

## 1. Выбор подмножества объектов векторного слоя

Назначение: выделение подмножества объектов любого векторного слоя.

Основное применение: выделение подкаталога землетрясений.

Запуск: активизировать (выделить) векторный слой “слои” (Layers), затем в окне «свойства» (Properties) прожать закладку “Filter”. После этого появляется диалоговое окно (Рис. 1)

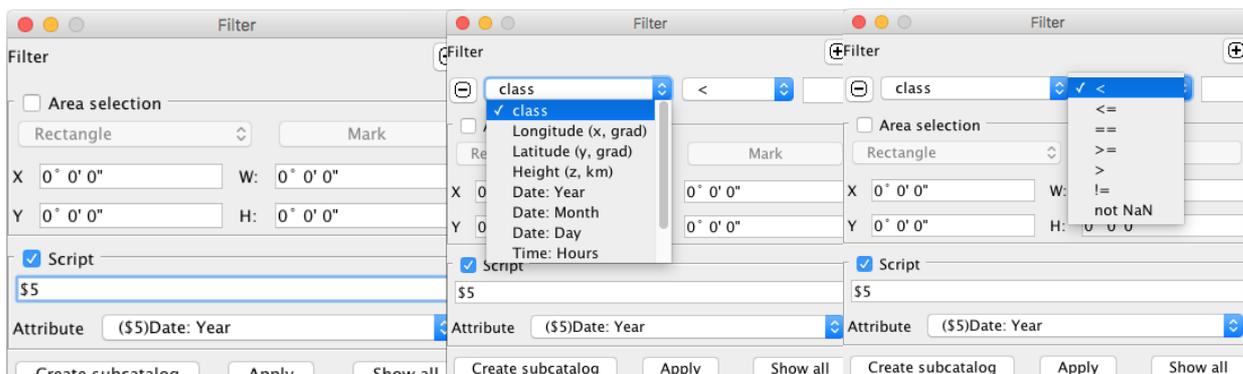


Рис. 1

Секция "Filter". Кнопка “+” – при нажатии кнопки появляется строка, в которой можно выбрать атрибут и задать условие (тип неравенства) выбора подмножества по значению атрибута. Второе нажатие кнопки порождает следующую строку. Кнопки “-“ в начале строк позволяют стереть данную строку. Символ “!=” –“не равно”, остальные символы понятны.

«Area selection» – выбор пространственного окна в виде прямоугольника или эллипса с осями, параллельными координатным осям. Для выбора координат можно (1) воспользоваться панелью “Отметить” и задать область с помощью мыши или (2) задать координаты: X,Y – координаты с запада и севера, W – ширина в градусах, H – высота в градусах.

Закладка «Script» позволяет записать более сложное логическое выражение для выбора подмножества объектов слоя. Примеры логических операций: конъюнкция (AND) &&, дизъюнкция (OR) ||, отрицание (NOT) !. Пример записи логического выражения, для указанного на Рис. 1а списка атрибутов (имя атрибута выбирается с помощью закладки «Attribute») выражение для выбора из каталога событий, произошедших до даты (Y<sub>0</sub>, M<sub>0</sub>, D<sub>0</sub>) имеет вид: (\$5 < Y<sub>0</sub>) || ((\$5 < Y<sub>0</sub>) && (\$6 < M<sub>0</sub>)) || ((\$5 < Y<sub>0</sub>) && (\$6 < M<sub>0</sub>) && (\$7 < D<sub>0</sub>)). «Script» поддерживает строковые константы, для них операция «=>» означает «точно равно».

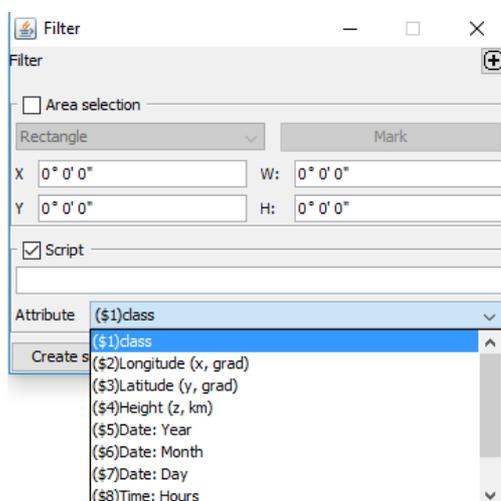


Рис. 1а.

Подмножество выбирается по конъюнкции условий для атрибутов, для области пространства и для результатов работы скрипта.

«Create subcatalog» - записать подмножество в новый слой.

«Apply» – показывать вместо данного слоя подмножество (при этом остальные элементы слоя не изображаются на карте, но обнаруживаются с помощью других инструментов анализа).

