

## Анализ на точността на предлагания метод за реконструкция на foF2 и MUF3000 за територията на България по данни на TEC

Румяна Божилова

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences

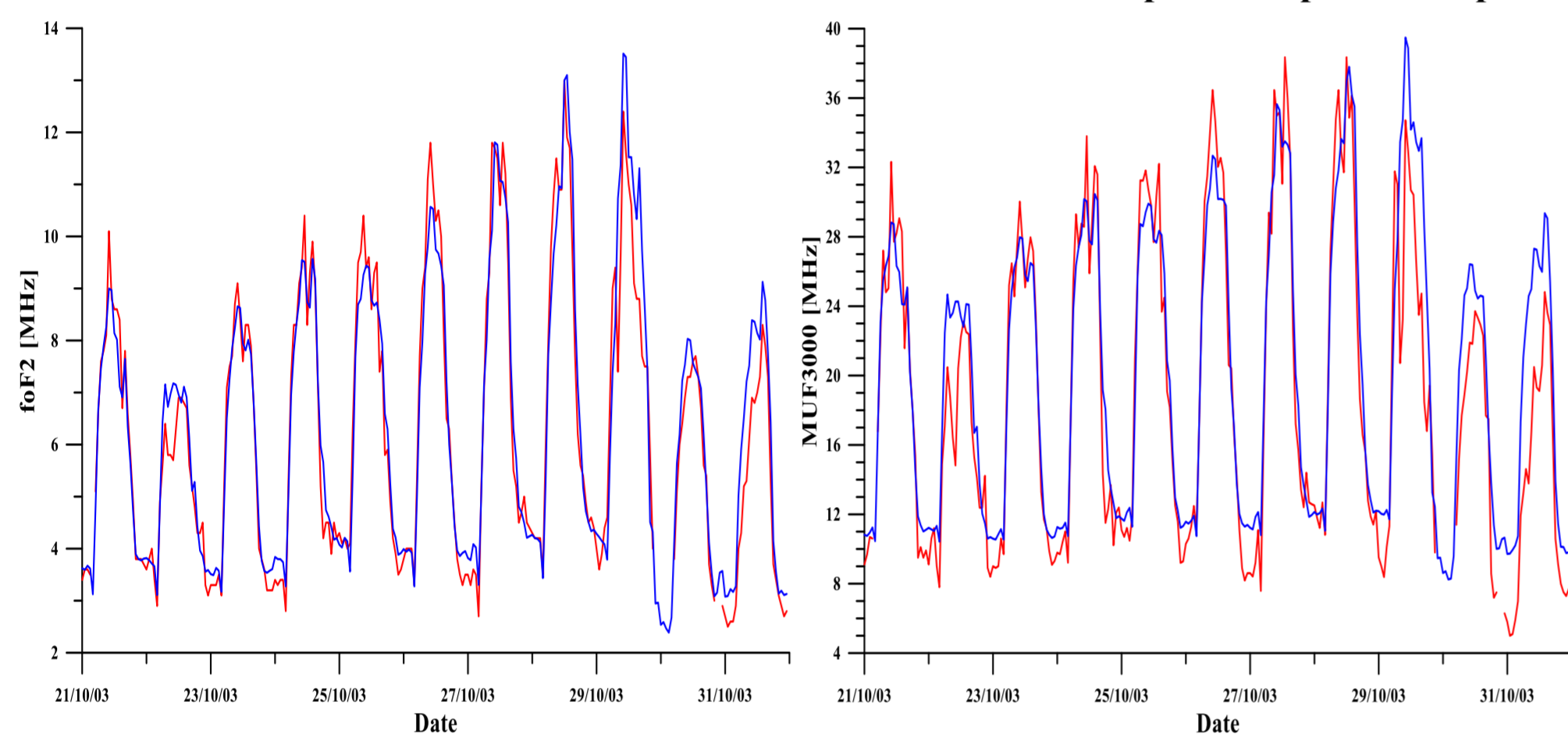
Настоящата работа представя анализ на точността на предлагания метод за реконструиране на критичните честоти на йоносферата над България по данни на Total electron content (TEC). Изчислени са средните и средноквадратични грешки за критичната честота foF2 и максимално приложимата честота на разстояние до 3000км (MUF3000). Направено е сравнение на получените грешки за целия разглеждан период от 1999-2014 и тези изчислени за приведените конкретни месеци с наличие на силни геомагнитни смущения. Резултатите показват, че предлаганият модел за реконструкция работи еднакво успешно както в спокойни, така и в силно смутени условия.

