

УДК 521.92

Анализ точности прогноза углов прецессии-нутаии в 2007–2017 гг.

З.М. Малкин

ФГБУН Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Пулковское шоссе, 65,
Санкт-Петербург, Россия, 196140
malkin@gaoran.ru

Поступила в редакцию 15 ноября 2017 г.

Аннотация. В работе проведено исследование точности прогнозирования координат небесного полюса (углов прецессии-нутаии) на материале реальных прогнозов, полученных в 2007–2017 гг. в Пулковской обсерватории (ГАО РАН) и в Морской обсерватории США (USNO). Для надежности и полноты сравнения использованы три оценки ошибки прогноза: среднеквадратическая, средняя абсолютная и максимальная. В результате сравнения оказалось, что точность прогноза в ГАО РАН существенно выше, чем в USNO.

ACCURACY ASSESSMENT OF THE PREDICTION OF PRECESSION-NUTATION ANGLES IN 2007–2017, *by Z.M. Malkin*. The work investigated the accuracy of prediction of the celestial pole coordinates (precession-nutation angles) on the material of actual predictions obtained in 2007–2017 at the Pulkovo Observatory and at the United States Naval Observatory (USNO). To get a reliable and comprehensive comparison, three estimates of the prediction error were computed: root-mean-square, mean absolute, and maximum ones. The accuracy of the predictions made at the Pulkovo Observatory proved to be substantially better than for the predictions made at USNO.

Ключевые слова: координаты небесного полюса, углы прецессии-нутаии, прогноз

1 Введение

Знание высокоточных положений небесного полюса необходимо для решения многих задач, таких как, например, космическая навигация, эфемеридное обеспечение навигационных спутниковых систем и оперативное определение всемирного времени. Большинство этих задач требует знания координат небесного полюса, определяемых углами прецессии-нутаии, в реальном времени или даже с некоторым упреждением. С другой стороны, наиболее точные значения углов прецессии-нутаии получаются из обработки наблюдений методом радиоинтерферометрии с длинными базами (РСДБ) на глобальных сетях станций, результаты которой обычно доступны с задержкой в несколько недель после наблюдений. Поэтому все приложения реального времени фактически используют прогнозные значения координат небесного полюса. В настоящей работе проведен предварительный анализ точности прогноза координат небесного полюса, вычисленных в Международной службе вращения Земли и опорных систем координат (IERS) и в ГАО РАН в 2007–2017 гг.

2 Анализ прогнозов координат небесного полюса

Для анализа использованы официальные прогнозы IERS, вычисляемые в Морской обсерватории США (USNO)¹, которая выполняет функции центра оперативной службы и прогнозов параметров вращения Земли IERS, и прогнозы, вычисляемые в ГАО РАН² по модели ZM2 (Малкин, 2007), которая является основной рабочей моделью движения небесного полюса, используемой в различных приложениях. Фактически ряд ZM2 является сглаженным рядом координат небесного полюса³, вычисляемым Международной службой РСДБ для геодезии и астрометрии (IVS, Шу и Бехренд, 2012). Описание использованных рядов координат небесного полюса и методики прогноза в ГАО РАН и USNO приведены в (Малкин, 2010) и в (IERS Annual Report, 2015) соответственно.

Хотя прогнозы обновляются в обоих центрах ежедневно, фактически новые данные РСДБ-наблюдений появляются, как правило, 2–3 раза в неделю. Поэтому для сравнения использована выборка прогнозов, сделанных раз в неделю в одни и те же даты в обоих центрах. Всего в работе использовано 557 прогнозов USNO и 526 прогнозов ГАО РАН. Никакой предварительной селекции использованных данных не проводилось.

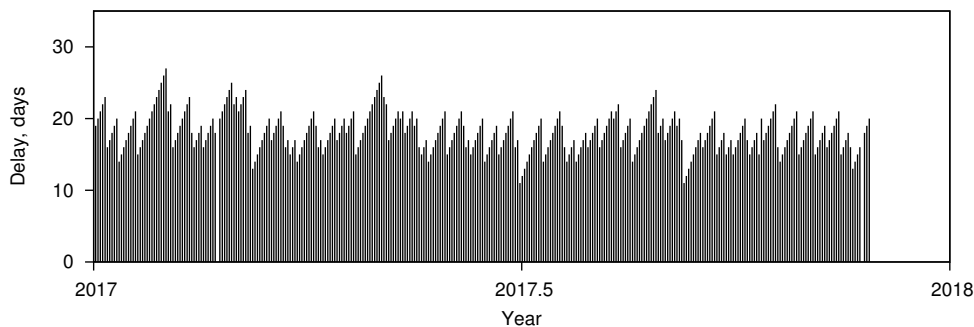


Рис. 1. Задержка вычисления координат небесного полюса IERS в 2017 г., в днях

Как отмечалось выше, окончательные значения координат небесного полюса, полученные из обработки РСДБ-наблюдений, бывают доступны с большой задержкой. На рис. 1 приведены данные по реальной задержке окончательных значений как разность между датой наблюдений и датой публикации результатов. Данные рисунка показывают, что типичная задержка составляет 2–3 недели, достигая иногда 30 дней. Таким образом, для практических приложений необходимо знать точность прогноза длительностью не менее 30 суток. Ниже приводятся результаты для длительности прогноза до 40 суток.