«Show all» – сделать весь слой видимым.

## 2. Plug-in «Transformation»→«Fill vector attribute»

Назначение: Добавить в точечный слой новый атрибут.

Диалоговое окно на Рис. 2. Выбран точечный слой «Events», слой для определения значений атрибутов – «Kamchatka's Terrain», имя атрибута – «Kamchatka's Terrain». Значение атрибута равно значению сеточного слоя в данной точке.

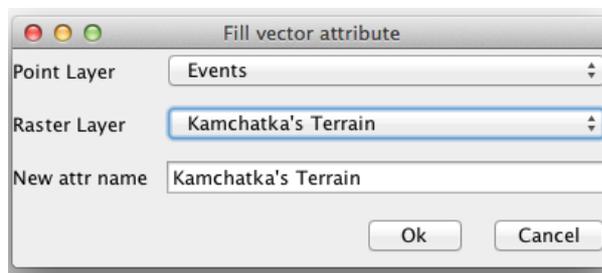


Рис. 2.

## 3. Plug-in «Transformation»→«AWS»

Назначение: адаптивное сглаживание значений сеточного поля.

Метод AWS предложен сотрудниками Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics, Германия. Метод развивает адаптивно-ядерный подход к сглаживанию растровых пространственных и пространственно-временных полей. Ядерная функция адаптируется под данные, что позволяет устойчиво восстанавливать 2D или 3D гладкие и кусочно-гладкие функции при наличии как непрерывных, так и импульсных аддитивных шумов. Разработка алгоритма AWS и его программная реализация на языке Java выполнена совместно с авторами метода Jörg Polzehl и Vladimir G. Spokoiny.

Метод AWS предусматривает реализацию нескольких математических моделей сглаживания. В частности, гауссов и пуассоновский варианты моделей восстанавливаемого поля. Гауссова модель предназначена для сглаживания полей, которые предположительно описываются непараметрической регрессионной зависимостью  $f(X_i)$  сглаживаемого поля от его местоположения и имеет вид  $Y_i=f(X_i)+\varepsilon_i$ , где  $Y_i$  – наблюдаемое, т.е. сглаживаемое значение, а  $f(X_i)$  – сглаженное значение поля в ячейке с (2D или 3D) координатами  $X_i$ ,  $\varepsilon_i$  – независимый «шум» с нулевым средним и постоянной дисперсией. Пуассоновский вариант предназначен для восстановления гладкой функции плотности точечных полей (например, полей плотности эпицентров землетрясений).

Диалоговое окно показано на Рис. 3.

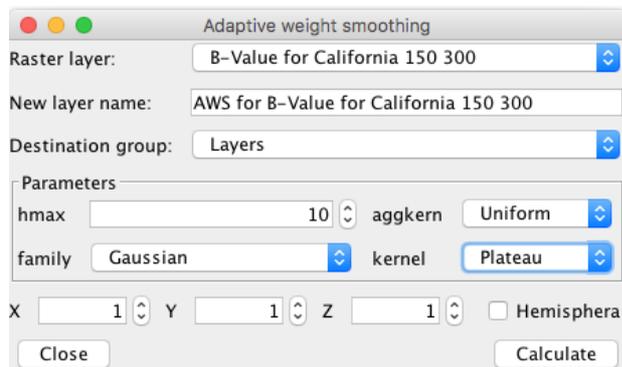


Рис. 3.

X, Y, Z - коэффициенты сжатия по осям сетки.

hmax - максимальный размер окна, единица измерения. Пусть X=Y=Z=1 тогда hmax - есть ширина (длина) области усреднения по одному из направлений X,Y,Z. Если радиус сферы, в которой выполняется сглаживание, R=1, то сфера по осям X,Y,Z отсекает расстояние в одну ячейку. Это значит, что в при сглаживании по методу AWS участвуют кроме центральной точки еще 6 точек. Если радиус сферы R=(корень из 2), то в AWS участвуют кроме центральной точки еще 6 точек + 8 точек. Если радиус сферы R=(корень из 3), то в AWS участвуют кроме центральной точки еще 6 точек + 8 точек+8 точек. Если радиус сферы R=hmax, то сфера по осям X,Y,Z отсекает расстояния в одну hmax ячеек (это неточно  $R^2 = \sum X_i^2 / W_i^2$ ,  $X_i$  – расстояние по i-й оси,  $W_i$  – коэффициент сжатия по i-й оси).

aggkern = uniform, triangle, other - вид весовой функции.

family = Gaussian, Bernully, Poisson, Exponential, Volatility, Variance, NCchi – модель шумовой компоненты в сглаживаемом поле.