Изчислени са всички стойности на foF2 за целия интервал време от 1999г. до 2014г. по параболичните зависимости от стойностите на TEC- общо 116886 часови стойности и са сравнени с измерените. Средната грешка е практически равна на нула, а средноквадратичната грешка е 0.55MHz. Аналогично на foF2 и за другата величина MUF3000 са изчислени стойностите за целия интервал време от 1999г. до 2014г. по параболичните зависимости от стойностите на TEC- общо 116644 часови стойности и са сравнени с измерените. Средната грешка е практически равна на нула, а средноквадратичната грешка в този случай е 2.1MHz. От практическа гледна точка в случаите на изчисление радиотрасета, тази грешка е допустима. Традиционно стойностите на средната грешка (ME) и средноквадратична грешка (RMSE) се изчисляват по следните формули:

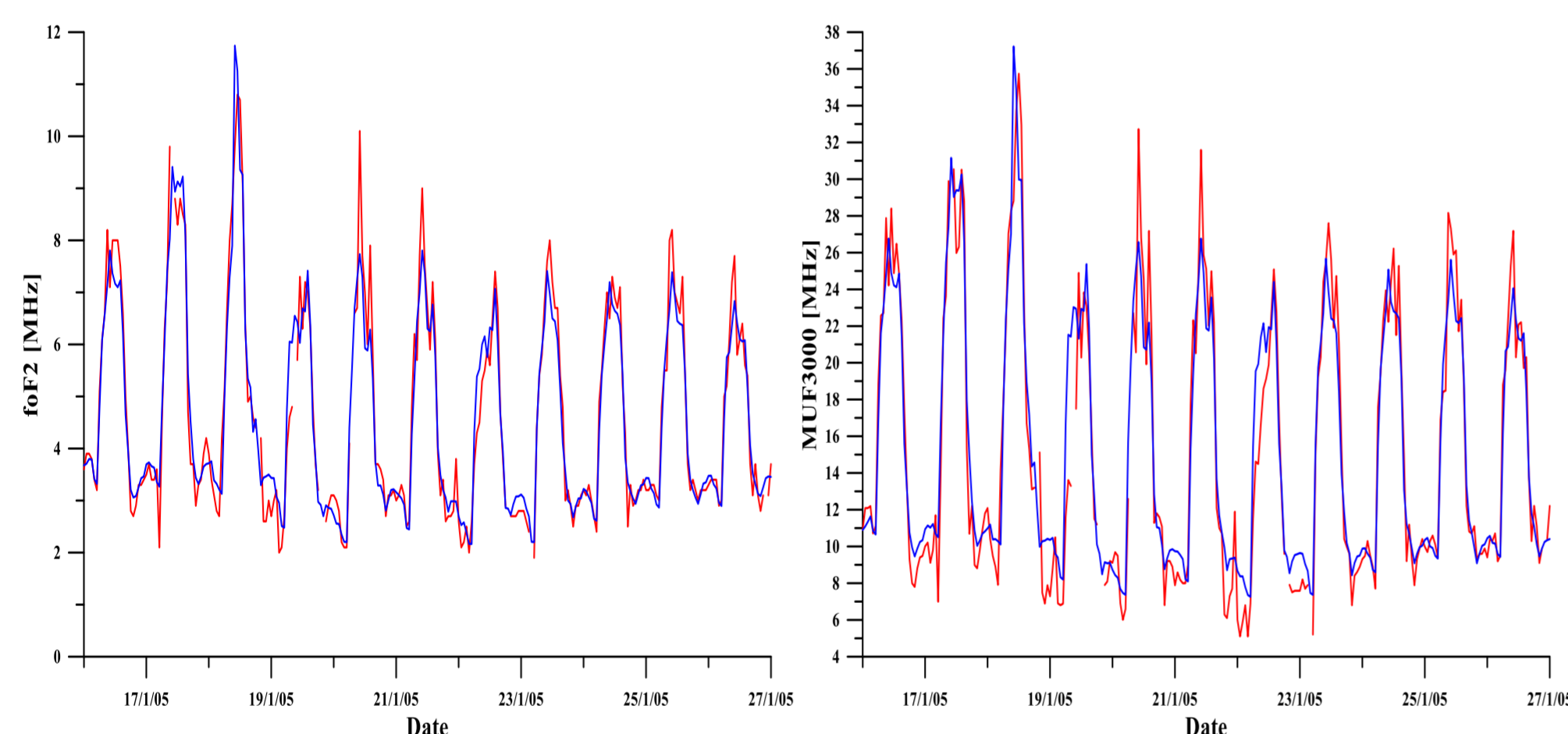
$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (f_{cr\ mod} - f_{cros})$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (f_{cr\ mod} - f_{cros})^2}$$

