

# Методы использования спутниковой информации в агрометеорологических моделях

Кононенко Сергей Митрофанович, к.ф.-м.н. ,  
ФГБУ "СибНИГМИ"

## Технические характеристики Terra, Aqua, модуль Modis

Оператор: NASA (США)

Размер, м - от 6,8 (длина) x 3,5 (диаметр)

Орбита - Околополярная солнечно-синхронная

Высота, км - 705

Масса, кг - 3117

Срок функционирования, лет - 6

Спектральные каналы - 36

Спектральный диапазон, мкм 1 кан - 0,62-0,67(RED)

2 кан - 0,84-0,88(NIR)

Пространственное разрешение, м - 250, 500, 1000

Ширина полосы съемки, км - 2300

Периодичность съемки, сутки - 0,5

## Внешний вид Terra, Aqua, модуль Modis

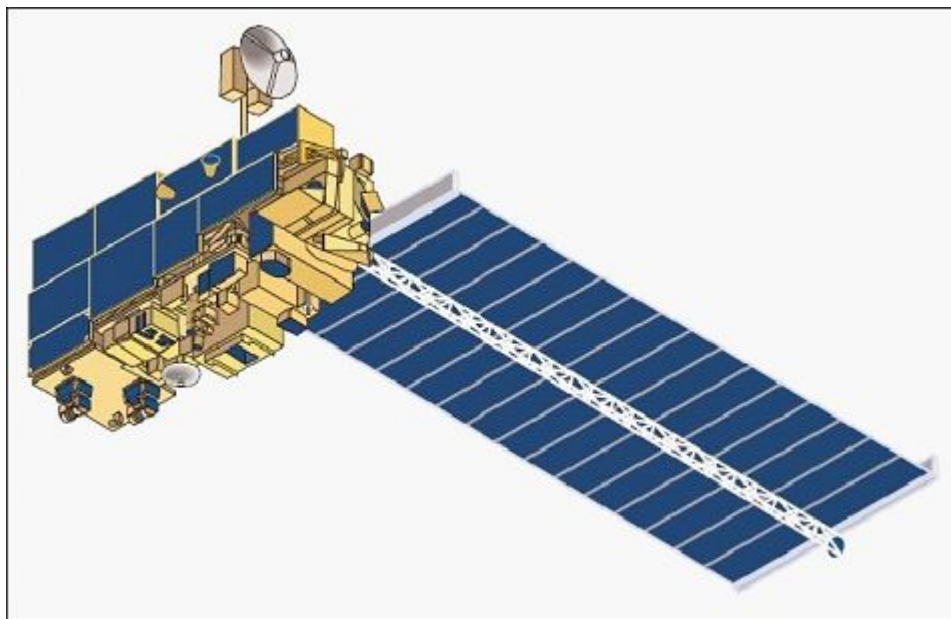
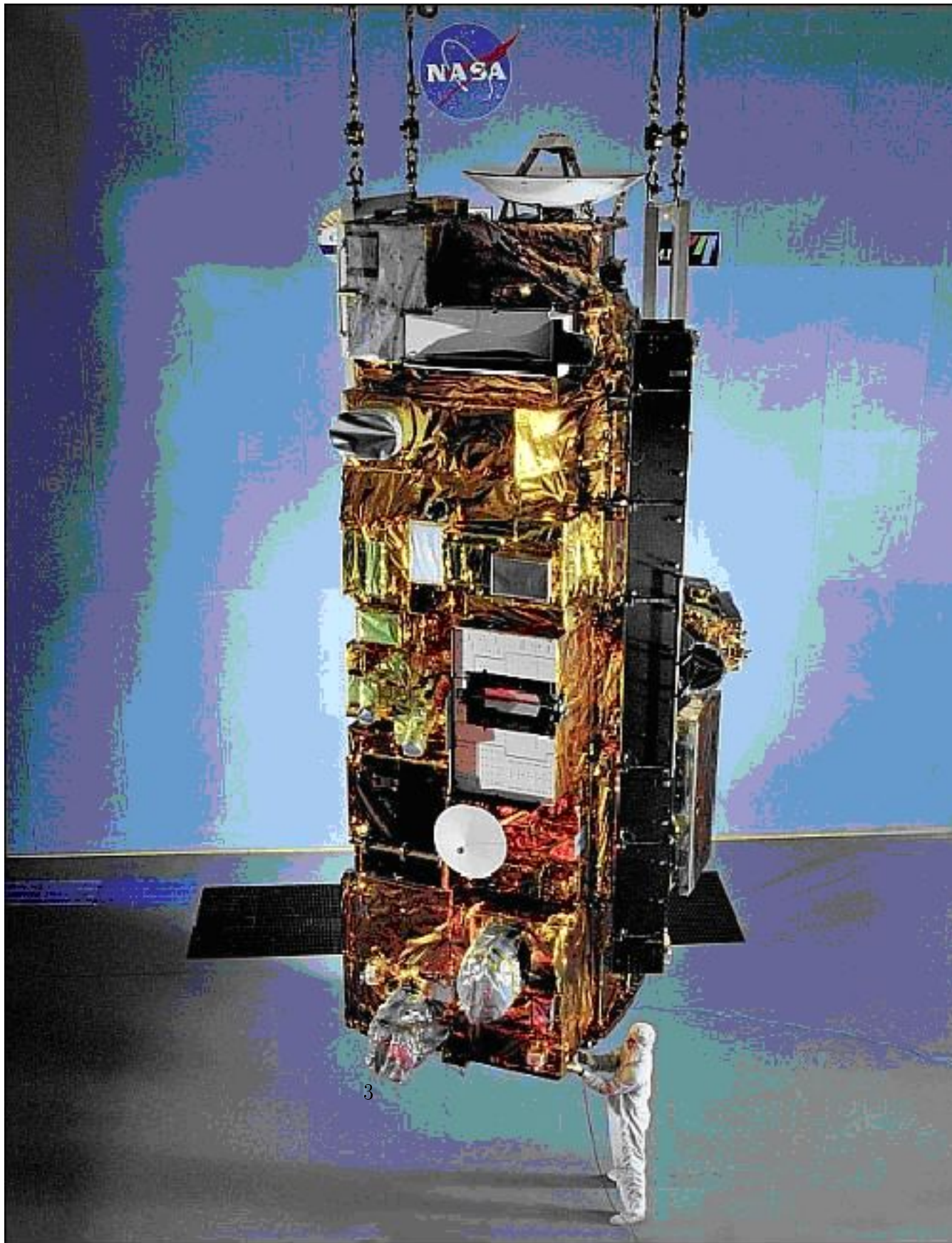