Distance kernel = Triangle, Quadratic, Cubic, Plateau, Gaussian – вид ядра сглаживания в пространственной или пространственно-временной области.

Hemisphaera – если стоит флажок, то сглаживание по оси Z выполняется только по «прошлым» данным, т.е. сглаживание в точке  $z_n$  выполняется только по данным  $z_{n-1}, z_{n-2}, \dots, z_{n-3}$  и т.д.

#### 4. Plug-in «Transformation»→«AWS for points»

Назначение: адаптивное оценивание полей параметров сейсмического процесса по каталогу землетрясений [Gitis, V. G., Derendyaev, A. B., Pirogov, S. A., Spokoiny, V. G., & Yurkov, E. F. (2015). Adaptive estimation of seismic parameter fields from earthquake catalogs. *Journal of Communications Technology and Electronics*, 60(12), 1459-1465].

Диалоговое окно показано на Рис. 4

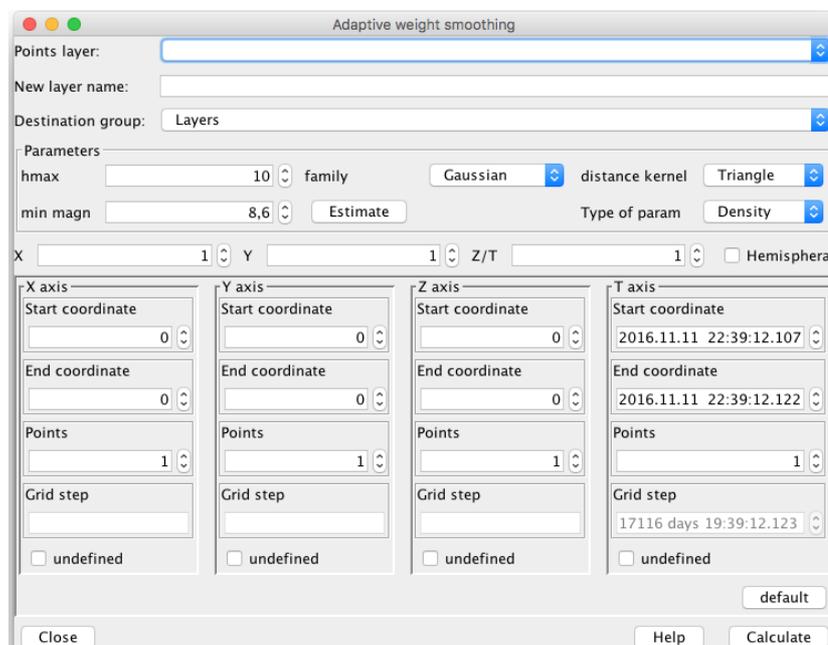


Рис. 4

Point layer – каталог землетрясений

X, Y, Z - коэффициенты сжатия по осям сетки.

hmax - максимальный размер окна, единица измерения. Пусть  $X=Y=Z=1$  тогда hmax - есть ширина (длина) области усреднения по одному из направлений X,Y,Z. Если радиус сферы, в которой выполняется сглаживание,  $R=1$ , то сфера по осям X,Y,Z отсекает расстояние в одну ячейку. Это значит, что в при сглаживании по методу AWS участвуют кроме центральной точки еще 6 точек. Если радиус сферы  $R=(\text{корень из } 2)$ , то в AWS участвуют кроме центральной точки еще 6 точек + 8 точек. Если радиус сферы  $R=(\text{корень из } 3)$ , то в AWS участвуют кроме центральной точки еще 6 точек + 8 точек+8 точек. Если радиус сферы  $R=hmax$ , то сфера по осям X,Y,Z отсекает расстояния в одну hmax ячеек (это неточно  $R^2=\text{SUM } X_i^2/ W_i^2$ ,  $X_i$  – расстояние по i-й оси,  $W_i$  – коэффициент сжатия по i-й оси).

aggkern = uniform, triangle, other - вид весовой функции.

family = Gaussian, Bernully, Poisson, Exponential, Volatility, Variance, NCchi – модель шумовой компоненты в сглаживаемом поле.

Distance kernel = Triangle, Quadratic, Cubic, Plateau, Gaussian – вид ядра сглаживания в пространственной или пространственно-временной области.

Hemispha – если стоит флажок, то сглаживание по оси Z выполняется только по «прошлым» данным, т.е. сглаживание в точке  $Z_n$  выполняется только по данным  $Z_{n-1}, Z_{n-2}, \dots, Z_{n-3}$  и т.д.

Mim. magn. – значение минимальной представительной магнитуды.