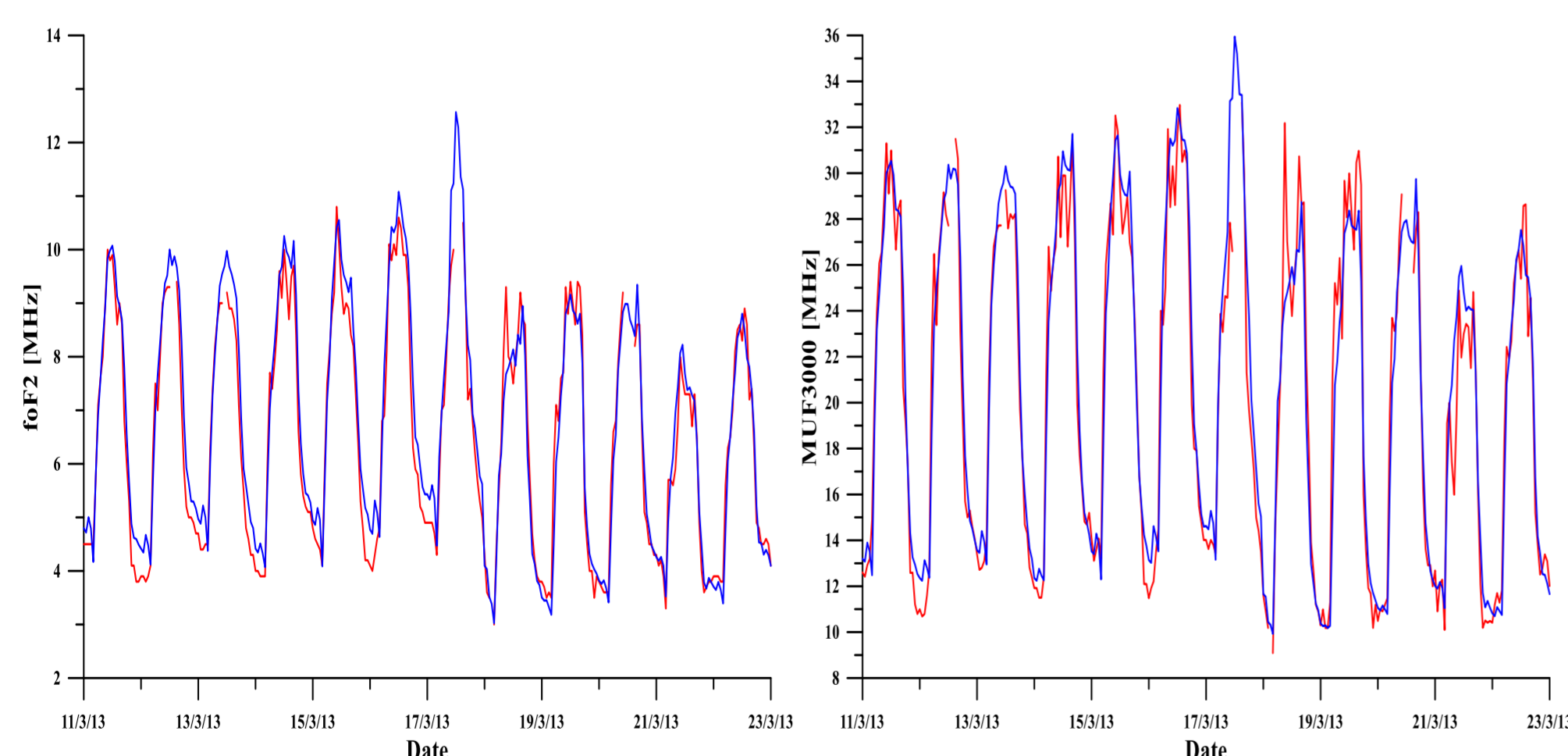
В следващите примери е показано поведението на получените чрез TEC критични честоти сравнени с измерените такива, в условията на конкретни геомагнитни бури. Пресметнати са и съответните средни и средноквадратични отклонения за всеки конкретен случай.



