УДК 004 DOI: 10.62955/0135-3748-2024-123

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ НА РАДИОФИЗИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ИСЗФ СО РАН

Н.А. Громик, В.А. Ивонин, В.П. Лебедев

Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия, nikita.1911@yandex.ru

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR COMPLEX ANALYSIS OF GEOPHYSICAL DATA OBTAINED AT ISTP SB RAS RADIO INSTRUMENTS

N. Gromik, V. Ivonin, V. Lebedev

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia, nikita.1911@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются радиофизические инструменты ИСЗФ СО РАН, и возможности информационно-аналитических систем (ИАС) для анализа получаемых данных. Представлена архитектура разработанной ИАС, ее возможности, перспективы и результаты использования.

Ключевые слова: Информационно-аналитическая система, обработка данных, накопление данных.

Abstract. In this paper, the ISTP SB RAS radio instruments and the possibilities of information-analytical systems (IAS) for analyzing the obtained data are considered. The architecture of the developed IAS, its capabilities, prospects and results of its use are presented.

Keywords: Information and analytical system, data processing, data accumulation.

ВВЕДЕНИЕ

ИСЗФ обладает большой базой радиофизических устройств: Иркутский радар некогерентного рассеяния (ИРНР), DPS-4, ионозонды, расположенные в населенных пунктах: Торы, Патроны, г. Норильск. ИРНР представляет собой моностатический импульсный радиолокатор с частотным сканированием в диапазоне 154–162 МГц [Лебедев и др., 2022]. Широкий набор измеряемых геофизических параметров делает ИРНР уникальным инструментом, а результаты измерений важным источником геофизической информации. Сеть из разнесенных ЛЧМ-ионозондов позволяет организовать мониторинг ионосферы с высоким пространственным и временным разрешением в непрерывном режиме [Цедрик и др., 2022]. На сегодняшний день имеется значительный опыт совместного использования ИРНР и сети ионозондов, а большой объем накопленных данных измерений различных диагностических средств может быть использован для улучшения существующих моделей ионосферы. В настоящее время разработано множество ионосферных моделей, имеющих свои достоинства и недостатки [Аксенов и др., 2020]. Создание инструмента для оперативной верификации ионосферных моделей представляет актуальную задачу. Таким образом, разработка ИАС, позволяющая получить оперативный доступ к данным и предоставляющая набор инструментов для анализа данных, является крайнее актуальной задачей, решению которой посвящена данная работа.

Целью работы является разработка ИАС представляющую собой программный комплекс для визуализации и анализа информации, полученной на радиофизических средствах ИСЗФ СО РАН: ИРНР, комплекс ионозондов, данные GPS-приёмников.

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

При выборе используемых инструментов для разработки ИАС были рассмотрены существующие решения, а также составлен собственный список критериев, которым должна соответствовать ИАС.

Критерий оперативности относится как к верификации ионосферных моделей, так и к работе всей ИАС в целом: развертывание системы, доставка обновлений, исправление ошибок, стойкость к ошибкам. Был выбран архитектурный подход клиент-серверного взаимодействия (веб-приложение).

Для достижения максимальной производительности при запуске моделей магнитного поля, ионосферы и пр. используются предварительно скомпилированные модули, разработанные с применением языков программирования «C», «C++» и «Fortran» [Ивонин, 2021].

Критерий модульности достигается не только при использовании внешних (подключаемых) моделей, но и внутри ИАС. Каждый модуль ИАС инкапсулируется в отдельный компонент. Модульность системы позволяет быстрее находить и устранять ошибки, улучшает организацию кода и позволяет при необходимости отключить тот или иной функционал. Общая структура модульной информационной системы представлена на рис. 1.

Устойчивость к ошибкам. Во время вызова скомпилированных модулей существует вероятность возникновения критической ошибки, например, если были отправлены некорректные данные. В большинстве случаев это ошибки сегментации, что приводит к зависанию, нежелательному длительному ответу от сервера и ошибки времени ожидания. Для исключения такого поведения ИАС запускает модули в два потока, где первый – поток выполнения модуля вычислений, а второй следит за первым, основываясь на заранее заданном критическом времени выполнения вычислений.