Estimate – запуск программы оценивания минимальной представительной магнитуды для заданного каталога землетрясений (см. Раздел 3.3.1).

Type of param = Density, 1/b – при выборе «Density» вычисляется поле плотности событий, при выборе «1/b» вычисляется среднее значение магнитуд землетрясений со значениями больше Mmin.

Далее стандартные параметры вычисляемого поля.

Замечание: AWS иногда создает файлы, у которых первые временные срезы заполнены значениями NaN. Обработка этих файлов в опции АНОМАЛИИ дает неверные результаты. Надо при обработке первые слои с NaN вырезать.

## 5. Plug-in Seismotectonics→Prognosis quality

Назначение: оценка качества поля для предсказания землетрясений [Гитис В. Г., Дерендяев А. Б. Подход к автоматическому прогнозу землетрясений // Информационные процессы. – 2016. – Т. 16. – №. 2. – С. 121-130.].

На рис. 5 показано диалоговое окно программы.

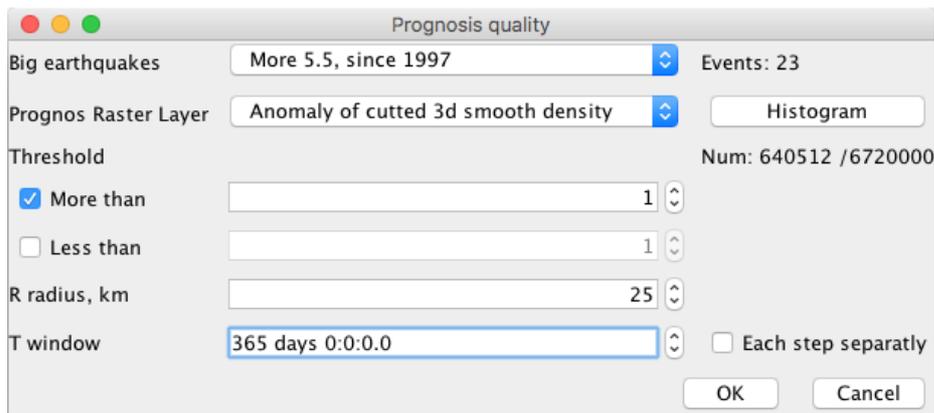


Рис. 5.

Big earthquakes – слой прогнозируемых событий.

Prognos Raster Layer – анализируемый 3D сеточный слой.

Threshold – пороговые значения сеточного слоя для объявления тревоги.

More than – анализ значений поля больше “Threshold”

Less then– анализ значений поля меньше “Threshold”

R radius, km – радиус прогнозного цилиндра.

T window – интервал прогноза (образующая цилиндра прогноза).

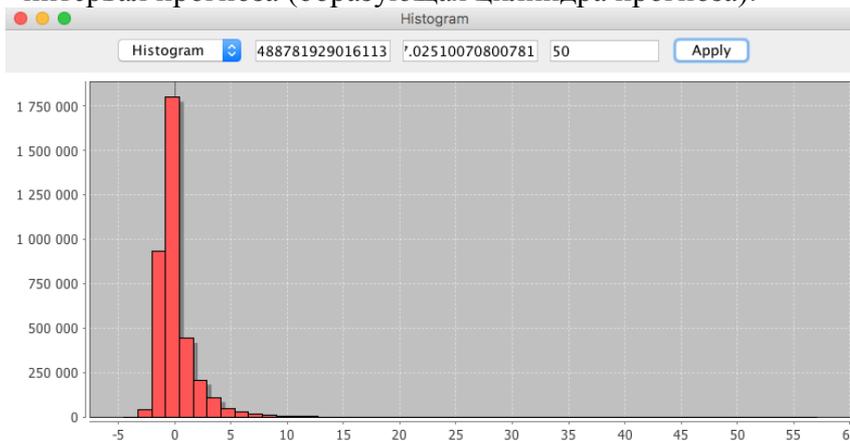


Рис. 6.

Histogram – построение гистограммы значений сеточного поля (Рис. 6).

Num – A/B, где A – число узлов сетки которые генерируют сигнал тревоги, B – общее число точек сетки

Два варианта прогноза.

Each step separately:

- нет флажка: если значение поля при включении More then больше (при включении Less then меньше) порога, то тревога дается на время T.
- есть флажок: нет флажка: если значение поля при включении More then больше (при включении Less then меньше) порога, то при выполнении условия прогноза тревога объявляется на время сеточного интервала dT. Если затем в этом месте

пространства опять выполняется условие прогноза, то опять объявляется тревога на интервал сетки  $dT$ , если не выполняется, то тревога не объявляется. Это равносильно стратегии изменения прогноза на каждом временном шаге  $dT$ .