Фиг. 1. Сравнение на определените по TEC часови стойности на foF2 (синя линия; ляв панел) и измерените такива (червена линия; ляв панел) и съответните пресметнати стойности на MUF3000 (синя линия; десен панел) от TEC и измерените такива (червена линия; десен панел) за периода 21-31 октомври 2003 г.



Фиг. 2. Аналогична на Фиг. 1., но за периода 16-26 януари 2005г.



Фиг. 3. Аналогична горните фигури, но за периода 11-22 март 2013г.

На Фиг. 1. са показани измерените стойности на двата параметъра: foF2 (ляв панел; червена линия) и MUF3000 (десен панел; червена линия) и съответните реконструирани такива по TEC за foF2 (ляв панел; синя линия) и MUF3000 (десен панел; синя линия) за периода 21- 31 октомври 2003 г. Разгледаният времеви интервал е избран поради регистрираната екстремална по сила геомагнитна буря, известна като Halloween geomagnetic storm, в периода 29-30 октомври. От Фиг. 1. се вижда, че съвпадението на измерените и моделираните стойности е задоволително не само в спокойните дни на месеца, но и в смутените. За показания интервал време на Фиг. 1. средната грешка (ME) за foF2 възлиза на 0.2 MHz, докато тази за MUF3000 е 1.55MHz, а съответните RMSE на foF2 е 0.73MHz, а RMSE на MUF3000 е 3.47 MHz. RMSE стойностите на двата йоносферни параметъра при разгледания по-горе пример, не се различават съществено от грешките за целия интервал от години.

Фиг. 2. е идентична на Фиг. 1., но избрания период 16-26 януари 2005г. съответства на поредицата геомагнитни бури от 17 до 22 януари 2005г. И в този случай се вижда, че реконструираниите стойности през деня са подценени, докато тези през нощта са надценени. За показания интервал време на Фиг. 2. средната грешка за foF2 възлиза практически на нула, докато тази за MUF3000 е 0.28MHz, а съответните RMSE на foF2 е 0.53MHz, а RMSE на MUF3000 е 2.22MHz. И двете стойности на средноквадратичната грешка почти не се различават от грешките за целия интервал от години, които са съответно RMSE~2.1MHz за MUF3000 и RMSE~0.55MHz за foF2.

Фиг. 3. е аналогична на предходните две фигури, но избрания период е 11-22 март 2013г. Избран е този времеви интервал за да се покаже сравнение между реконструираниите стойности за двете йоносферни характеристики по данни на TEC и съответните измерени стойности на същите величини в условията на геомагнитната буря от 17 март 2013г. При този пример, както и на фигурите по-горе нямаме задоволително съвпадение между измерените и реконструирани стойности на критичните честоти на йоносферата. За показания интервал време на Фиг. 3. средната грешка (ME) за foF2 е 0.19 MHz, докато тази за MUF3000 е 0.30MHz, а съответните RMSE на foF2 е 0.52MHz, а RMSE на MUF3000 е 1.81MHz. И в този пример нямаме добро съвпадение между средните и средноквадратичните грешки за интервала 11-22 март 2013г. и намерените такива за целия разглеждан 15-годишен период.

**Изводи:** В настоящето изследване е представена оценка на точността на модела за реконструиране на критичните честоти на йоносферата над България по данни на TEC. Общата статистика на отклоненията (средна и средноквадратична грешка) доказва приложимостта на предлагания метод с достатъчна за практически цели точност. Приведените примери за приложение на метода в условията на силни йоносферни смущения, предизвикани от геомагнитни бури показват приложимостта на метода и в подобни условия. И в тези случаи грешката на модела не е принципно различна от изчислената за целия разглеждан интервал време. Направеният анализ дава основание за използване на метода за реконструкция за целите на йоносферното прогнозиране в случаите, когато липсват преки данни от измервания на критичните честоти на йоносферата.