

# Вариации параметров группирования сейсмичности перед сильными землетрясениями

Крушельницкий Кирилл, ИТПЗ РАН

Научный руководитель: доктор физ.-мат. наук, профессор, зав.  
Кафедрой физики Земли ФФ МГУ Смирнов Владимир Борисович

Консультант: чл.-корр. РАН, доктор физ.-мат. наук, директор ИТПЗ  
РАН Шебалин Петр Николаевич

# Постановка задачи

Выявить связь между сильными землетрясениями и пространственно-временными вариациями продуктивности.

Проверить значимость полученных результатов с помощью алгоритма прогноза землетрясений, основанного на обнаруженной связи между сильными землетрясениями и вариациями продуктивности.

# Функция близости как метод установления наличия или отсутствия связи между землетрясениями

$$\eta_{12} = \begin{cases} t_{12} (r_{12})^{d_f} 10^{-b m_1}, & t_{12} > 0 \\ +\infty, & t_{12} \leq 0 \text{ - второе раньше первого} \\ & \text{(невозможно)} \end{cases}$$

Индексы: 1 - землетрясение, которое произошло раньше; 2 - произошло позже

$t_{12}$  - время между землетрясениями

$r_{12}$  - расстояние

$m_1$  - магнитуда первого

$d_f$  - фрактальная размерность

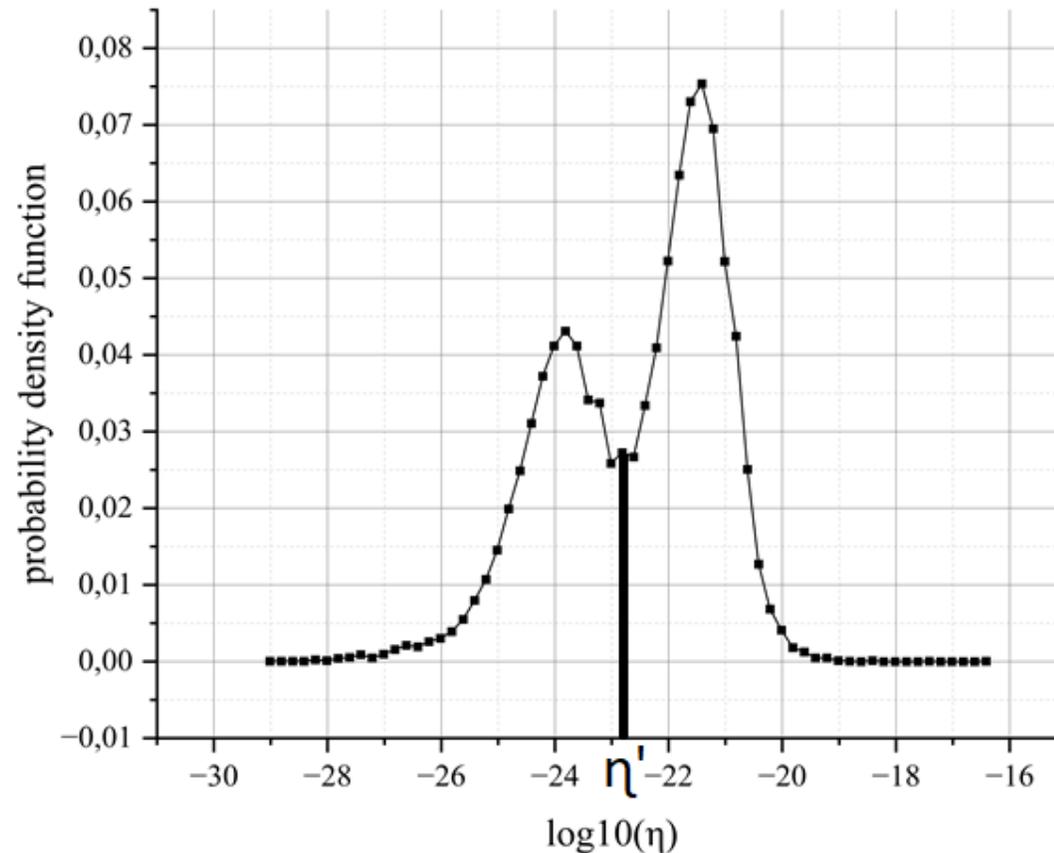
$b$  - наклон графика повторяемости

$\eta_{12}$  есть мера близости между двумя землетрясениями

Все землетрясения можно разделить на связанные и фоновые.

