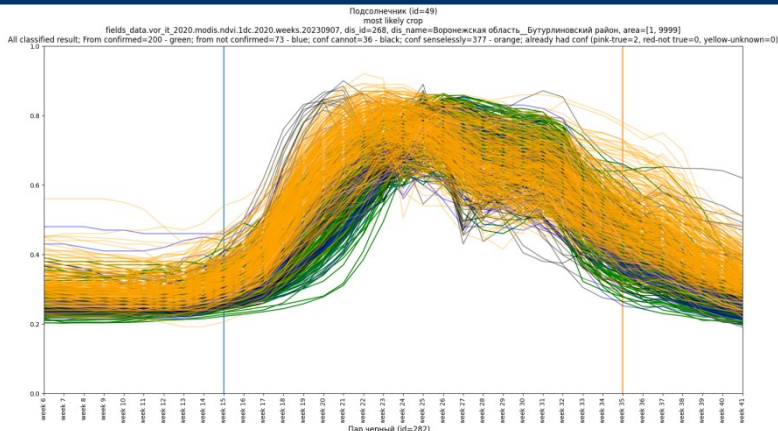


Графики результатов по разным культурам, из выборки за 2020 год по одному району Воронежской области.

Примеры переклассификации неподтвержденных и неразмеченных данных. Зеленым – подтвержденные. Синим – пришедшие из других классов. Оранжевым – изначально неразмеченные данные. Черным - не приписанные ни одному известному тренду, но приписанные к текущей культуре как к максимально близкой из известных.



# Переклассификация неподтвержденных и классификация неразмеченных данных



Графики результатов по разным культурам, из выборки за 2020 год по одному району Воронежской области.

Примеры переклассификации неподтвержденных и неразмеченных данных. Зеленым – подтвержденные. Синим – пришедшие из других классов. Оранжевым – изначально неразмеченные данные. Черным - не приписанные ни одному известному тренду, но приписанные к текущей культуре как к максимально близкой из известных.

# Примеры результатов

Результат верификации

Культура	До тыс. Га	После тыс. Га	Изменение %
<b>Всего</b>	<b>133.4</b>	<b>133.4</b>	<b>0.0</b>
Без разметки	36.9	0.0	-100.0
Пшеница озимая	29.4	31.4	6.6
Кукуруза на зерно	14.9	9.5	-36.4
Подсолнечник	13.0	41.0	215.4
Пар черный	11.8	11.4	-3.8
Ячмень яровой	10.4	18.3	75.6
Свекла сахарная	7.1	7.9	11.2
Соя	5.0	13.9	180.6
Люцерна желтая	2.7	0.0	-100.0
Горох посевной	0.5	0.0	-100.0
Кукуруза на силос	0.4	0.0	-100.0
Нут	0.3	0.0	-100.0
Овес	0.2	0.0	-100.0
Пшеница яровая	0.2	0.0	-100.0
Просо зерновое	0.2	0.0	-100.0
Лен-долгунец	0.1	0.0	-100.0

Результат переклассификации неподтвержденных и классификация неразмеченных

Культура	До тыс. Га	Подтверждено тыс. Га	Не подтверждено тыс. Га	Не удалось тыс. Га	Не имеет смысла тыс. Га	Не подтверждено %
<b>Всего</b>	<b>133.4</b>	<b>83.5</b>	<b>8.2</b>	<b>4.7</b>	<b>36.9</b>	<b>6.1</b>
Без разметки	36.9	0.0	0.0	0.0	36.9	0.0
Пшеница озимая	29.4	27.1	2.3	0.0	0.0	7.7
Кукуруза на зерно	14.9	13.4	1.5	0.0	0.0	10.2
Подсолнечник	13.0	12.6	0.4	0.0	0.0	3.0
Пар черный	11.8	8.8	3.1	0.0	0.0	26.0
Ячмень яровой	10.4	9.7	0.7	0.0	0.0	6.7
Свекла сахарная	7.1	7.0	0.1	0.0	0.0	1.9
Соя	5.0	4.9	0.1	0.0	0.0	1.9
Люцерна желтая	2.7	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0
Горох посевной	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
Кукуруза на силос	0.4	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
Нут	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Овес	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
Пшеница яровая	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
Просо зерновое	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
Лен-долгунец	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0

