

# **Метод детектирования аномалий развития сельскохозяйственных посевов на основе многолетних эталонов сезонной динамики вегетационного индекса NDVI**

Хвостиков С.А., Барталев С.А., Елкина Е.С.

[khvostikov@d902.iki.rssi.ru](mailto:khvostikov@d902.iki.rssi.ru)

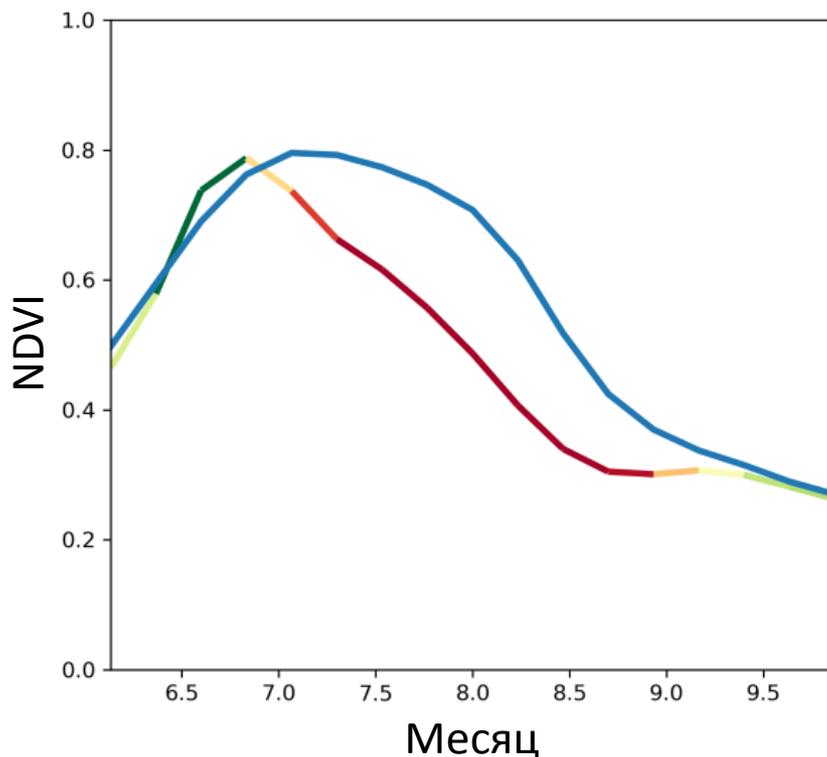


# Детектирование аномалий с.-х. посевов

Различные негативные факторы могут приводить к появлению аномалий развития посевов, к частичной или полной потере урожая.

Известно, что спутниковые индикаторы, такие как NDVI, позволяют оценивать состояние посевов и показать наличие аномалий.

Задача данной работы – сформулировать автоматизированный метод детектирования аномалий на основе данных ДЗЗ и опорной статистической информации.



# Схема оценки наличия аномалий

Можно сформулировать метод автоматизированной оценки наличия аномалий, состоящий из 4 этапов:

- 1) Сбор многолетней статистики, репрезентативно представляющей изменчивость метеоусловий, локализованной для зоны поиска аномалий;
- 2) Для каждого временного ряда данных ДЗЗ – оценка некоторой устойчивой стадии развития культуры;
- 3) Приведение всех временных рядов к одной шкале накопленных температур с момента наступления устойчивой фазы развития
- 4) Оценка отклонения данных ДЗЗ текущего поля от статистических для текущего значения накопленных температур, детектирование аномалии

# Входные данные

Была получена информация о границах полей и культурах на них по данным ЕФИС ЗСН.

Для каждого поля были получены еженедельные осредненные данные MODIS о вегетационном индексе NDVI. Полученный временной ряд также был сглажен методом полиномиальной аппроксимации.