Масштабируемость ИАС достигается за счет возможности подключения дополнительных серверов или запуска ИАС в определенной сетевой видимости (например, закрытая сеть учебного

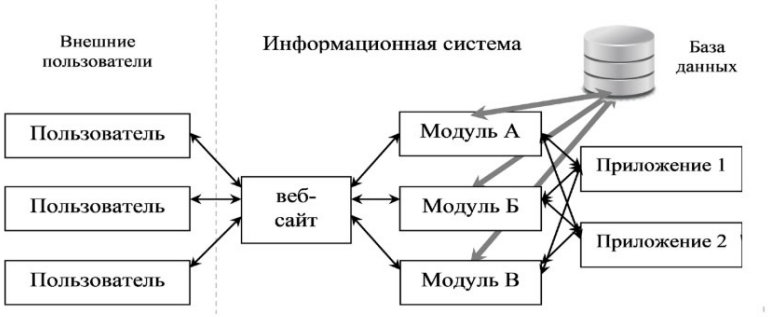

Рис. 1. Общая структура модульной ИС

учреждения). Также ИАС может быть запущена как самостоятельное ПО на каком-то одиночном устройстве, таким образом политика распространения ПО может быть пересмотрена в будущем.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На текущем этапе разработки ИАС позволяет корректировать полученные на ИРНР высотные профили электронной концентрации ионосферы путём вписывания модельного высотного профиля мощности НР-сигнала в полученный на ИРНР [Алсаткин, 2020]. Интерфейс модуля корректировки полученных на ИРНР высотных профилей электронной концентрации (Ne) представлен на рис. 2.

Интерфейс подразделяется на зоны работы с данными и их подготовки. В зоне подготовки данных (сверху) выбираются исходные данные и параметры, полученные на ИРНР. В рабочей зоне можно наблюдать график, отображающий реальный высотный профиль Ne, модельный высотный профиль Ne и профиль Ne для заданных высот. В правой части экрана настраиваются аргументы для подгонки модельного профиля к реально измеренному. Все аргументы для всех временных реализаций можно сохранить в файл для дальнейшей постобработки.

ИАС позволяет гибко моделировать среду распространения радиосигнала. В интерфейсе модуля среды распространения радиосигнала доступен выбор широкого ряда моделей тропосферы, ионосферы и магнитного поля Земли. Каждая модель имеет свой уникальный набор параметров, который разрешается редактировать для гибкой настройки модельной среды распространения радиосигнала. Интерфейс модуля среды распространения радиосигнала представлен на рис. 3.

