

Фильтрация и сглаживание временных рядов запасов стволовой древесины с использованием фильтра Калмана: анализ данных дистанционного зондирования за период 2002-2023 гг.

Научный руководитель – Хвостиков Сергей Антонович

Савкин Владислав Олегович

Студент (бакалавр)

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва,
Россия

E-mail: vlad@savk.in

В данной работе рассматривается вопрос фильтрации/сглаживания временных рядов запасов стволовой древесины, получаемых ежегодно на основе данных ДЗЗ в Институте космических исследований РАН [1]. Информация о динамике запаса важна для ведения лесного хозяйства, оценки состояния лесов, а также определения бюджета углерода лесов страны. Но погрешность оценки запаса стволовой древесины (10%) выше типичного ежегодного его прироста для лесов страны, и только анализ изменений за весь период наблюдения с 2002 по 2023 гг. может потенциально позволить оценить долгосрочную динамику запаса стволовой древесины с помощью фильтрации данных, отделяя фактическое изменение запаса от случайного шума.

В данной работе рассматривается метод для сглаживания и фильтрации временных рядов значений запаса древесины на основе фильтра Калмана. В работе использовалась сглаживающая версия фильтра Калмана (Kalman smoother), основанная на методе Рауха – Тунга – Штрибеля [2]. Фильтр Калмана учитывал состояние двух переменных: значения запаса, и его ежегодного прироста, с оценками их погрешностей на основе спутниковой информации. В результате проведенных экспериментов были проведены дополнительные модификации метода, включающие:

- метод определения стартового состояния системы с использованием различных статистических методов для анализа распределения измеренных значений во времени и пространстве;
- введение переменной, контролирующей степень робастности алгоритма в зависимости от девиации таких параметров, как дисперсия, коэффициент вариации и разница коэффициентов наклона регрессий.

Результаты применения данного подхода продемонстрировали улучшение качества сглаживания временных рядов по сравнению с используемым ранее методом сглаживания на основе метода STL [3]. Алгоритм Калмана благодаря своей адаптивности и устойчивости к выбросам представляет собой более надежный инструмент для анализа временных рядов по сравнению с методом STL.

Работа выполнена в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация №122042500031-8). Спутниковые оценки запаса стволовой древесины были получены с помощью Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» [4].

Источники и литература

- 1) Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. - М.: ИКИ РАН, 2016. - 208 с.
- 2) Rauch H.E.; Tung, F.; Striebel, C. T. (August 1965). "Maximum likelihood estimates of linear dynamic systems". AIAA Journal. 3 (8): 1445–1450.

- 3) Cleveland R. B., Cleveland W. S., McRae J.E. and Terpenning I.. 1990. STL: A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on LOESS. Journal of Official Statistics, 6, 3-73.
- 4) Лупян Е.А и др., Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151-170.