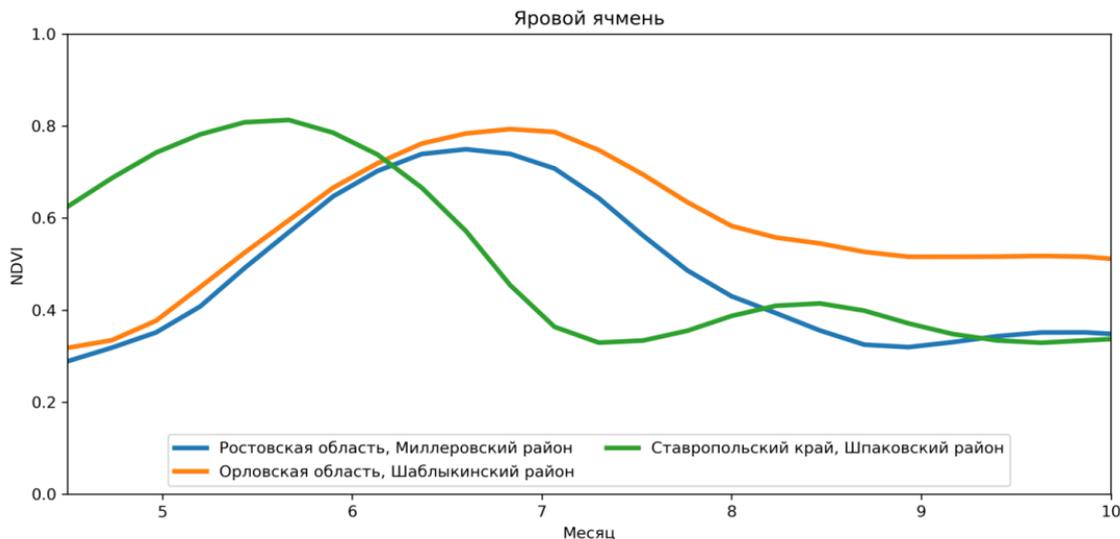
По методике, описанной ранее, проводилась верификация полей на наличие ошибочного ввода данных, все не верифицированные поля исключались из анализа.

Были получены данные о среднесуточной температуре из архива NCEP (реанализ, разрешение 1 градус).

# Построение статистики динамики NDVI

Для оценки состояния посевов необходима репрезентативная статистика, которую можно получить только на основе многолетних данных, учитывающих возможную вариацию метеоусловий.

Для разных районов и лет могут наблюдаться значительные вариации динамики развития культур, что не позволяет сравнивать многолетние временные ряды и использовать их для детектирования аномалий.

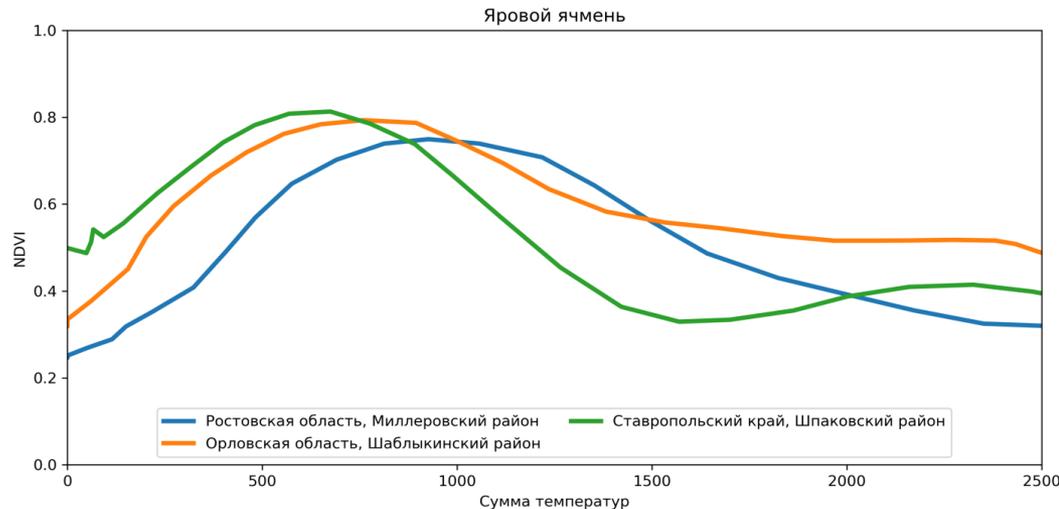


# Нормализованный временной ряд NDVI

Известно, что скорость развития растений зависит от температуры воздуха, а для достижения растениями определенной фазы роста необходимо накопление определенной суммы температур.