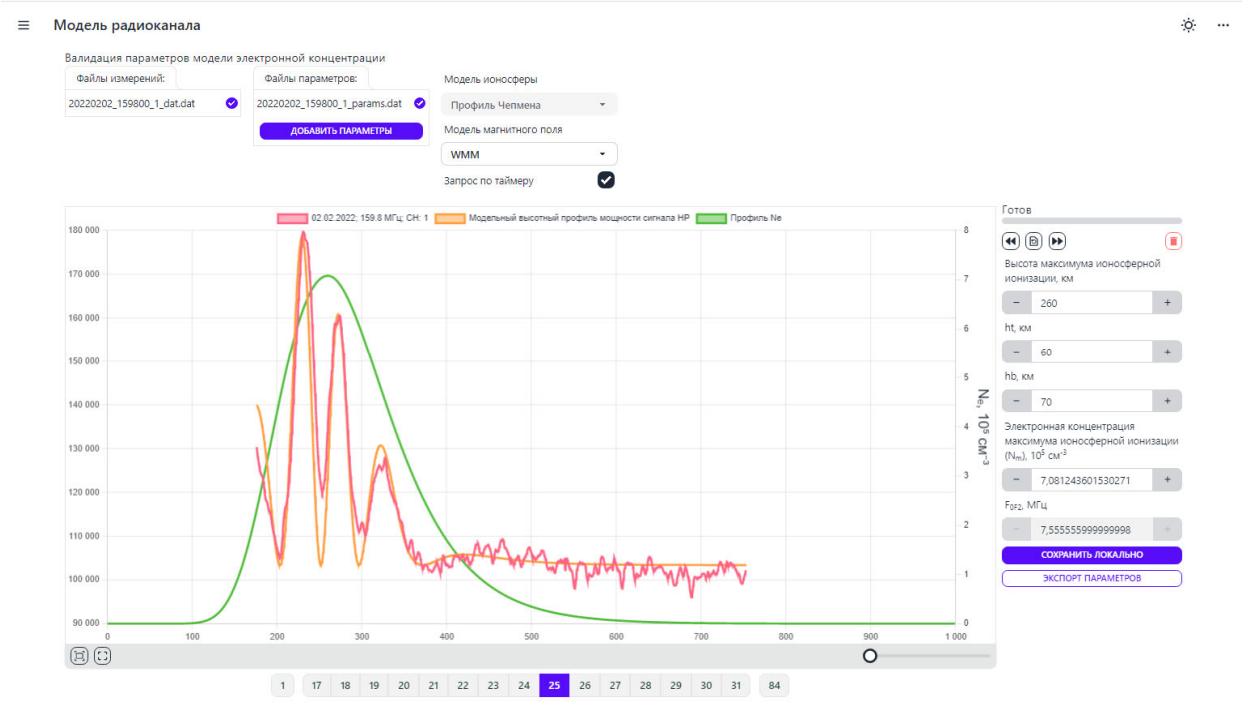

Рис. 2. Интерфейс модуля корректировки полученных высотных профилей электронной концентрации