Оценка поля выдается в окно After check (рис. 7)

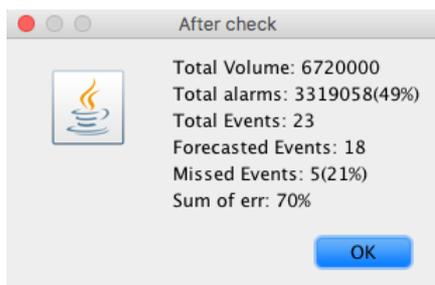


Рис.7.

Total Volume:	общее число точек сетки поля $B$ .
Total Alarms:	число точек сетки, которые попадают в область тревоги $D$ , в скобках – объем тревоги $V = D/B$ [%].
Total Events:	число прогнозируемых событий $N$ (если событие находится ВНЕ слоя $B$ , то оно все равно учитывается).
Forecasted Events:	число успешно предсказанных событий.
Missed Events:	число пропусков цели $n$ , в скобках – уровень прогноза $U = n/N$ [%].
Sum of err:	суммарная эффективность прогноза $D/B\% + n/N\%$

## 6. Plug-in Seismotectonics → Prognosis quality graph

Назначение: оценка качества поля для предсказания землетрясений, анализ прогноза [Гитис В. Г., Дерендяев А. Б. Подход к автоматическому прогнозу землетрясений // Информационные процессы. – 2016. – Т. 16. – №. 2. – С. 121-130.].

На рис. 8 показано диалоговое окно программы и окно вычислений.

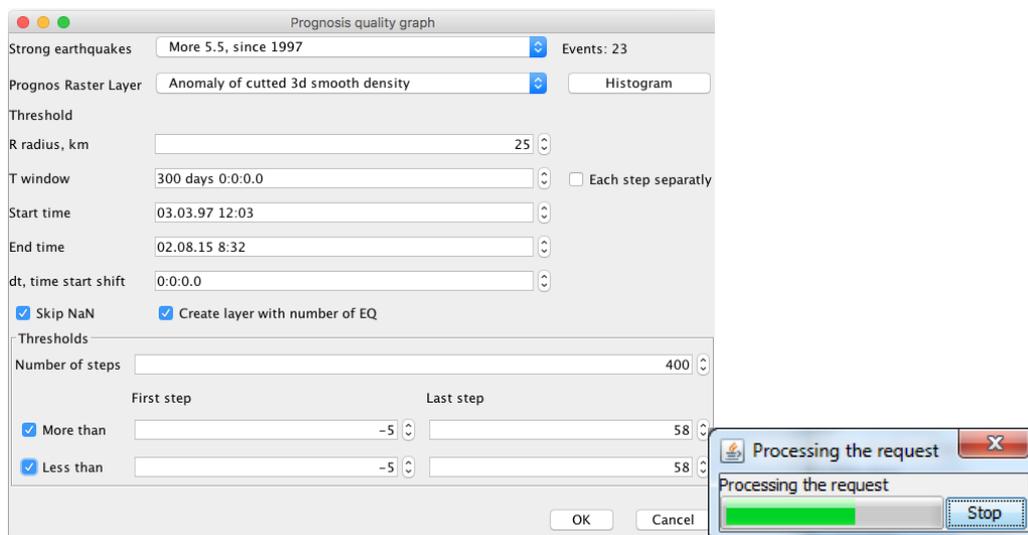


Рис. 8

Strong earthquakes: слой прогнозируемых событий.

Prognos Raster Layer: анализируемый 3D сеточный слой.

R radius, km: радиус прогнозного цилиндра.

T window: интервал прогноза (образующая цилиндра прогноза).

Start time: время начала обучения прогнозу (в интервал обучения входит время формирования первого цилиндра предвестника).

End time: время окончания обучения.

dt, time start shift: временной интервал между цилиндром предвестника и цилиндром прогноза (если на временном срезе  $t$  имеется значение поля  $f(t) > \text{“threshold”}$ , то формируется цилиндр тревоги, который начинается с момента  $t+dt$ ,  $0 < dt < dT$ ,  $dT$  – шаг сетки поля по времени).

Skip NaN: при включенном флажке анализ выполняется только для области, где значения поля не равны NaN

More than – выполнять анализ значений поля больше “Threshold”.

Less than – выполнять анализ значений поля меньше “Threshold”.

Create layer with number of EQ: создать сеточное поле: (1) для каждого узла сетки строится цилиндр предвестника; значение в узле сетки равно максимальному значению анализируемого поля в цилиндре предвестника, если стоит флажок “More than” или минимальному значению анализируемого поля в цилиндре предвестника, если стоит флажок “Less than”..