Приведение временных рядов вегетационных индексов к единой шкале накопленных температур позволяет оценивать отклонение посевов от нормы в сопоставимых фазах их развития.

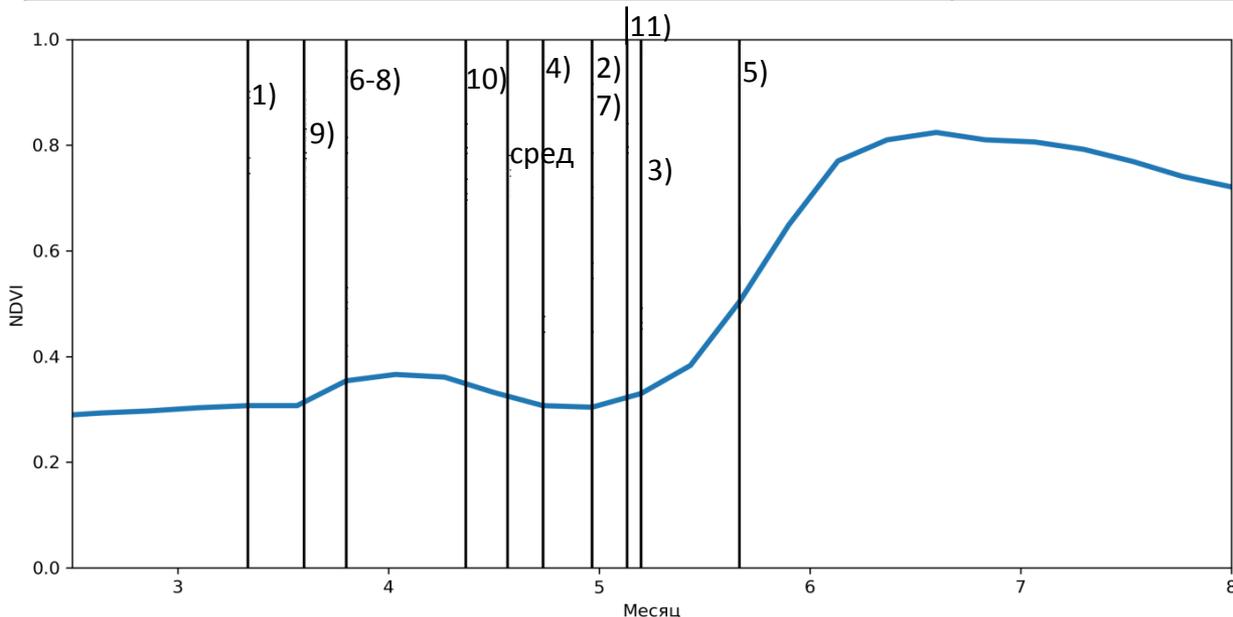
Но возникает проблема – с какого момента начитать накопление температур?



# Определение начала вегетации по NDVI

Для оценки момент наступления устойчивой фазы развития посевов по данным ДЗЗ можно использовать методы определения начала вегетации.

<p><b>1) «двойной прирост»</b> Момент начала двойного роста вегетационного индекса NDVI);</p>	<p><b>2) «непрерывный рост»</b> Момент начала непрерывного увеличения NDVI, с возможностью спада до 50%</p>
<p><b>3) «выше среднего»</b> Начало наиболее продолжительного периода, на котором значение NDVI превышает его среднее значение за последние несколько недель (Reed et al., 1994).</p>	<p><b>4) «наибольший прирост»</b> Аппроксимация полиномом второго порядка и поиск момента наибольшего прироста (Миклашевич и Барталев, 2016).</p>
<p><b>5) «аппроксимация гаусса»</b> Аппроксимация временного ряда гауссовыми функциями и поиск момента наибольшего роста (Jönsson и Eklundh, 2004)</p>	<p><b>6 – 11) (Т)</b> Введение ограничений на начало вегетации по температуре в прежние методы (6-8) + минимальное, среднее и максимальное ограничение на метеоусловия</p>



Reed B.C., Brown J.F., VanderZee D., Loveland T.R., Merchant J.W., Ohlen D.O. Measuring phenological variability from satellite imagery. *Journal of Vegetation Science*. октябрь 1994 г.;5(5):703–14.