Рис. 1: Внешний вид спутника Terra, антенна, солнечные батареи, модуль Modis (вес 250кг.)



Что они измеряют?

$\wedge$      $\vee$

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Свойство растительности по сравнению с другими природными объектами

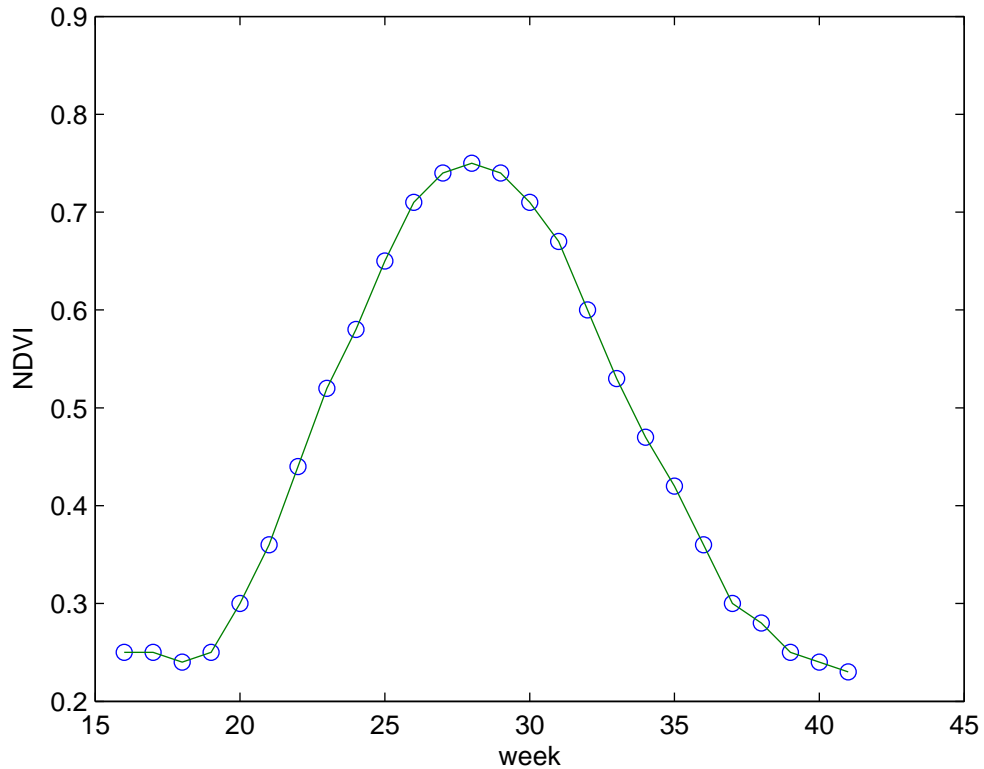


Рис. 3: Типичный сезонный ход индекса NDVI 2005г для поля яровой пшеницы; по горизонтали — номер недели в году; по вертикали — значения индекса NDVI. На Рис. посев и прорастание семян-20 неделя, всходы-21неделя, образование узловых корней, третий лист, кущение и выход в трубку-23 неделя, нижний узел соломины-24 неделя, колошение и цветение-27 неделя, молочная спелость-29 неделя, восковая спелость и полная спелость-32 неделя, уборка-37 неделя. Как видно, кривая функции вегетационного индекса NDVI правильно описывает сезонный ход фаз вегетации для данной с/х культуры. На этом и будет основано построение регрессионных моделей в которых в качестве одной из характеристик берется индекс NDVI.

**Первая важнейшая функция - МОНИТОРИНГ  
посевов по отдельным полям размером от 25  
гектар**

Что произошло этим летом на юге Западной Сибири?



7

Рис. 4: Засуха. Колоски яровых ячменя и пшеницы на 28 календарную неделю 2012г. ( 14 июля ). Новосибирская область,



Рис. 5: Вот такими колосья должны быть в норме.