Порог  $\eta'$  разделяет связанные события от независимых.

Если функция между двумя событиями меньше  $\eta'$ , то они являются связанными. Иницирующее называется «родитель», инициированное – «потомок».

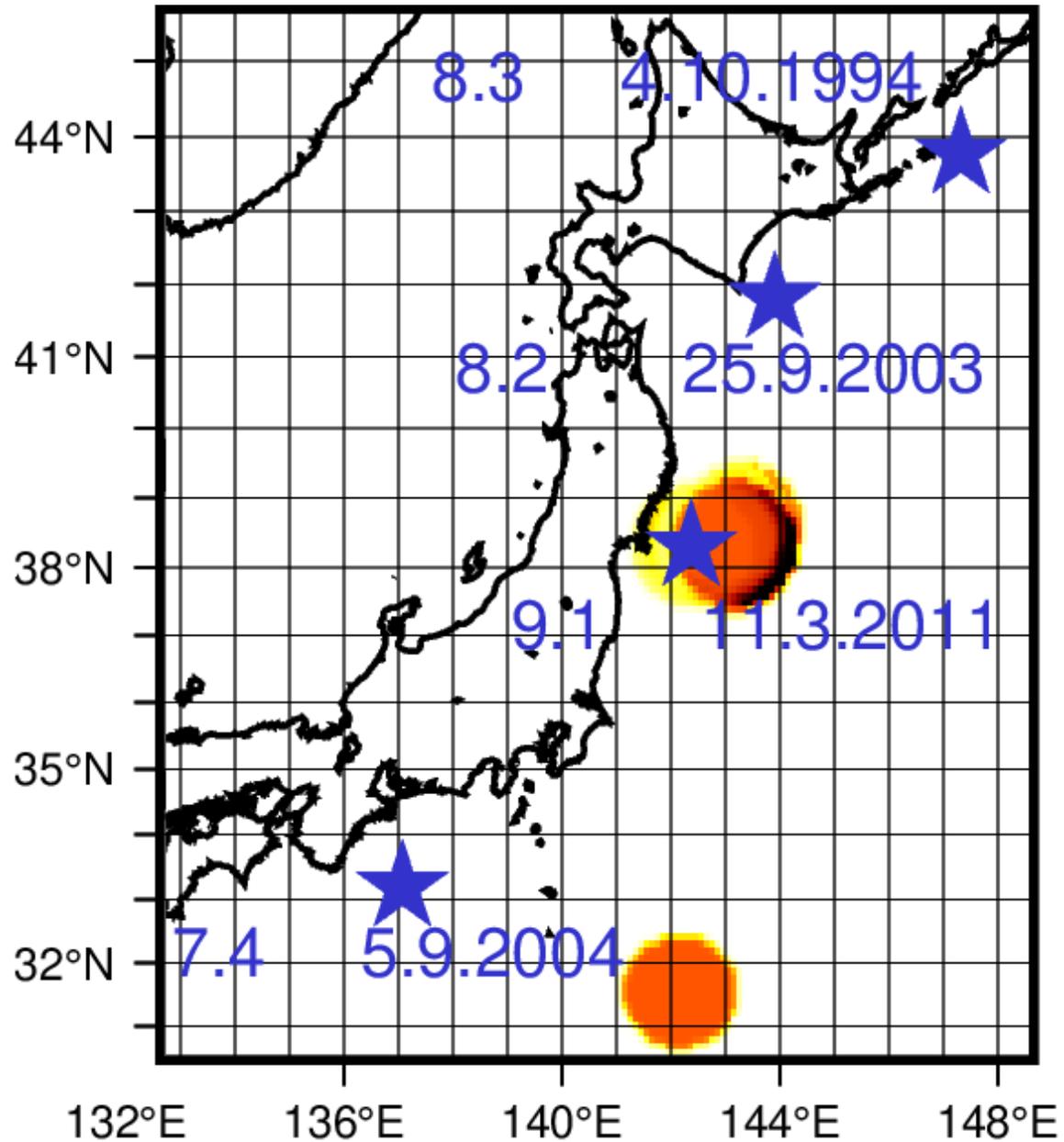


Продуктивность землетрясения = число его потомков.