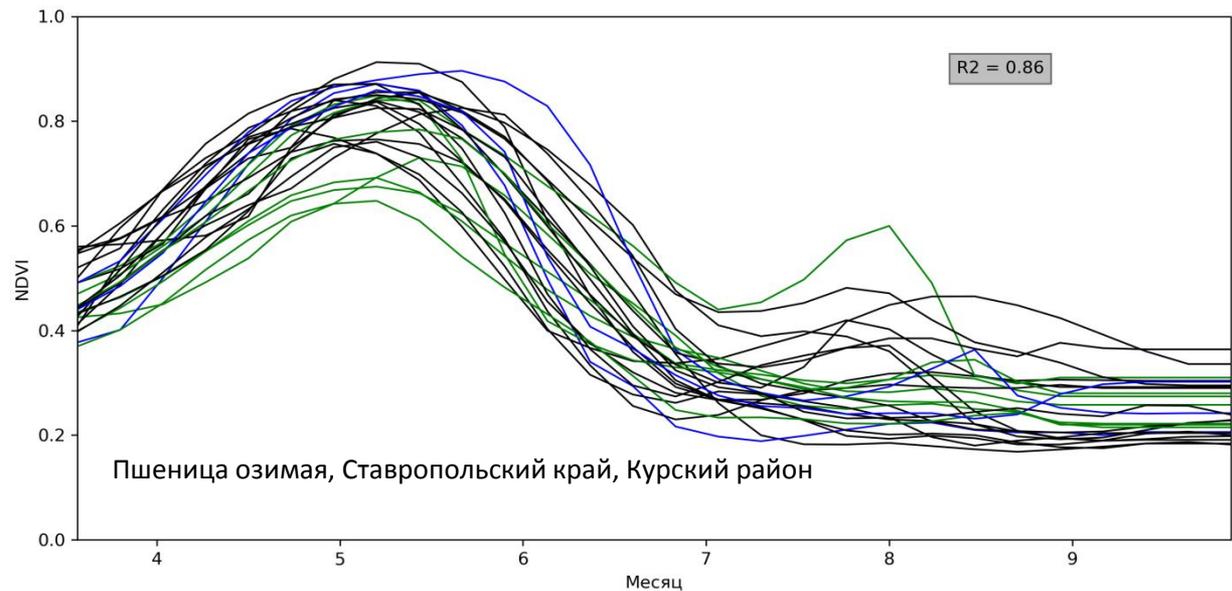
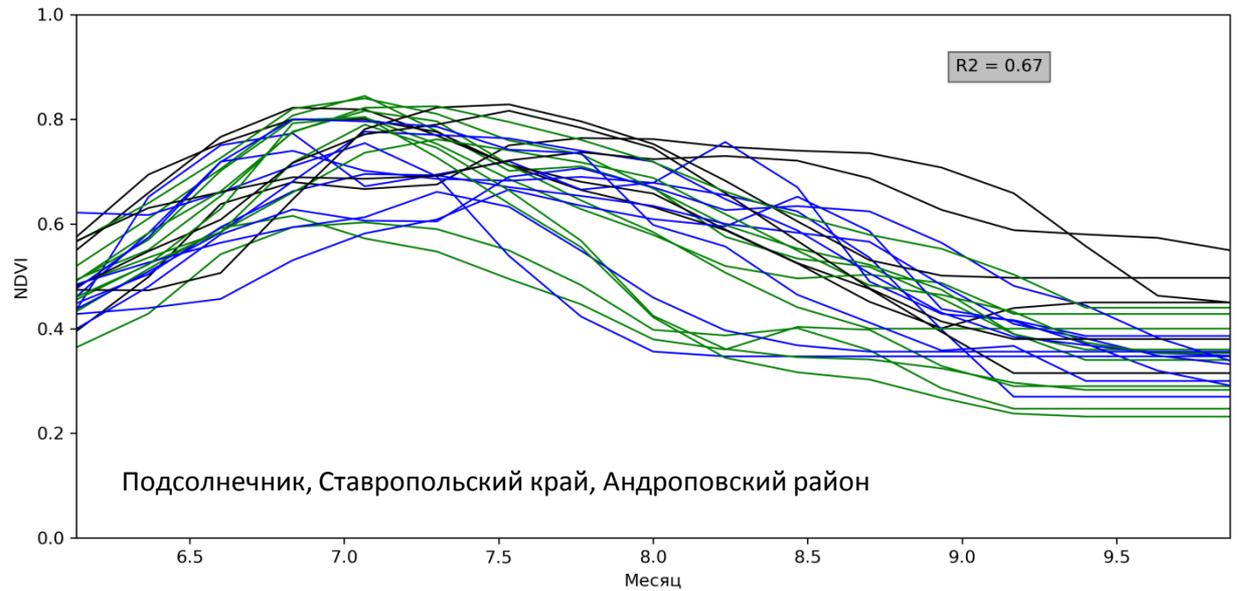
Миклашевич Т.С., Барталев С.А. Метод определения фенологических характеристик растительного покрова на основе временных рядов спутниковых данных // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2016. Т. 13. № 1. С. 9-24.