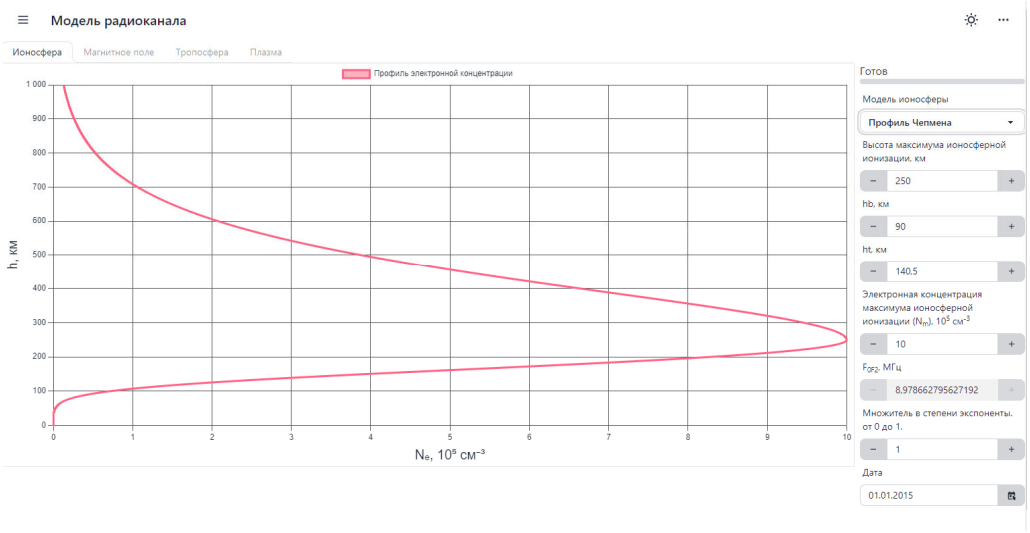

Рис. 3. Интерфейс модуля среды распространения радиосигнала

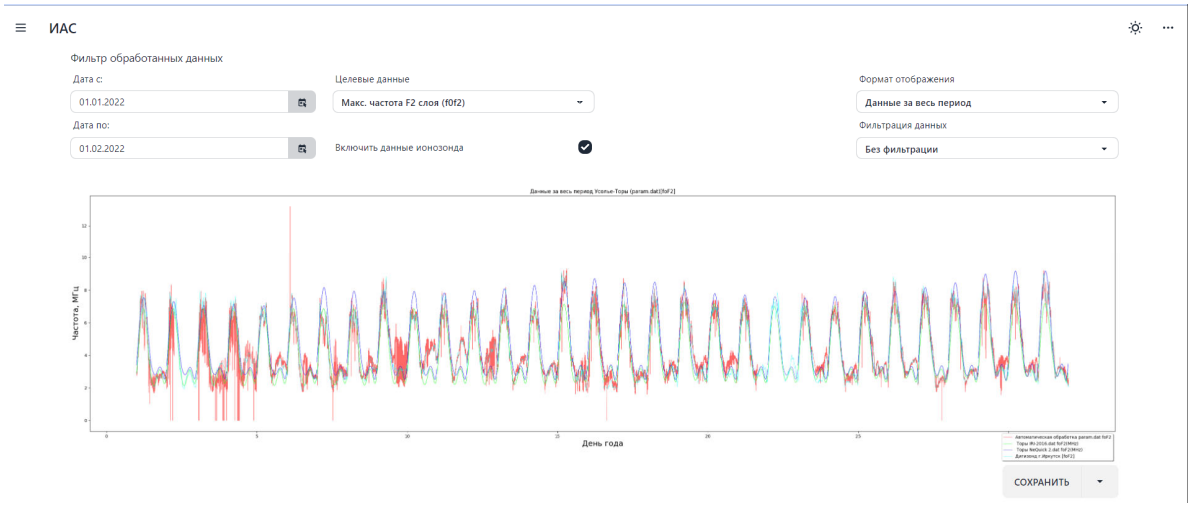

Рис. 4. Интерфейс визуализации результатов обработки за выбранный период

Помимо работы с данными ИРНР, ИАС позволяет осуществлять вторичную обработку ионограмм, полученных от ионозондов. На рис. 4 представлен вариант просмотра данных ионозондов за выбранный период. Разрешается выбрать тип фильтрации, формат разбиения данных, временной период и целевые данные.

Помимо данных ИРНР система работает и с GNSS-данными: можно производить сравнение ПЭС, рассчитанного по выбранной модели ионосферы, с ПЭС, полученным с помощью GIM карт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены обоснования выбора технических решений и подходов, а также реализации модулей ИАС для обработки и визуализации данных полученной на радиофизических средствах ИСЗФ СО РАН.

Использование возможностей ИАС для проведения лабораторных занятий по обработке данных, демонстрации ошибок регистрации измерений, визуализации профилей электронной концентрации и т.д. позволяет говорить о наличии учебно-методического аспекта. Данная ИАС уже использовалась сотрудниками института для проведения практических занятий со студентами.

Информационная система совершенствуется, тестируется и модернизируется. В настоящее время ведётся работа над интерфейсом для контроля состояния самой информационной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аксенов О.Ю., Козлов С.И., Ляхов А.Н. и др. Анализ прикладных моделей ионосферы для расчета распространения радиоволн и возможность их использования в интересах радиолокационных систем. I. Классификация прикладных моделей и основные требования, предъявляемые к ним в интересах радиолокационных средств // Солнечно-земная физика. 2020. Т. 6, № 1. С. 86–96. DOI: 10.12737/szf61202008.

Алсаткин С.С., Медведев А.В., Ратовский К.Г. Особенности метода восстановления Ne на Иркутском радаре некогерентного рассеяния // Солнечно-земная физика. 2020. Т. 6, № 1. С. 97–110.

Ivonin V.A., Lebedev V.P. Simulation of Radar Signals in the VHF Range, Taking Account of Their Propagation Effects in the Troposphere and Ionosphere // 2021 Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS). Hangzhou,

China, 2021. P. 2519–2525. 10.1109/PIERS53385.2021.9695088. hal-09695088.

Лебедев В.П., Сетов А.Г., Ермаков В.Ю. Антенна Иркутского радара некогерентного рассеяния: математическая модель, методы калибровки // Всероссийские открытые Армандовские чтения: Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн. 2022. № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/antenna-irkutskogo-radara-nekogerentnogo-rasseyaniya-matematicheskaya-model-metody-kalibrovki

Цедрик М.В., Подлесный А.В., Куркин В.И. Трехпозиционный прием ЛЧМ-сигналов при слабонаклонном зондировании ионосферы // Всероссийские открытые Армандовские чтения: Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн. 2022. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/trehpozitsionnyy-priem-lchm-signalov-pri-slabonaklonnom-zondirovanii-ionosfery