Пример статистики результатов процедуры, из выборки за 2020 год по одному району Воронежской области

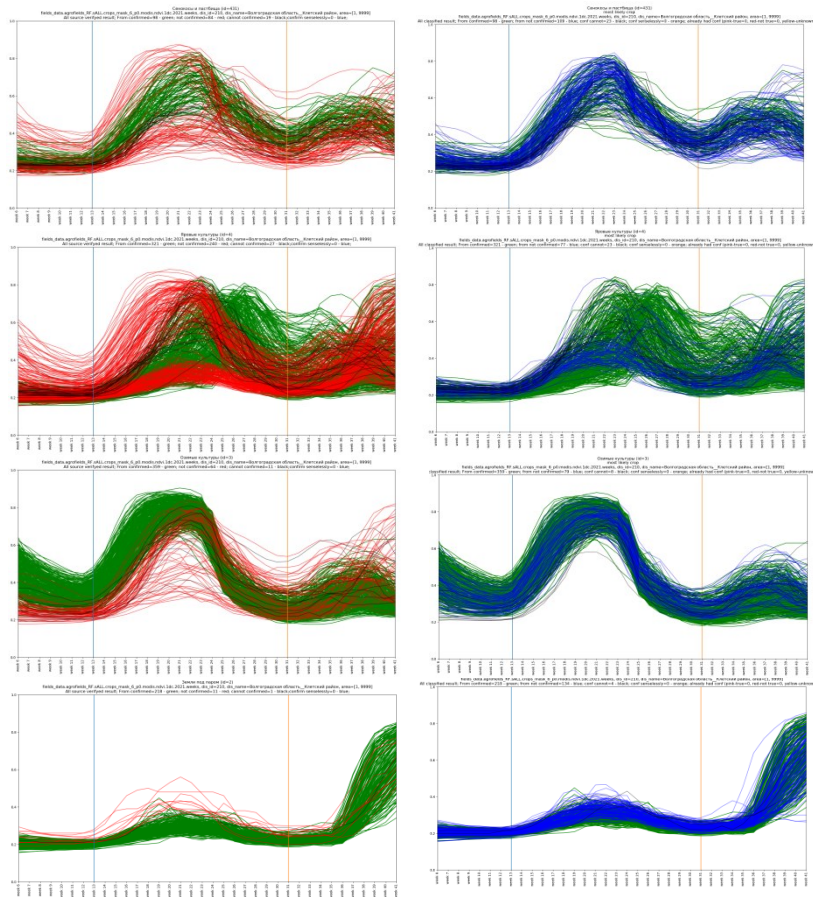


# Примеры результатов

## Результат переклассификации неподтвержденных

Культура	До тыс. Га	После тыс. Га	Изменение %
<b>all</b>	202.2	202.2	0.0
<b>Яровые культуры</b>	73.9	59.2	-19.9
<b>Озимые культуры</b>	67.9	65.4	-3.7
<b>Земли под паром</b>	51.7	63.6	23.0
<b>Сенокосы и пастбища</b>	8.3	13.6	63.4
<b>Залежь</b>	0.4	0.4	0.0
<b>Лес</b>	0.0	0.0	0.0

Пример результатов процедуры  
верификации на одном районе данных  
семиклассовой классификации (озимые,  
яровые, пары, сенокосы и пастбища, залежь,  
лес на всю страну)



## Заключение

Разработанный подход позволяет только на основе спутниковых данных определить степень достоверности полученной наземной или экспертной информации, найти возможные ошибки и провести классификацию культур (или их типов) на неразмеченных полях. Все этапы выполняются автоматически или автоматизировано. Подход позволяет решать задачу как на достаточно ограниченной территории, так и в масштабах нескольких регионов или страны (с локальной адаптацией, заключающейся в разбиении по районам).

Работа выполнена в рамках темы «Мониторинг», госрегистрация № 122042500031-8.