Jönsson P., Eklundh L. TIMESAT—a program for analyzing time-series of satellite sensor data // *Computers & Geosciences*. – 2004. – Т. 30. – №. 8. – С. 833-845.

# Нормированные временные ряды NDVI

Корреляция говорит о качестве «сведения» временных рядов к одной шкале, или качестве используемой статистики.

Визуальный анализ множества временных рядов показал, что значения корреляции выше 0,75-0,8 указывают на хорошее качество статистики.



# Оценка устойчивости фазы начала вегетации

Для оценки точности определения устойчивой фазы можно использовать схожесть нормированных временных рядов. Чем выше схожесть – тем выше и корреляция. Был проведен анализ схожести временных рядов для 130 пар районов и культур.

Анализ средних значений корреляции показывает, что большинство методов дают одинаковую точность, метод оценки на основе кривых Гаусса – несколько лучше других.

Так как метод может использоваться только после достижения максимума вегетационного индекса, то до этого момента можно использовать любой другой метод, например двойной прирост.

Метод	R2
двойной прирост	0,73
двойной прирост (Т)	0,71
непрерывный рост	0,72
непрерывный рост (Т)	0,7
выше среднего	0,71
выше среднего (Т)	0,64
наибольший прирост	0,71
наибольший прирост (Т)	0,72
температура мин	0,7
температура макс	0,76
температура сред	0,72
аппроксимация гаусса	0,8
среднее	0,75