Histogram – построение гистограммы значений сеточного поля (Рис. 6).

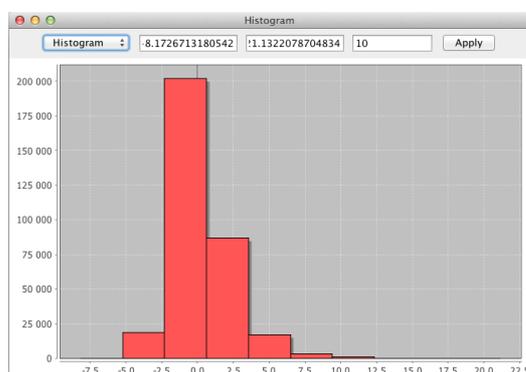


Рис. 9.

Два варианта прогноза.

Each step separately - нет флажка: тревога после объявления продолжается время  $T$ .  
- есть флажок: тревога после объявления отменяется через время  $\Delta T$ . Это равносильно стратегии изменения прогноза на каждом временном шаге  $\Delta T$ .

Оценка поля выдается в окно Graph (рис. 10)

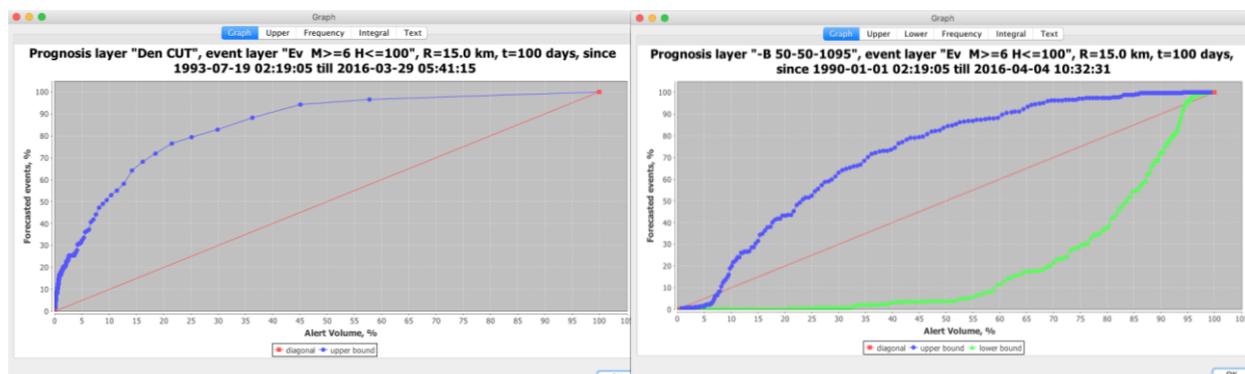


Рис. 10

Graph: графики связи уровня прогноза с объемом тревоги при изменении величины порога. Уровень прогноза равен отношению числа предсказанных событий к

общему числу предсказываемых событий. Объем тревоги равен отношению числа узлов сетки области тревоги к числу узлов сетки всей области прогноза. Объем тревоги равен вероятности прогноза для случайного поля.

Upper: график для порога More then

Lower: график для порога Less then

Frequency: условные распределения классов (Рис. 11)

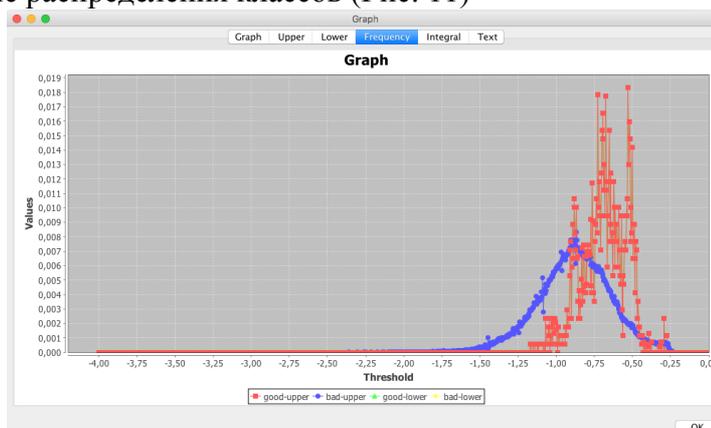


Рис. 11

Integral: интегральная характеристика (Рис. 12)