Для оценки точности прогноза обработаны разности между прогнозными и окончательными значениями координат небесного полюса dX и dY . В качестве меры точности прогноза использована среднеквадратическая ошибка (RMS), средняя абсолютная ошибка (MAE) и максимальная ошибка. Оценка MAE введена в практику оценки точности прогноза сравнительно недавно (Каларус и др., 2008). Максимальная ошибка является существенной для некоторых приложений, когда важно знать “гарантированную” ошибку используемых данных. На рис. 2 показана зависимость ошибки прогноза от его длины для всех трех типов оценки точности прогноза в микросекундах дуги (мксд). Ошибки прогноза dX и dY мало отличаются друг от друга, поэтому на графиках приведены средние значения.

¹ <ftp://maia.usno.navy.mil/>

² <http://www.gao.spb.ru/english/as/persac/>

³ http://www.ccivs.bkg.bund.de/EN/Home/home_node.html

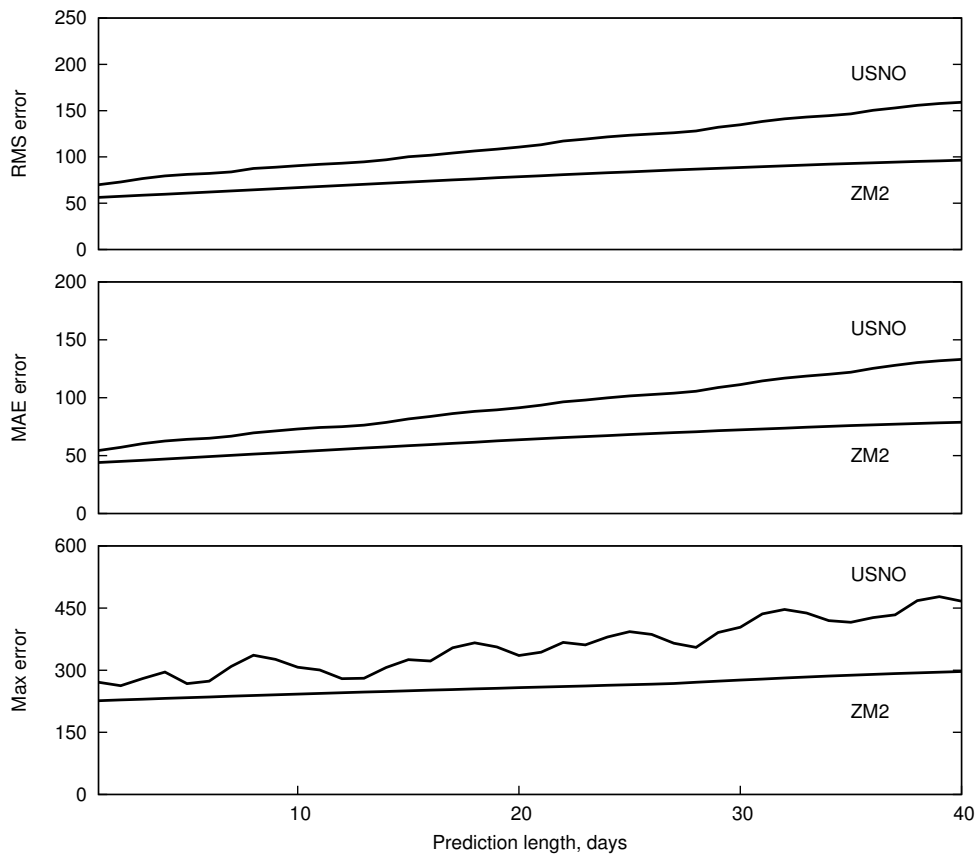


Рис. 2. Ошибки прогноза углов прецессии-нутаии, сверху вниз: среднеквадратические ошибки, средние абсолютные ошибки, максимальные ошибки, мксд

3 Заключение

В работе проведен анализ точности прогнозов координат небесного полюса на материале реальных данных, полученных в 2007–2017 гг. в USNO, играющей роль центра срочной службы и прогнозирования параметров вращения Земли IERS, и в ГАО РАН. Результаты сравнения показали, что точность прогнозов ГАО РАН существенно выше. Полученные результаты подтверждают такой же вывод предыдущего аналогичного исследования, проведенного в 2009 г. на материале прогнозов 2007–2009 гг. (Малкин, 2010). Наиболее вероятной причиной сравнительно более низкой точности прогноза IERS (USNO) является использование устаревшей модели прецессии-нутаии KSV1996 (IERS Annual Report, 2015).

Литература

- Каларус и др. (Kalarus M., Kosek W., Schuh H.) // Proc. Journées Systèmes de Référence Spatio-temporels 2007. / Ed. Capitaine N. Observatoire de Paris. 2008. P. 159.
- Малкин З.М. // Астрон. вестник. 2007. Т. 41. С. 531.
- Малкин З.М. // Астрон. журн. 2010. Т. 69. С. 171.
- Шу и Бехренд (Schuh H., Behrend D.) // J. Geodyn. 2012. V. 61. P. 68.
- IERS Annual Report 2015. / Eds Dick W.R., Thaller D. Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie. 2015. P. 77.