

И. Е. Дорогова¹✉, К. А. Демидов¹

Автоматизация сбора данных обработки онлайн-сервиса CSRS-PPP и построение трендов координат пунктов

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Аннотация. В статье представлена реализация автоматического сбора данных результатов обработки ГНСС-измерений, полученных с помощью канадского онлайн-сервиса CSRS-PPP. Автоматизация процесса по сбору данных позволяет существенно сэкономить время обработки результатов рядов наблюдений и освобождает от рутинных задач ручного ввода, а также от возможных ошибок ввода. Данная программная реализация дает возможность организовать регулярное определение координат пунктов, что позволяет накапливать многолетние временные ряды для дальнейшего анализа и работы с ними. В статье приведена схема автоматизации, описаны ключевые этапы – от сбора файлов ГНСС-измерений и их автоматической обработки до построения трендов координат пунктов на основе данных обработки. Представлена структура базы данных, ее основные компоненты. На основе накопленных данных реализована функция построения трендов координат, позволяющая определять скорость смещения отдельных пунктов.

Ключевые слова: геодинамика, скорости движения пунктов, геодезические пункты, автоматизация, онлайн-сервис, обработка данных

I. E. Dorogova¹✉, K. A. Demidov¹

Automation of data collection from the CSRS-PPP online service and the construction of point coordinate trends

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Abstract. The article presents the implementation of automatic data collection of the results of processing GNSS measurements obtained using the Canadian online service CSRS-PPP. Automating the data collection process saves a lot of time and frees you from the routine of constant manual input, as well as from errors that occur during it. This implementation makes it possible to organize the regular determination of the coordinates of points, which allows you to accumulate multi-year time series for further analysis and work with them. The article provides an automation scheme, describes the key stages – from collecting GNSS measurement files and their automatic processing to building trends in point coordinates based on processing data. The structure of the database and its main components are presented. Based on the accumulated data, the function of constructing coordinate trends has been implemented, which makes it possible to find out the speed of individual points.

Keywords: geodynamics, speeds of movement of points, geodetic points, automation, online service, data processing

Введение

Сбор данных и их дальнейшая обработка являются ключевыми этапами гео-

дезического геодинимического мониторинга. Использование данных измерений на пунктах различных геодезических сетей и создание трендов координат позволяют проанализировать направление и скорость движения пунктов. Эта информация служит основой для устойчивого развития координатно-временного обеспечения Российской Федерации. К примеру, на основе данных о скоростях движения пунктов, может производиться вычисление скорости движения литосферных плит [1]. На основе этих значений возможна реализация модели движения литосферных плит на территории страны и ее дальнейшее внедрение для реализации полудинамической системы координат, способной поддерживать долговременную взаимосвязь с международными системами координат [2].

В ходе многолетнего мониторинга может возникать необходимость получать и обрабатывать значительное количество данных, что обуславливает необходимость автоматизации обработки файлов ГНСС-измерений и сбора данных результатов обработки. Для обработки файлов можно использовать различные программы – от настольных приложений до онлайн-сервисов. Удобным, быстрым и подходящим по точности решения вариантом является выбор онлайн-сервисов, например, онлайн-сервиса CSRS-PPP [3]. Его преимуществом является то, что это бесплатное и высокоточное программное обеспечение для обработки ГНСС-измерений в формате RINEX. Задачей является автоматизация цикла – от загрузки файлов в онлайн-сервис, до сбора результатов обработки для дальнейшей работы с ними.

В данной статье описан процесс автоматизации сбора данных результатов обработки онлайн-сервиса CSRS-PPP и построение трендов координат пунктов на их основе.

Схема автоматизации

Для точного понимания процесса автоматизации была составлена схема, представленная на рисунке 1.

