

0.1. Писаренко А.А., Щирый А.О. Проблемы обработки ионограмм радиозондирования ионосферы из общедоступных архивов

По данным радиозондирования ионосферы коротковолновыми сигналами (КВ) можно получить информацию о процессах в ионосферной плазме, о ее структуре и состоянии; эти данные также крайне важны для систем КВ связи и загоризонтной радиолокации [1]. Наиболее информативными видами радиозондирования ионосферы являются наклонное зондирование (НЗ) и вертикальное зондирование (ВЗ). Ионограмма НЗ представляет собой трехмерное изображение зависимости амплитуды принятого сигнала от рабочей частоты и времени группового запаздывания. Ионограмма ВЗ представляет собой трехмерное изображение зависимости амплитуды радиосигнала от частоты и высоты отражения. Третье измерение, т.е. амплитуда радиосигнала изображается цветом или интенсивностью.

К настоящему моменту накоплен большой объем экспериментальных данных для различных гео- и гелиофизических, пространственных и временных условий. Часть этих данных является общедоступными. В качестве примера можно привести такие ресурсы: Национальный центр геофизических данных США [2], Канадская арктическая ионосферная сеть [3], Служба космической погоды Бюро метеорологии Австралии [4]. Интерес к большим массивам данных радиозондирования ионосферы мотивирован, кроме прочего, возможностью построения статистических моделей методами машинного обучения. Наилучший вариант в смысле удобства и качества обработки, когда ионограммы представлены в хорошо документированных форматах (пусть и специализированных). Гораздо более тяжелой является ситуация когда данные представлены только в виде картинок ионограмм (а raw-файлы при этом недоступны); причем это касается не только старых архивных данных до 1990-ых, но и часть современных данных в некоторых общедоступных архивах может быть представлена только картинками. На этих картинках ионограмм присутствуют надписи, затрудняющие автоматическую обработку, причем в большинстве случаев некоторая дополнительная информация изображена даже поверх самого информационного поля ионограммы (как правило это восстановленный профиль электронной концентрации). Еще хуже, что наиболее старая часть этих архивных данных, полученных в «доцифровую» эпоху, представлена отсканированными фото пленками с изображениями ионограмм.

Прежде чем приступить к традиционной для ионограмм обработке (выделению треков, определению критических частот ионосферных слоёв, восстановлению профилей электронной концентрации) необходимо, как минимум, распознать само поле ионограммы на картинках. Эта задача решается нами с

использованием библиотеки OpenCV, позволяющей находить границы поля ионограммы с приемлемой точностью (используются функции поиска контуров, за поле ионограммы принимается прямоугольный контур наибольшей площади).

Задачами для дальнейших работ является исправление деформирующих искажений поля картинки ионограммы (по соответствующим деформациям границ), а также распознавание надписей на осях (для автоматического восстановления метаданных).

Список литературы

- [1] Щирый А.О. Разработка и моделирование алгоритмов автоматического измерения характеристик ионосферных коротковолновых радиолиний: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербургский гос. ун-т телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, СПб., 2007. 19 с.
- [2] USA National Geophysical Data Center (NGDC) Data Services. — URL: <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/ionosonde/> (дата обращения 01.09.2024)
- [3] Canadian High Arctic Ionospheric Network (CHAIN) Data Download. — URL: http://chain.physics.unb.ca/chain/pages/data_download (дата обращения 01.09.2024)
- [4] Australian Government – Bureau of Meteorology, Space Weather Services. Ionospheric data archive. — URL: https://downloads.sws.bom.gov.au/wdc/wdc_ion_archive/ (дата обращения 01.09.2024)