

Поиск неоднородностей ионосферы с помощью слияния данных

А. А. Лебедева

Ионосфера - часть атмосферы Земли с высокой концентрацией свободных электронов и ионов. Электроны, ионы и нейтральные частицы ионосферы образуют ионосферную плазму с достаточно высокой электрической проводимостью. К характерным чертам ионосферы относятся изменчивость и неоднородность. Ионосферные возмущения оказывают существенное влияние на функционирование современных технологических систем связи, навигации, локации, энергетики, космической техники. До настоящего времени для регистрации ионосферных параметров с успехом использовались атмосферные ионозонды. Недостатками метода являются низкое пространственно-временное разрешение и низкая чувствительность [1]. В наши дни ионозонды заменяют наземными GPS станциями при проведении атмосферных исследований. Определение ионосферных параметров с помощью GPS имеет ряд преимуществ. Во-первых, GPS станции широко распространены. GPS приемники просты в использовании; все необходимые наблюдения могут проводиться с Земли в удобном месте. GPS сигналы менее подвержены помехам, чем информация, полученная с помощью ионозонда [2]. GPS стали источником нового средства для диагностики и мониторинга ионосферных структур - карты полного электронного содержания (ПЭС) [1]. Система SIMuRG была разработана в ИСЗФ СО РАН для работы с данными сети приемников ГНСС. SIMuRG осуществляет автоматическую загрузку, обработку и визуализацию данных ГНСС. Также ее база данных может использоваться для задач машинного обучения. В частности, были сделаны оценки поступления авроральной энергии на основе карт ПЭС [3]. Неоднородность ионосферы, которая исследуется в данной работе называется авроральным овалом. Авроральный овал — кольца вокруг магнитных полюсов Земли, который определяет диапазон полярного сияния. Его ширина изменяется в зависимости от солнечной активности. Северные сияния создают помехи для радиолокационных станций. Происходит нарушение устойчивости распространения электромагнитной энергии, когда отражающий участок ионосферы расположен в районе северного сияния и даже тогда, когда он находится в стороне от него [4]. При исследовании авроральных овалов наблюдаются сложности. А именно их можно обнаружить в ночное время. Но днем это не представляется возможным. Альтернативой могла бы быть карты ПЭС. Однако, приемники ГНСС расположены на Земле неравномерно, а в водных районах и вовсе отсутствуют

и изображения получаются крайне разреженными. В данной работе используется концепция слияния данных для восполнения пропусков данных в разреженной матрице изображений ПЭС с помощью оптических данных. В качестве примера использованы данные SIMuRG и данные, которые были получены со спутников на геостационарной орбите в ультрафиолетовом спектре. Изображения сегментируются методом Отцу и К-средних. Цель данной работы — спрогнозировать внешнюю границу, т.к. энергия на ней может вызывать ранее озвученные проблемы. Так как форма аврорального овала уже известна заранее, то он обнаруживается методом наименьших квадратов. Таким образом, разработан прототип системы поиска границы аврорального овала на основе метода слияния данных. Объединенные данные могут использоваться для обучения моделей нейронных сетей и в дальнейшем автоматического детектирования авроральных овалов именно посредством данных ГНСС.

Литература

[1] Перевалова, Н. П. Исследование ионосферных возмущений методом трансionoсферного GPS-зондирования 2014. - 31 с

[2] Бондур В.Г., Смирнов В.М., Материалы третьей всероссийской-открытой конференции “Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса”, Москва, 2005.

[3] Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений: XI международная конференция, с. Паратунка, Камчатский край, 22 - 25 сентября 2020 г.: сб. тез. докл. – Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2020. – 211 с.

[4] Трошичев О.А., Беспрозванная А.С., Макарова Л.Н. и др.; Ионосферно-магнитные возмущения в высоких широтах. Аркт. и антаркт. НИИ 255, Л. Гидрометеиздат, 1986.

Научный руководитель ель Сидоров Д.Н.