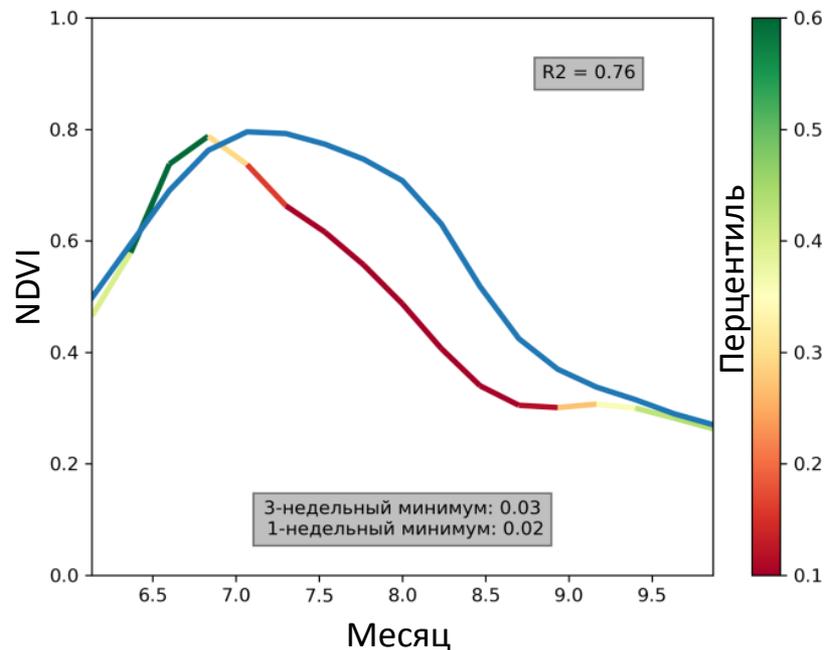
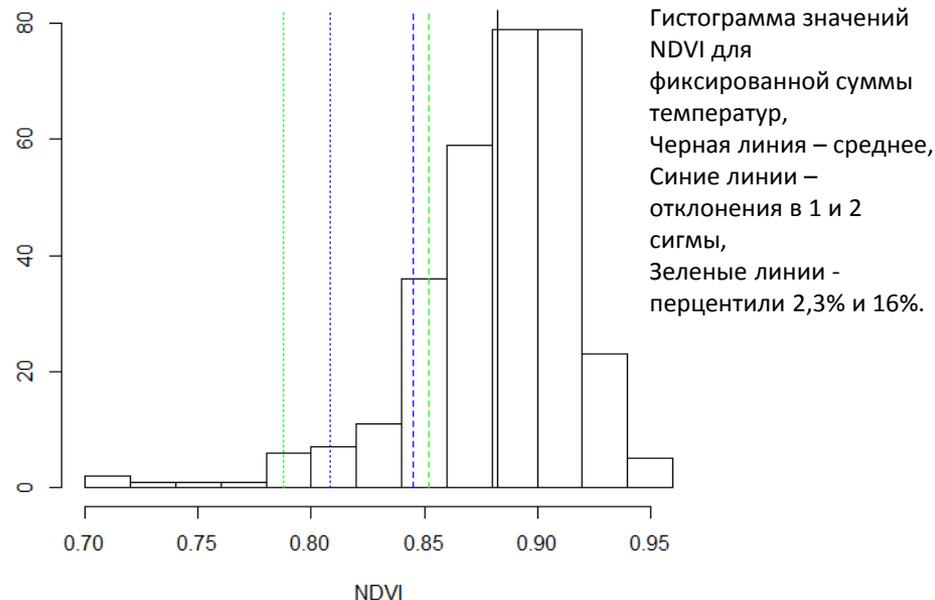
# Детектирование аномалий

Для каждого значения накопленных температур может быть построена статистика типичных значений NDVI, низкие значения могут свидетельствовать об аномалии.

Оценка отклонения может проводиться или по стандартным отклонениям, или по перцентилям.

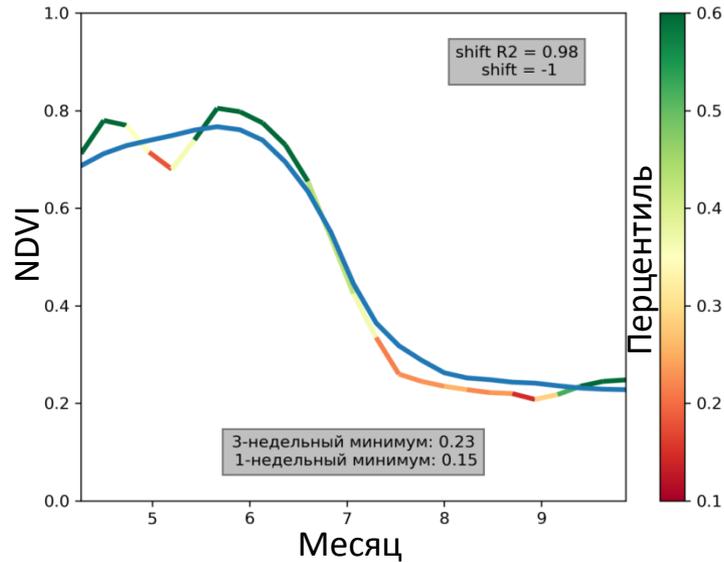
Для каждого наблюдения (суммы температур) можно оценить отклонение и вероятность наличия аномалии.

