

Результаты верификации синтетического каталога региона Алтай-Саяны-Прибайкалье

1. L-тест

Синтетический каталог разбивается на N частей длительностью T , и для каждой части подсчитываются N раз подсчитывается совместная вероятность наблюдения $w(i,j)$ землетрясений магнитуды с индексом i во всех пространственных элементах согласно модели. Вероятность $f_{ij}(k)$ для каждой ячейки (ij) определяется как число реализаций $w(i,j)=k$, деленное на N . Находится величина L – логарифмическая функция правдоподобия, равная сумме логарифма $f_{ij}(k)$ по всем ячейкам пространства и магнитуды. Затем фактический каталог поочередно заменяется отрезками синтетического каталога, подсчитываются соответствующие 500 значений логарифмической функции правдоподобия. Строится эмпирическая функция распределения и гистограмма этих значений, наносится значение L по фактическому каталогу (Рис. 1). Величина γ находится как значение эмпирической функции распределения при аргументе, равном L . В данном случае это значение $\gamma=0.42$. Таким образом, значение L находится вблизи медианы эмпирического распределения, что означает очень хорошее совпадение модели с фактическими данными.

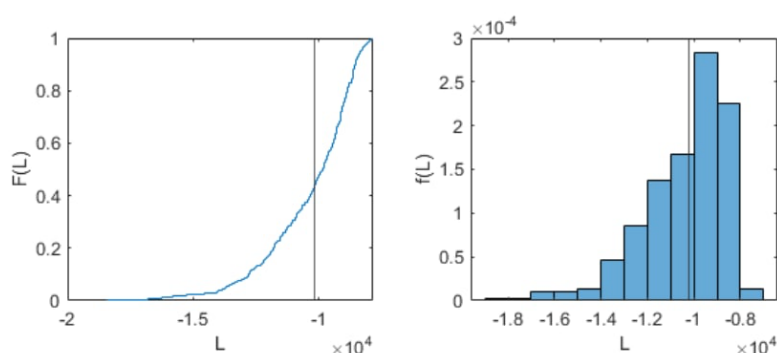


Рис. 1. Результаты верификации синтетического каталога землетрясений региона Алтай-Саяны-Прибайкалье по фактическому каталогу с 1982 по 2021 гг., $M \geq 3.5$ – L-тест. Эмпирическая функция распределения (синяя кривая слева) и гистограмма (справа) величины логарифмического правдоподобия. Вертикальной линией показано значение L .

2. N-тест

В N-тесте проверяется только соответствие общего числа землетрясений в модели реальному. Вероятность реализации определенного числа событий в данном случае определяется просто с помощью эмпирической функции распределения числа событий

в 500 отрезках синтетического каталога (Рис. 2). Значение L находится между 15% и 85% квантилями эмпирического распределения, что означает хорошее совпадение модели с фактическими данными. Здесь можно отметить, что значительное отличие величины L от медианного значения эмпирического распределения может быть связано с неполнотой каталога при малых магнитудах в низкосейсмичных областях.

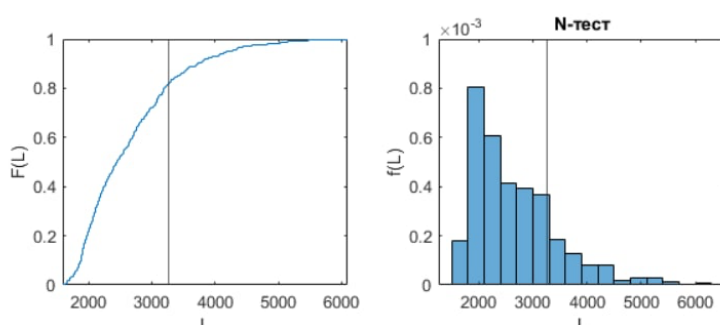


Рис. 2. Результаты верификации модели сейсмического режима (синтетического каталога землетрясений) по фактическому каталогу с 1982 по 2021 гг., $M \geq 3.5$ – N-тест. Эмпирическая функция распределения (синяя кривая слева) и гистограмма (справа) величины логарифмического правдоподобия. Вертикальной линией показано значение L .

3. S-тест

В S-тесте проверяется соответствие пространственного распределения числа землетрясений в модели реальному. Тест аналогичен L-тесту с той разницей, что уменьшается размерность таблиц значений $\omega(i, j)$ и $f_{ij}(k)$. Двухмерная таблица $\omega(i, j)$ (пространство и магнитуда) редуцируется к одномерной таблице (только пространство) суммированием по индексу j , соответствующему интервалам магнитуды. Возможно суммирование по интервалам магнитуды в некотором диапазоне. Например, целесообразно задать порог рассматриваемых магнитуд землетрясений несколько выше, чем M_c . Эмпирическое распределение по синтетическому каталогу также строится только по пространственным ячейкам.