## Посмотрим на эти два поля со спутника

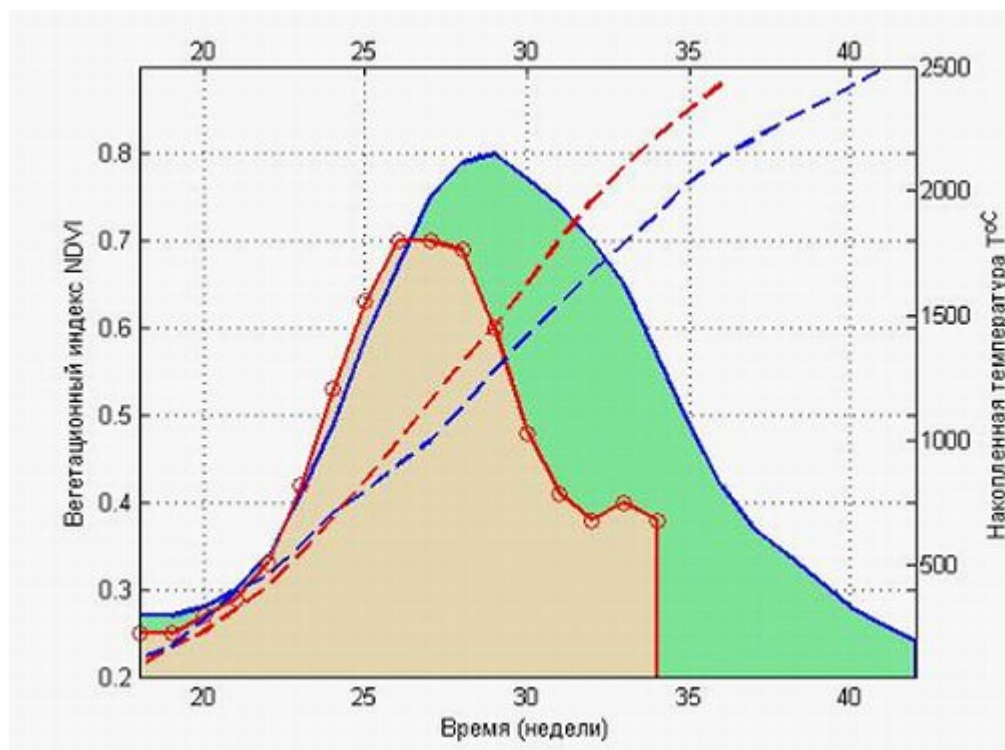


Рис. 6: Сравнение засушливого года (2012г., песочный цвет) и года аналога (норма) 2007г. (зеленый цвет). Вегетационный индекс NDVI и накопленная средняя за день температура больше 5С в 2012г. (красный штрих) и в 2007г. (синий штрих). Поле ярового ячменя (колоски показаны на Рис. 4), Новосибирская область. По горизонтальной оси – номер недели в году, 21-я неделя окончание 27 мая, 23-я неделя окончание 10 июня, 25-я неделя окончание 24 июня и т.д. (Данные ИКИ РАН).