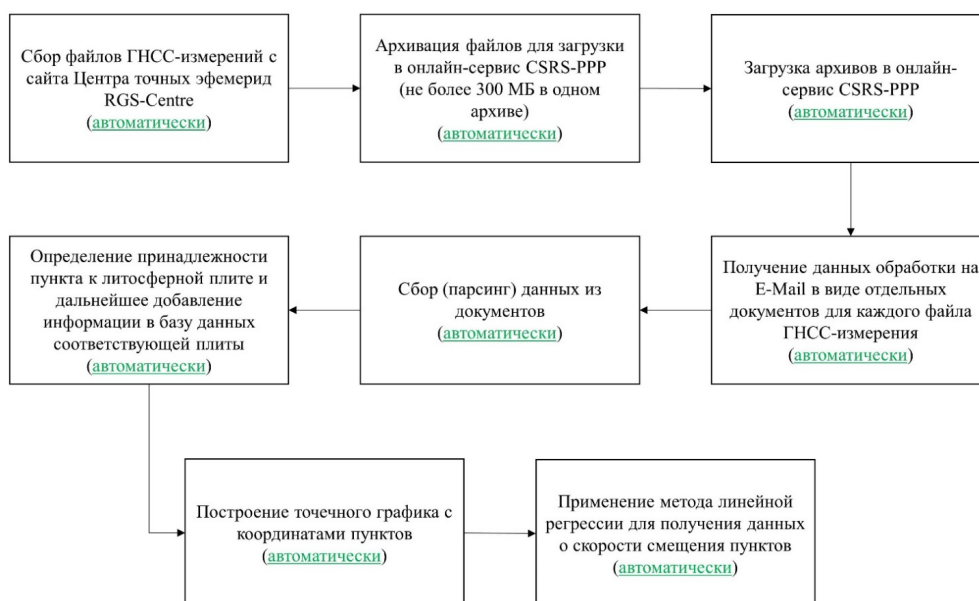


Рис. 1. Схема автоматизации для сбора данных обработки онлайн-сервиса CSRS-PPP

К основным процессам, для которых выполнена автоматизация, являются:

- сбор файлов ГНСС-измерений пунктов Фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) с сайта RGS-Centre [4]. Данный процесс осуществляется при помощи библиотеки moncenterlib, которая позволяет автоматизировать процесс сбора данных ГНСС-измерений при помощи модуля RGSCClient [5, 6];

- архивация файлов ГНСС-измерений. Данный пункт необходим из-за наличия ограничений сервиса CSRS-PPP по загрузке файлов – можно загружать либо один файл измерений в формате .npx/.o, либо несколько, но в формате архива, размер которого не превышает 300 МБ;

- загрузка файлов ГНСС-измерений в виде архивов в онлайн-сервис CSRS-PPP. Данный процесс реализуется через HTTP POST-запросы напрямую к API онлайн-сервиса. В данном запросе передаются архивы с данными измерений, параметры обработки, а также данные о пользователе (файлы «куки»), так как онлайн-сервис CSRS-PPP не предоставляет доступ к обработке без авторизации на сайте;

- получение данных обработки. Данные приходят на почту E-Mail в виде отдельных файлов для каждого измерения;

- сбор обработанных данных, а также дальнейшее добавление их в базу данных. Данный процесс осуществляется в несколько этапов: происходит первичный сбор данных геодезических координат B , L при помощи которых определяется принадлежность к тому или иному тектоническому блоку по модели литосферных плит Питера Берда PB2002 [7, 8]. После определения литосферной плиты, на которой находится пункт, вся информация из файла о результатах обработки будет добавлена в соответствующую базу данных в формате dBase;

- построение точечного графика с координатами пунктов, а также применение метода линейной регрессии для получения данных о скоростях движения наблюдаемых пунктов. Этот этап осуществляется на основе данных прямоугольных пространственных координат X , Y , Z , собранных ранее, чтобы затем определить компоненты скорости движения пунктов V_X , V_Y , V_Z . В перспективе планируется добавить фильтрацию для уменьшения влияния скачков, к примеру, от перестановки ГНСС-оборудования.

Структура базы данных

В виду специфики онлайн-сервиса CSRS-PPP, результаты обработки ГНСС-измерений не объединяются в отдельный файл или базу данных. Для каждого ГНСС-измерения результат обработки приходит в виде отдельного файла. Фрагмент письма представлен на рисунке 2.