Для исключения случайных выбросов можно брать отклонения на интервале.

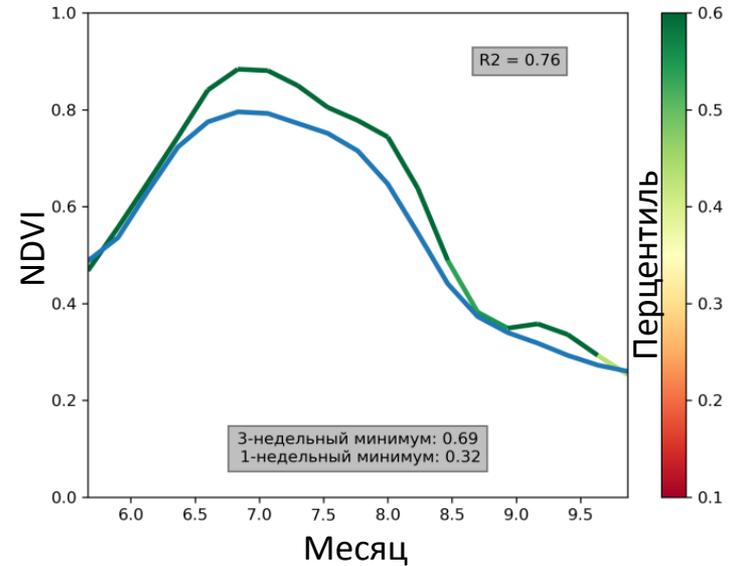


# Примеры детектирования аномалий

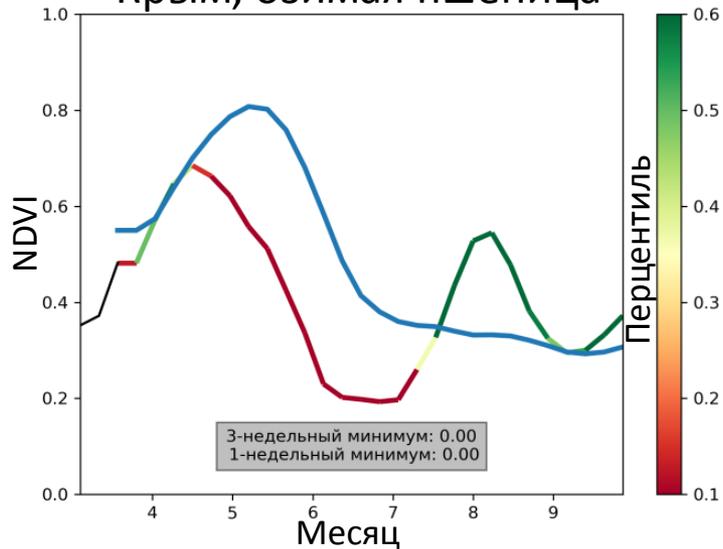
## Ставропольский край, озимый рапс



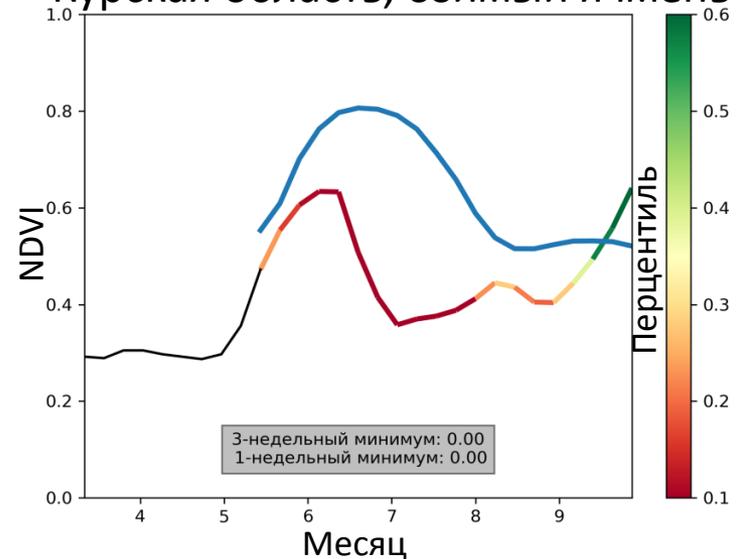
## Ставропольский край, подсолнечник



## Крым, озимая пшеница



## Курская область, озимый ячмень

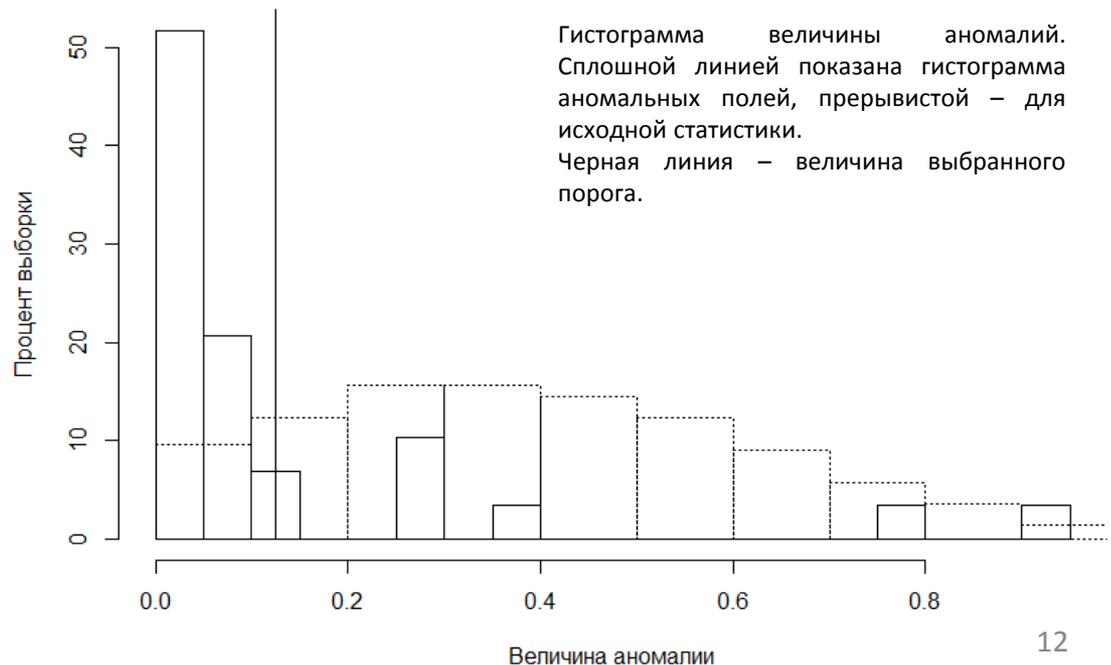


# Точность детектирования аномалий

Точность детектирования аномалий оценивалась для нескольких десятков полей с наземной информацией о наличии аномалий.

Анализ гистограммы показал, что на данных полях оптимальный порог – перцентиль 12,5. При ней 76% аномальных полей корректно идентифицируются как аномалии, и 12,5% полей статистики считаются аномальными.

Для стандартных отклонений порог составил 1,4. При нем также 76% аномальных полей идентифицируются корректно, и 14% полей статистики относятся к аномальным.



# Выводы

Была построена схема автоматизированной оценки наличия аномалий на основе временного ряда значений NDVI.

Нормализация временного ряда NDVI на температуру позволяет привести многолетние ряды к одной шкале и сравнивать их между собой.

Методы оценки начала вегетации позволяют определять устойчивую «фазу» в динамике растения. Оценка на основе аппроксимации гауссовыми кривыми несколько лучше других проверенных методов

Метод успешно отработал на ограниченном наборе тестовых полей.