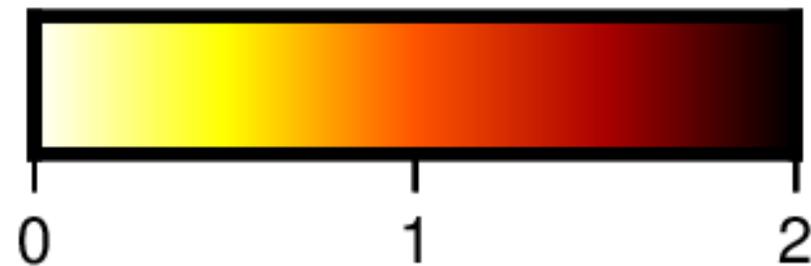
Мы изучаем  $\Delta M$ -продуктивность - число потомков, удовлетворяющих неравенству  $M_{\text{потомка}} \geq M_{\text{родителя}} - \Delta M$ .

$\Delta M$  - параметр, относительный порог магнитуды.

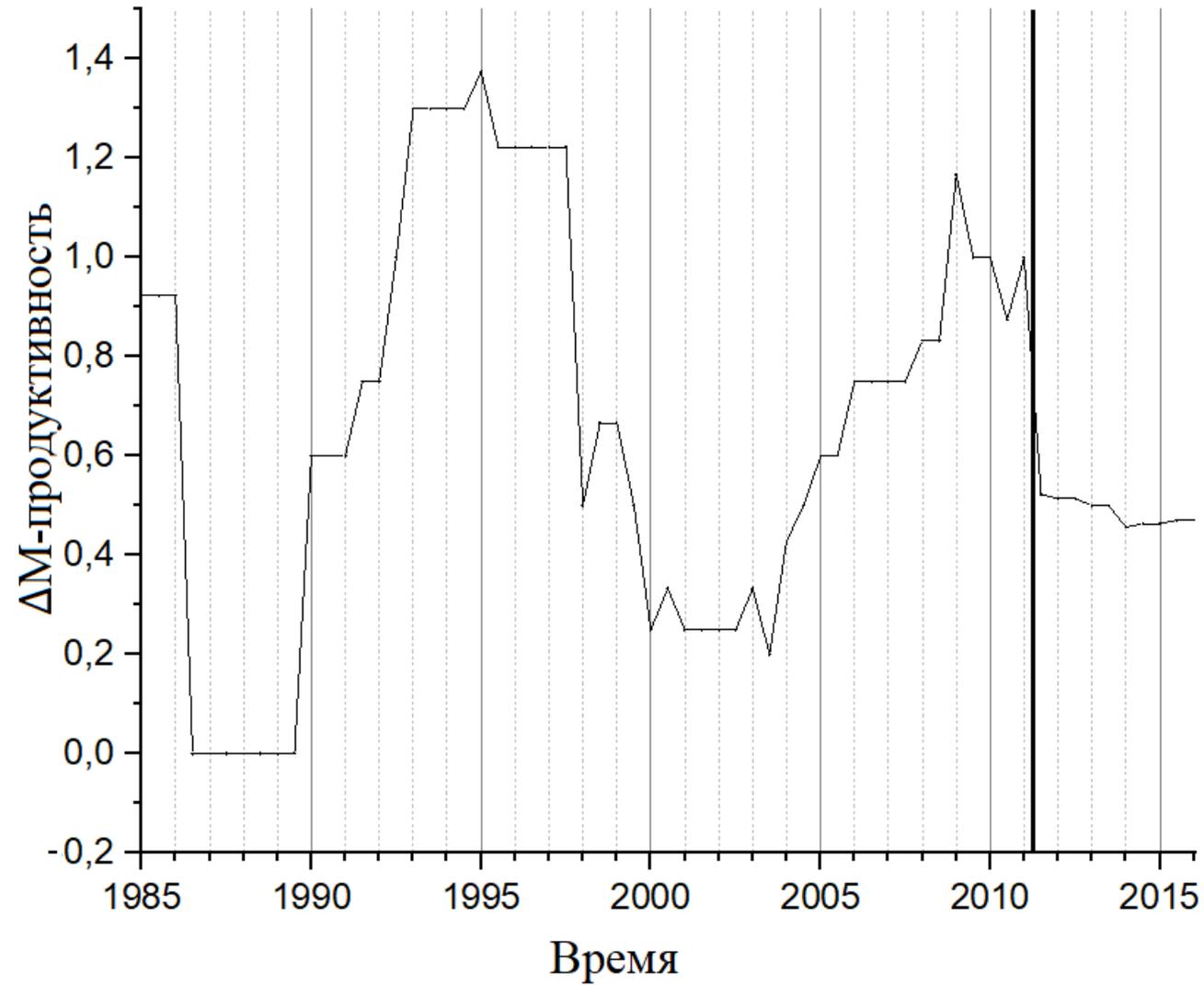
Параметр кластеризации  $\Lambda$  - средняя по пространственной области  $G$  и за интервал времени  $T$   $\Delta M$ -продуктивность.