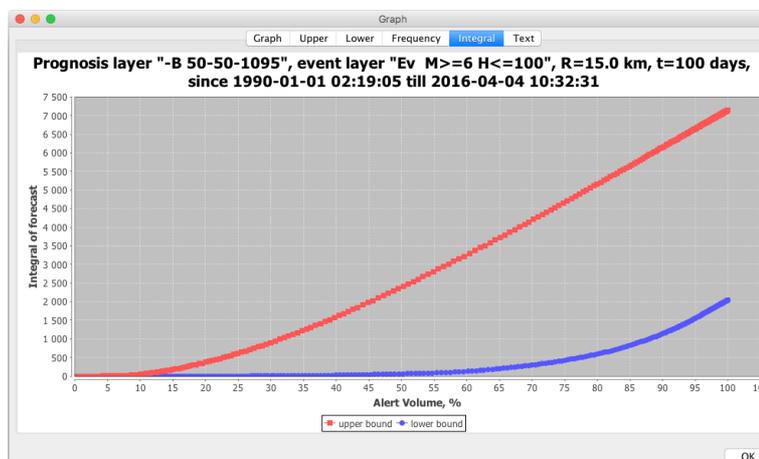


Рис 12.

Text: данные в текстовом формате. Пример дан в таблице 1:

ТАБЛИЦА 1

```
total (for check) 1784109 points, events: 263
For upper bound (step number, upper bound, % alert volume, % forecasted events):
0, 0.0, 100.0, 100.0
1, 1.001001001001001, 57.73161841569097, 96.57794676806084
2, 2.002002002002002, 45.00941366250605, 94.29657794676807
3, 3.0030030030030033, 36.28141554131502, 88.212927756654
4, 4.004004004004004, 29.883600161200913, 82.88973384030419
5, 5.005005005005005, 25.11242306383747, 79.46768060836501
```

Обозначения в таблице:

total: число узлов сетки поля,

events: число прогнозируемых событий,

столбцы таблицы для верхнего (нижнего) порога:

номер порога, значение порога, объем тревоги в %, уровень прогноза в %

## 7. Plug-in Seismotectonics→MultiDimAnalysis

Назначение: оценка параметров прогнозирующей функции для предсказания землетрясений по нескольким полям [Гитис В. Г., Дерендяев А. Б. Подход к автоматическому прогнозу землетрясений // Информационные процессы. – 2016. – Т. 16. – №. 2. – С. 121-130.].

Алгоритм.

Входные данные: учебная выборка эпицентров сильных землетрясений с номерами  $q=1, \dots, Q$  и поля  $\mathbf{F}_i$ ,  $i=1, \dots, I$ , которые представляют  $I$  свойств сейсмического процесса. Поля автоматически приводятся к наиболее густой координатной сетке.

Прогнозное поле имеет вид  $\Psi = a_1\mathbf{F}_1 + a_2\mathbf{F}_2 + \dots + a_I\mathbf{F}_I$ , где  $\mathbf{a}$  – вектор оцениваемых параметров.

На первом шаге алгоритма создается обучающая выборка. Для этого в цилиндрах предвестников каждого события  $q$  выбираются по  $K_q$  точек сетки со значениями  $f_{qni}$ , которые дают минимальные объемы тревоги. В результате получим множество векторов  $\{v_{qn}, \mathbf{f}_{qn}\}$ ,  $q=1, \dots, Q$ ,  $n=1, \dots, K$ .

На втором шаге находится правило прогноза. Вектор  $\mathbf{a}$  ищется из условия максимизации взвешенной суммы проекций векторов  $\mathbf{f}_{qn}$ . При этом вес  $w_{qn}$  каждого вектора увеличивается при уменьшении объема тревоги  $v_{qn}$ . Это позволяет преимущественно максимизировать проекции векторов с малым объемом тревоги. Очевидно, что максимум достигается для вектора, равного нормированной сумме этих взвешенных векторов

$$\mathbf{a} = \frac{\sum_{q=1}^Q \sum_{n=1}^{K_q} w_{qn} \mathbf{f}_{qn}}{\sqrt{\sum_{q=1}^Q \sum_{n=1}^{K_q} w_{qn}^2 \mathbf{f}_{qn}^T \mathbf{f}_{qn}}}$$

На третьем шаге вычисляется прогнозное поле  $\Psi = a_1\mathbf{F}_1 + a_2\mathbf{F}_2 + \dots + a_I\mathbf{F}_I$ .

На рис. 13 показано диалоговое окно программы.