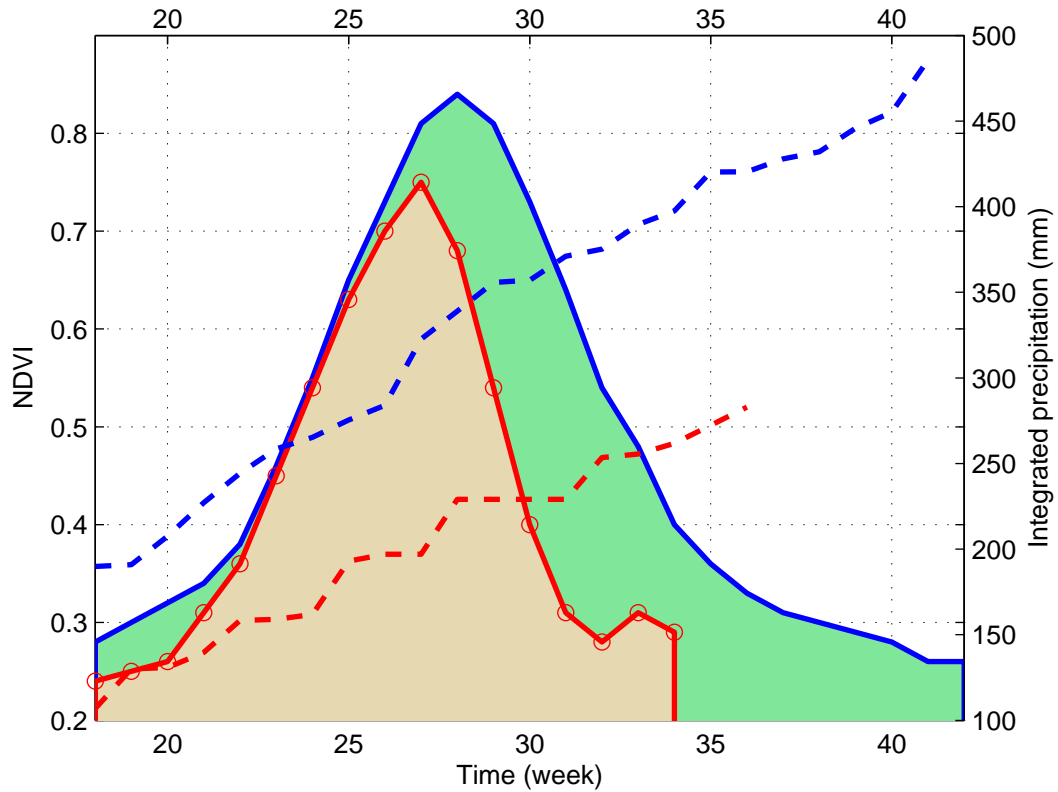


Рис. 7: Сравнение засушливого года (2012г. , песочный цвет) и года аналога (норма) 2009г. (зеленый цвет). Вегетационный индекс NDVI и накопленные за зимний и летний сезон осадки в 2012г. (красный штрих) и в 2009г. (синий штрих). Поле яровой пшеницы (колоски показаны на Рис. 4), Новосибирская область. По горизонтальной оси – номер недели в году, 21-я неделя окончание 27 мая, 23-я неделя окончание 10 июня, 25-я неделя окончание 24 июня и т.д. (Данные ИКИ РАН).

## Две модели

1. Динамическая имитационная модель.
2. Регрессионная модель.

## Использование данных дистанционного зондирования для моделирования продукционного процесса кукурузы

А.Д. Клещенко, Т.А. Найдина, Т.А. Гончарова  
ВНИИСМ Обнинск 2012г.

**Процессы, функции, параметры динамической модели** - фотосинтез, дыхание, общая биомасса и биомассы отдельных органов (листья, стебли, корни, репродуктивные органы), функции распределения вновь созданных ассимилянтов (пластических веществ), функции перераспределения между органами ранее запасенных ассимилянтов, влияние температуры в разных стадиях роста, влагообмен в слоях почвы, углекислый газ и дефицит влажности в посевах.

## Основные формулы

1. При расчете биомассы ( $\Delta M^j / \Delta t$ ) учитываются основные

физиологические процессы растения фотосинтез  $P^j$  и дыхание  $R^j$

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = P^j - R^j; \quad R^j = \alpha_r^j (c_1 M^j + c_2 P^j); \quad P^j = \varepsilon P_\tau^j L^j \tau^j;$$

где  $L^j$  - относительная площадь поверхности растения в декаду  $j$ ;  $\tau$  - продолжительность светлого времени суток,  $c_1$  и  $c_2$  - коэффициенты, характеризующие затраты на поддержание структур и роста.

2. Реальная величина  $P_\tau^j$  считается с учетом онтогенетической кривой фотосинтеза  $\alpha_i^j$ , функции влияния температуры воздуха на интенсивность фотосинтеза  $\psi^j$ , функции влияния суммы осадков  $\gamma^j$ :

$$P_\tau^j = P_0^j \alpha_i^j \psi^j \gamma^j; \quad P_0^j = \frac{42Q^j}{21\tau^j(1 + cL^j) + Q^j}$$

где  $P_0^j$  - интенсивность фотосинтеза в реальных условиях освещенности;  $Q^j$  - суммарная солнечная радиация.

Листовой индекс  $L^j$  - линейная зависимость от  $\text{ndvi}$ ;

Онтогенетическая кривая фотосинтеза  $\alpha_i^j$  - подменяется кривой  $\text{ndvi}$ .

Таблица 3

|                 | К.мн.к. | Ср.ош.% | К.мн.к. | Ср.ош.% | Ср.ош.Ин.% |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|------------|
| Краснод.кр.     | 0,98    | 3,1     | 0,94    | 7,2     | 44,4       |
| Ростовск.обл.   | 0,99    | 6,2     | 0,93    | 18,9    | 66,1       |
| Ставропол.кр.   | 0,97    | 4,5     | 0,92    | 6,2     | 52,7       |
| Волгоград.обл.  | 0,99    | 3,2     | 0,91    | 30,6    | 57,9       |
| Ср.ош.7 субьек. |         | 6,4     |         | 15,0    |            |

# Регрессионные модели. Однофакторные, двухфакторные, трехфакторные.

Сибнигми, Новосибирск, 2012г.