Карта средней  $\Delta M$ -продуктивности Японии. Усреднение за период 01.01.2011 – 11.03.2011

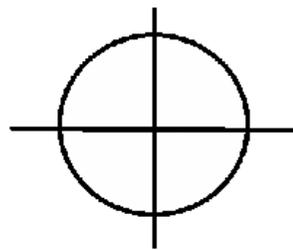
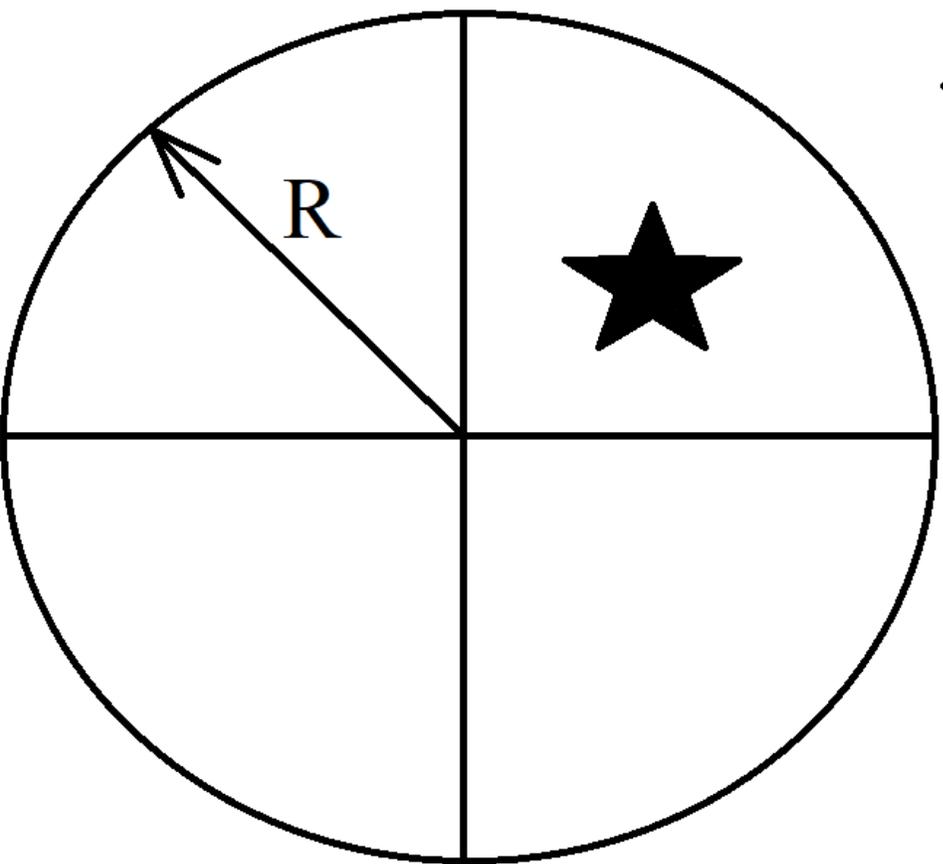


# Землетрясение Тохоку, 11.03.2011, М9.1



# Как работает алгоритм.

- 1) Строится равномерная пространственная сетка с шагом  $0,1^\circ$ .
- 2) Рассчитывается средняя продуктивность в каждом узле сетки за прошедшие 5 лет.
- 3) Если средняя продуктивность в узле сетки  $\Lambda_i$  превышает определенное пороговое значение  $\Lambda_{\max}$ , то в круге радиуса  $R$  с центром в данном узле сетки объявляется тревога на период времени  $T$ .
- 4)  $R$ ,  $T$  а также минимальная магнитуда землетрясений-целей прогноза  $M$  – варьируемые параметры.