Мы подсчитали величину логарифмической функции правдоподобия и построили эмпирические функции распределения и плотности распределения для землетрясений с нижним порогом по магнитуде, равным $M_c=3.5$ (Рис. 3). Величина γ , определенная аналогично тому, как это было сделано в L-тесте, оказалась равной 0.61. Таким образом, значение логарифмической функции правдоподобия находится вблизи

медианы эмпирического распределения, что означает очень хорошее совпадении модели с фактическими данными.

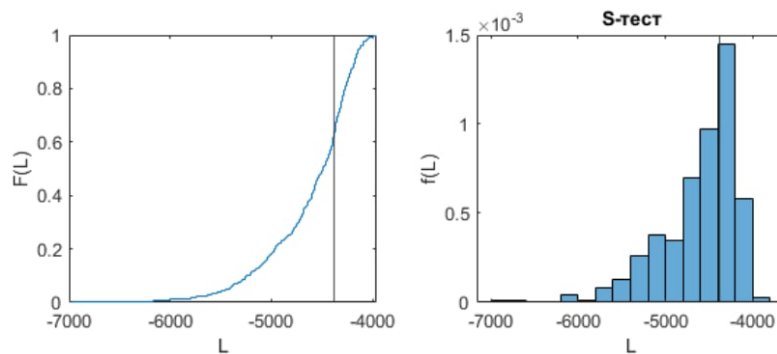


Рис. 3. Результаты верификации модели сейсмического режима (синтетического каталога землетрясений) по фактическому каталогу с 1982 по 2021 гг., $M \geq 3.5$ – S-тест. Эмпирическая функция распределения (синяя кривая слева) и гистограмма (справа) величины логарифмического правдоподобия. Вертикальной линией показано значение логарифмической функции правдоподобия по фактическим данным.

4. M-тест

M-тест аналогичен S-тесту с той разницей, что таблица значений $\omega(i, j)$ редуцируется к одномерной суммированием по пространственным ячейкам (индекс i). Возможно ограничение рассматриваемого интервала магнитуды. Например, целесообразно задать порог рассматриваемых магнитуд землетрясений несколько выше, чем M_c . Эмпирическое распределение по синтетическому каталогу строится только по интервалам магнитуды.

Мы подсчитали величину логарифмической функции правдоподобия и построили эмпирические функции распределения и плотности распределения для землетрясений с нижним порогом по магнитуде, равным 4 (Рис. 4). Величина γ , определенная аналогично тому, как это было сделано в L-тесте, оказалась равной 0.41. Таким образом, значение логарифмической функции правдоподобия и для этого теста находится вблизи медианы эмпирического распределения, что означает очень хорошее совпадении модели с фактическими данными.

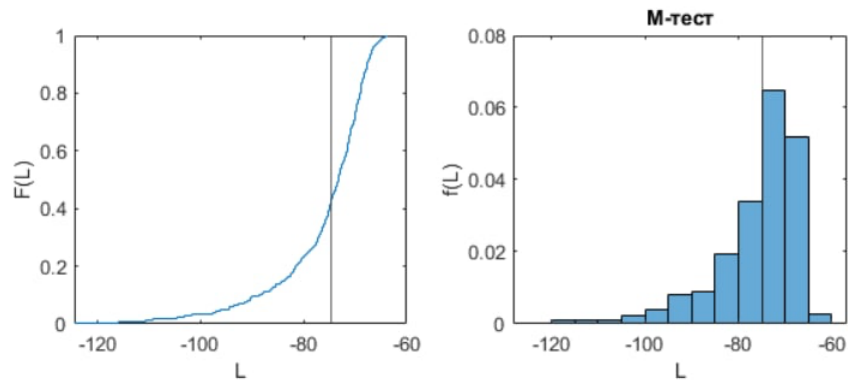


Рис. 4. Результаты верификации модели сейсмического режима (синтетического каталога землетрясений) по фактическому каталогу с 1982 по 2021 гг., $M \geq 3.5$ – M-тест. Эмпирическая функция распределения (синяя кривая слева) и гистограмма (справа) величины логарифмического правдоподобия. Вертикальной линией показано значение логарифмической функции правдоподобия по фактическим данным.