## Постановка задачи, метод решения

Пусть  $f(x, w)$  — параметрическое семейство функций, задающее отображение

$$f : W \times X \rightarrow Y_k,$$

где  $w \in W$  — пространство параметров,  $x \in X$  — пространство свободных переменных,  $Y_k$  — семейство вложенных подпространств зависимых переменных, причем  $k = 0, 1, 2$  и  $Y_0 \subset Y_1 \subset Y_2$ . Регрессионную модель зададим в предположении, что функция  $f$  зависит линейно от вектора  $w = \{w_{1J}, \dots, w_{NJ} | w \in R^J\}$ ,

$$y = f(w, x) = \sum_{j=1}^J w_j g_j(x),$$

где  $J$  — размерность вектора параметров, а  $N$  — длина ряда наблюдений. Зависимость функций  $g_j$  от вектора свободной переменной  $x$  может быть нелинейной. Обучение модели проходит на заданной выборке  $\{y, x\}$ , где  $y = \{y_1, \dots, y_N | y \in R\}$ ,  $x = \{x_{1J}, \dots, x_{NJ} | x \in R^J\}$ . Параметры регрессионных моделей находились с помощью метода наименьших квадратов, среда программирования MATLAB. Для оценки связей между случайными величинами и оценки качества разработанных моделей использовались некоторые стандартные характеристики, приведенные в Приложении.

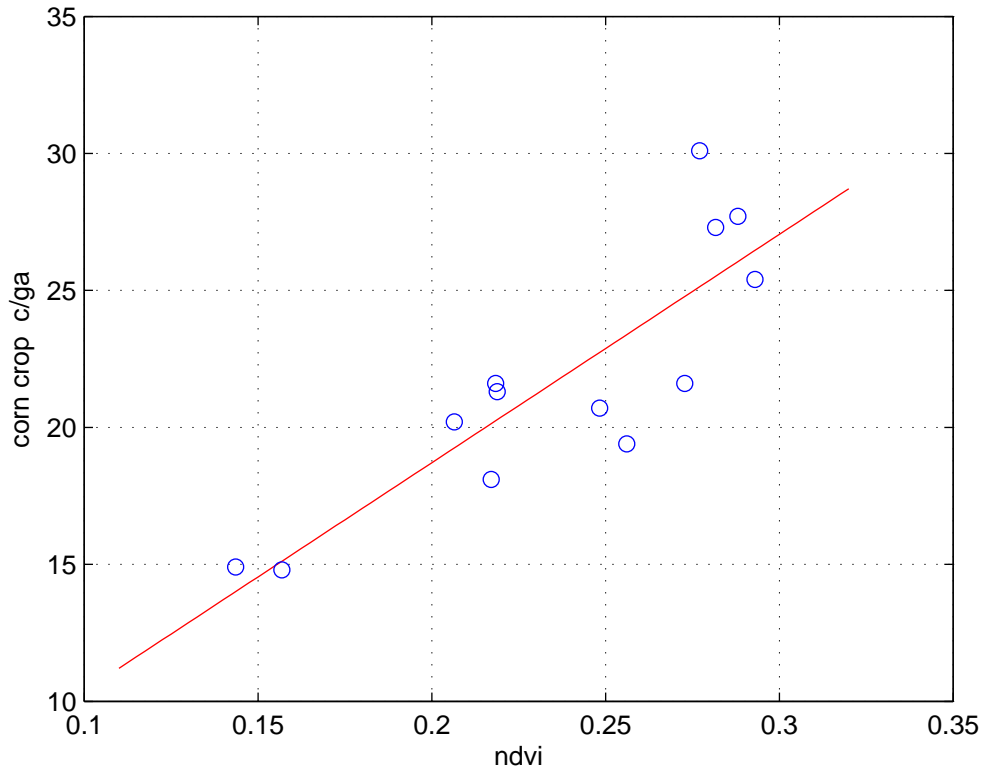


Рис. 8: Однофакторная модель урожайности зерновых и зернобобовых (по вертикали) Новосибирского района. Средняя ошибка прогноза 8,91%, коэффициент корреляции 0,86. Синие кружки- фактические данные Новосибирскстата (урожайность) и данные ИКИ РАН (ndvi-вегетационный индекс).