- ложная тревога

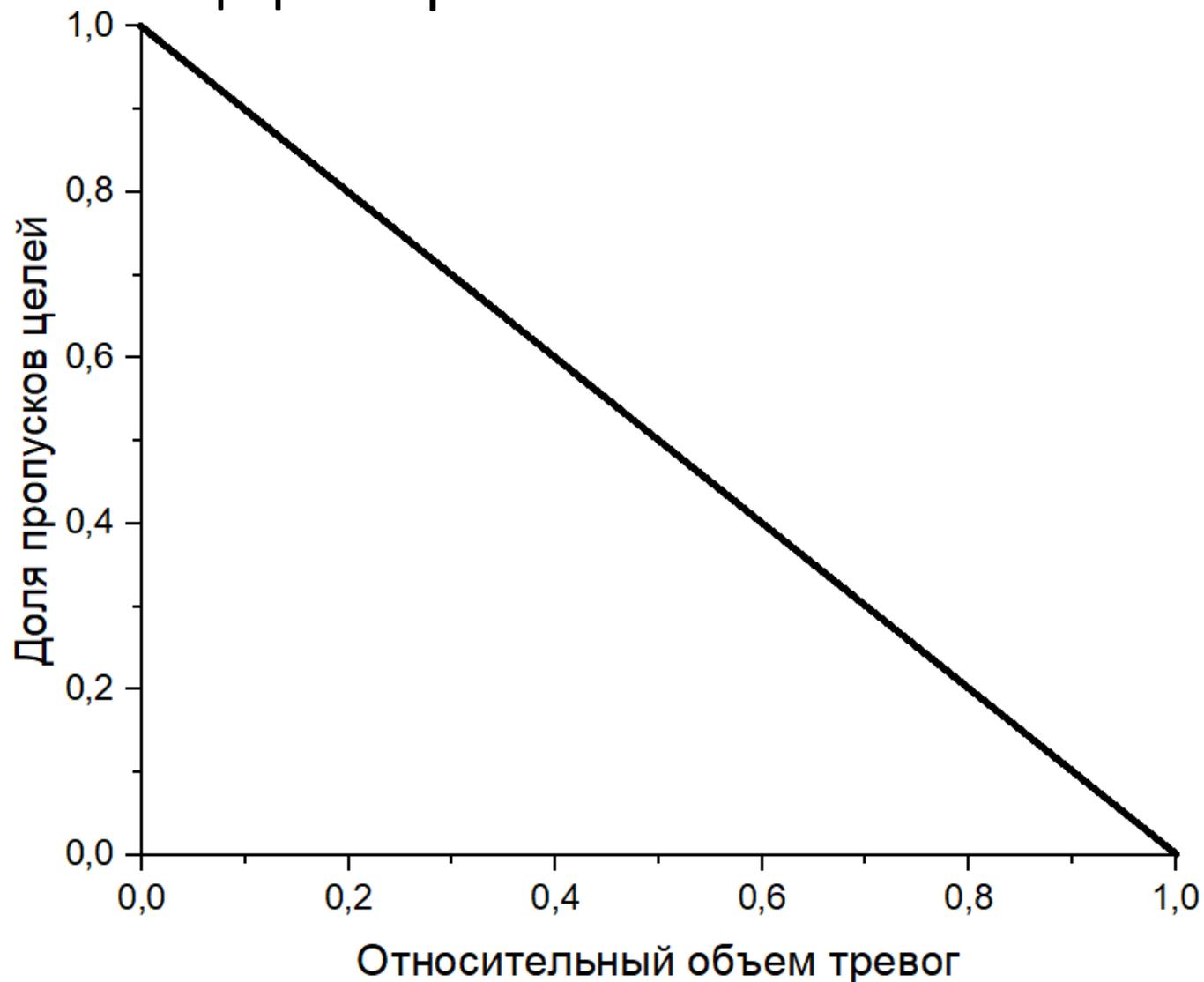


- пропуск цели



- успешный прогноз

# Диаграмма ошибок

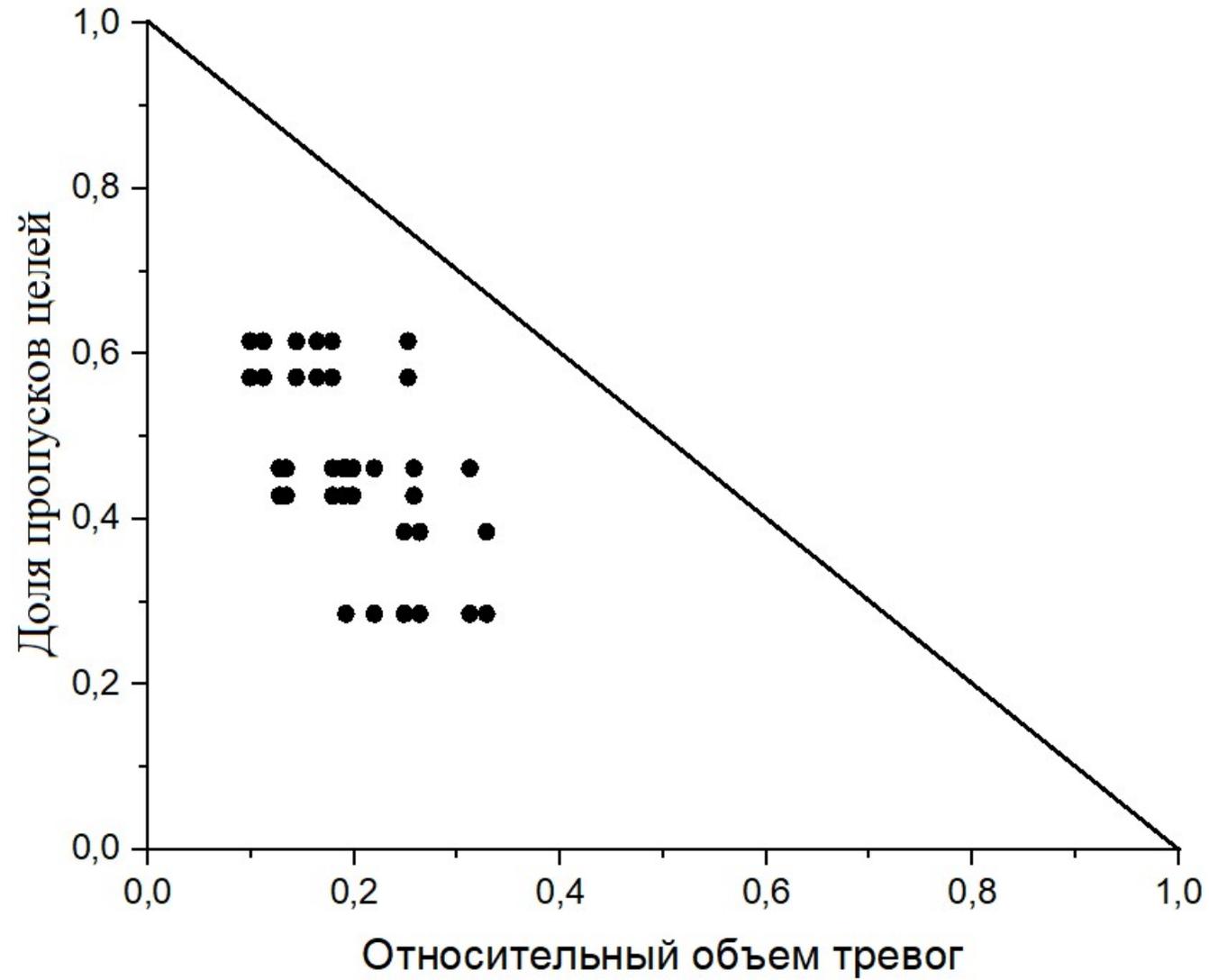


Доля пропусков целей – отношение числа пропусков целей к общему числу целей.

Относительный объем тревог – отношение числа землетрясений, находящихся внутри тревог, к общему числу землетрясений.

Чем ближе на диаграмме точка к началу координат, тем лучше работает алгоритм.

# Диаграмма ошибок Японии



# Выводы

Применение алгоритма подтверждает наличие связи между сильными землетрясениями и вариациями средней продуктивности.

Требуется провести работу над более детальной проверкой действенности алгоритма и повышением его эффективности, прежде чем применять его на практике.

# ССЫЛКИ

Zaliapin, Ilya & Gabrielov, Andrei & Keilis-Borok, Vladimir & Wong, Henry. (2008). Clustering Analysis of Seismicity and Aftershock Identification. *Physical review letters*.

P N Shebalin, C Narteau, S V Baranov, Earthquake productivity law, *Geophysical Journal International*, Volume 222, Issue 2, August 2020, Pages 1264–1269

Спасибо за внимание!