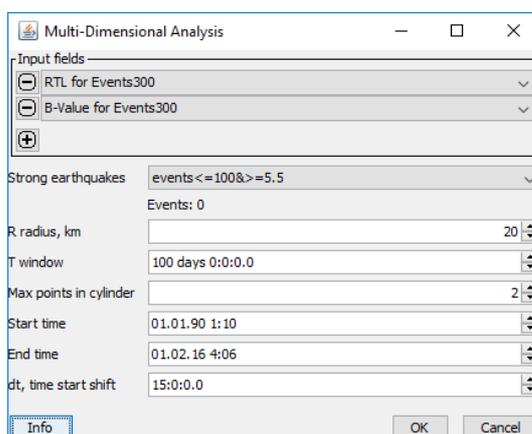


Рис. 13.

По кнопке «+» открываются панели выбора сейсмических полей  $\mathbf{F}_i$ .

По кнопке «-» панель удаляется.

Strong earthquakes: каталог прогнозируемых землетрясений.

R radius, km: радиус цилиндра прогноза (и предвестника).

T widow: образующая цилиндра прогноза (и предвестника).

Max points in cylinder: число точек сетки цилиндра предвестника, которые дают минимальные объемы тревоги.

Start time: время начала обучения (в интервал обучения входит время формирования первого цилиндра предвестника).

End time: время окончания обучения.

dt, time start shift: временной интервал между цилиндром предвестника и цилиндром прогноза (если на временном срезе  $t$  имеется значение поля  $f(t) > \text{“threshold”}$ , то формируется цилиндр тревоги, который начинается с момента  $t+dt$ ,  $0 < dt < dT$ ,  $dT$  – шаг сетки поля по времени).

## 8. Модуль «Transformation»→«Projection» (модификация)

Операция «Projection» вычисляет 2D или 3D сеточный слой статистик рядов 3D сеточного поля по осям T или Z. К статистикам относятся среднее значений ряда, среднеквадратичное отклонение, минимум и максимум. Первый срез выходного поля имеет значение координаты по оси T или Z такое же как входное поле.

Окно модуля показано на Рис. 14.

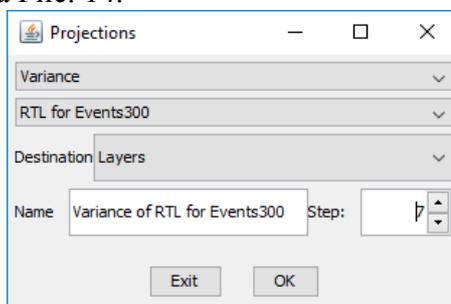


Рис. 14

1-я панель – имя оцениваемой статистики.

2-я панель – имя входного 3D поля.

3-я панель имя группы в списке слоев, куда помещается выходное поле.

Name – имя выходного поля

Step – число срезов выходного 3D поля. Например, входное поле содержит наблюдения за 30 лет. Временные срезы поля являются средними значениями метеорологического параметра за месяц. Надо вычислить 3D поле, временные срезы которого являются среднеквадратичными отклонениями этих значений. Тогда следует выбрать Step=12, при этом выходное поле имеет 12 временных срезов.

## 9. Модуль «Transformation»→«MoveRaster»

Назначение: сдвиг сеточного поля по оси T.

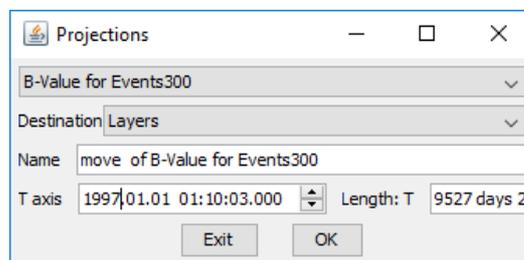


Рис. 15.

1-я панель: Имя входного поля.

Name: имя выходного поля.

T axis: время первого временного среза выходного поля.

Length: T : временной интервал выходного поля.

## 10. Модуль «Transformation»→«Projection»

Операция «Projection» вычисляет 2D или 3D сеточный слой статистик рядов 3D сеточного поля по осям T или Z. К статистикам относятся среднее значений ряда, среднеквадратическое отклонение, минимум и максимум. Окно показано на рис 16.

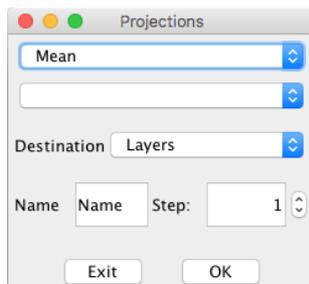


Рис. 16

1-я панель: статистика.

2-я панель: имя входного поля

Name: имя выходного поля

Step: число временных (или Z-срезов) выходного поля. Примеры: (1) Step=1 – вычисляется 2D статистик; (2) Пусть дано входное 3D поле среднемесячных температур за 20 лет, зададим Step=12, получим выходное 3D поле статистик (mean, variation, Max, Min) среднемесячных температур за 20 лет