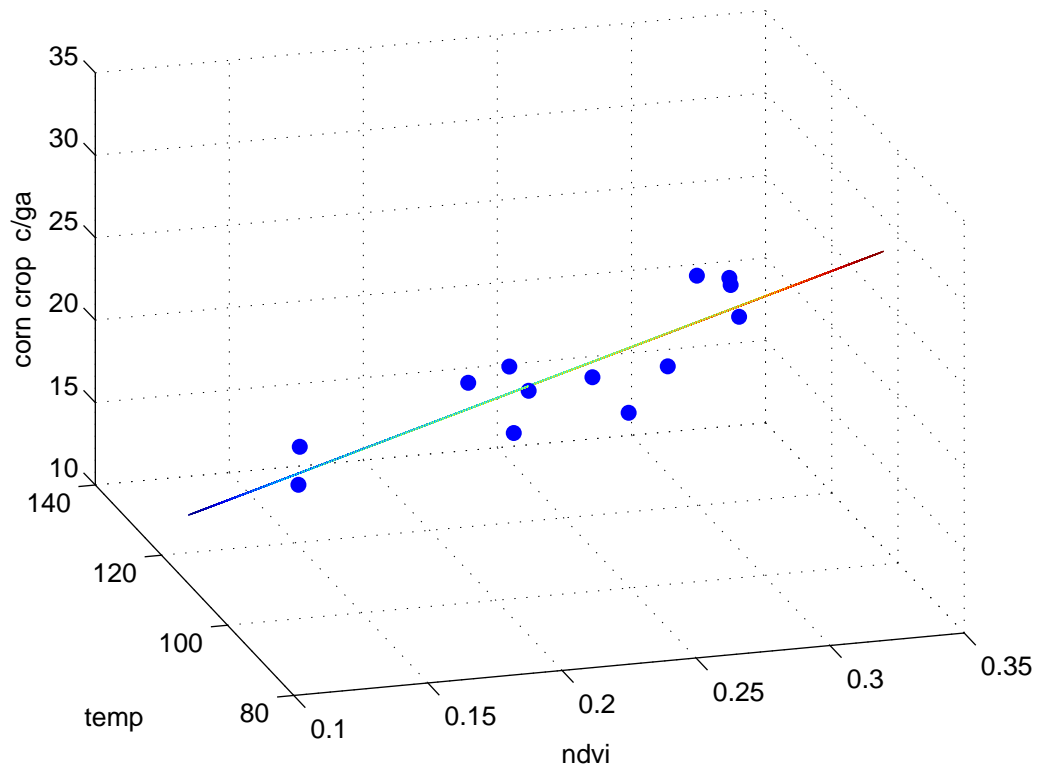


Рис. 9: Двухфакторная модель урожайности зерновых и зернобобовых (по вертикали) Новосибирского района. Средняя ошибка прогноза 7.78%, коэффициент корреляции 0,90. Синие кружки- фактические данные Новосибирскстата (урожайность) и данные ИКИ РАН (ndvi-вегетационный индекс) и Новосибирского ЦГМС-РСМЦ (температура).

## **Наконец, трехфакторная модель урожайности зерновых и зернобобовых Новосибирского района.**

Средняя ошибка прогноза 5,96%, коэффициент корреляции 0,94. Таблица 4

|               | К.мн.к. | Ср.ош.% | К.мн.к. | Ср.ош.% | Ср.ош.Ин.% |
|---------------|---------|---------|---------|---------|------------|
| Одфакт.мод.   | 0,86    | 8,91    |         |         |            |
| Двухфак.мод.  | 0,90    | 7,78    |         |         |            |
| Трехфакт.мод. | 0,94    | 5,96    |         |         |            |
| Имитац.мод.   | 0,98    | 6,4     |         |         |            |

## **Научно-практическая школа-семинар молодых ученых и специалистов в области гидрометеорологии**

**31 октября – 2 ноября 2012 года  
г. Новосибирск**