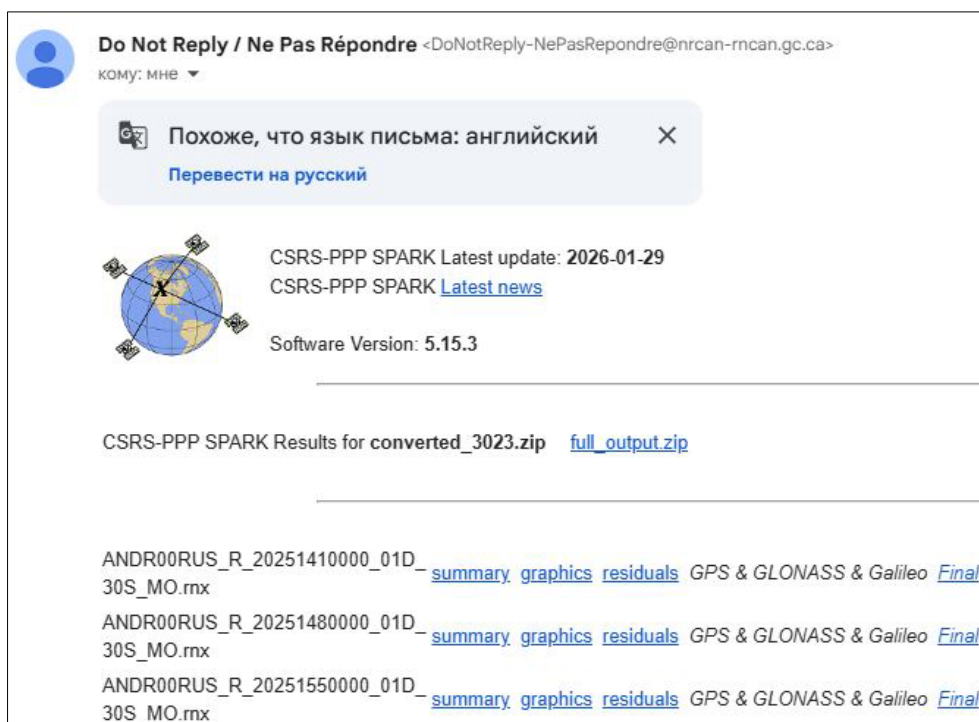


Рис. 2. Фрагмент письма с результатами обработки ГНСС-измерений сервиса CSRS-PPP

Из всех файлов результатов обработки, которые присылает онлайн-сервис CSRS-PPP, наиболее подходящим для сбора данных является документ с названием *summary*. Он объединяет в себе всю полезную информацию о результатах обработки в текстовом формате HTML, которую можно добавить в базу данных для дальнейшей работы с ней. Пример файла *summary* представлен на рисунке 3.

The estimated coordinates ITRF2020/IGb20 2025-05-21 for the ANDR00RUS_R_20251410000_01D_30S_MO.rnx RINEX file are as follows:

Latitude N64° 44' 07.3032" ± 0.002 m (95%)
Longitude E177° 30' 35.9008" ± 0.002 m (95%)
Ellipsoidal Height 64.934 m ± 0.007 m (95%)
[64.73536200,177.50997244,64.934]

UTM Zone 60 (North)
Northing 7179059.474 m
Easting 524286.049 m
Scale factor (point) 0.99960722
Scale factor (combined) 0.99959707
[7179059.474,524286.049,64.934]

Cartesian coordinates
X -2727120.560 ± 0.003 m (95%)
Y 118593.093 ± 0.002 m (95%)
Z 5745237.649 ± 0.007 m (95%)
[-2727120.560,118593.093,5745237.649]

Orbits and Clocks Used: [Final](#)
GNSS Data: GPS & GLONASS & Galileo
GRS80 ellipsoid used for (x,y,z) to (lat,lon,h) transformation

Рис. 3. Файл результатов обработки *summary* онлайн-сервиса CSRS-PPP

В базу данных из файла summary вносится информация, подчеркнутая на рисунке 3, а именно:

- наименование пункта;
- название системы координат;
- информация о дате измерения;
- название файла RINEX;
- геодезические координаты B, L, H ;
- координаты в проекции UTM *Easting, Northing*;
- пространственные прямоугольные координаты X, Y, Z ;
- информация об использованных спутниковых системах.

Фрагмент базы данных на основе собранной информации, представленной выше, представлен на рисунке 4. База хранится в формате dBase, формируется при помощи библиотеки sqlite3 на языке Python [9].

name	rinex_file	processed_date	coordinate_system	lat_deg	lat_min	lat_sec	lon_deg	lon_min	lon_sec	ellipsoidal_height
ANDR	ANDR00RUS_R_20251550000_01D_30S_MO.rnx	2025-06-04	ITRF2020/IGb20	64	44	7.3031	177	30	35.9009	64.935
ANDR	ANDR00RUS_R_20251480000_01D_30S_MO.rnx	2025-05-28	ITRF2020/IGb20	64	44	7.3032	177	30	35.9009	64.937
ANDR	ANDR00RUS_R_20251410000_01D_30S_MO.rnx	2025-05-21	ITRF2020/IGb20	64	44	7.3032	177	30	35.9008	64.934
		x	y	z	utm_northing	utm_easting	gnss_data			
		-2727120.563	118593.092	5745237.649	7179059.472	524286.05	GPS & GLONASS & Galileo			
		-2727120.563	118593.092	5745237.652	7179059.473	524286.05	GPS & GLONASS & Galileo			
		-2727120.56	118593.093	5745237.649	7179059.474	524286.049	GPS & GLONASS & Galileo			

Рис. 4. Фрагмент базы данных, формируемой на основе данных обработки онлайн-сервиса CSRS-PPP

Реализация функции построения трендов координат пунктов

На основе данных, собранных в базу данных, производится автоматическое построение трендов координат пунктов. Формирование графиков происходит при помощи библиотеки matplotlib, математические вычисления – при помощи библиотеки numpy [10, 11]. Интерфейс с построенным графиком представлен на рисунке 5.

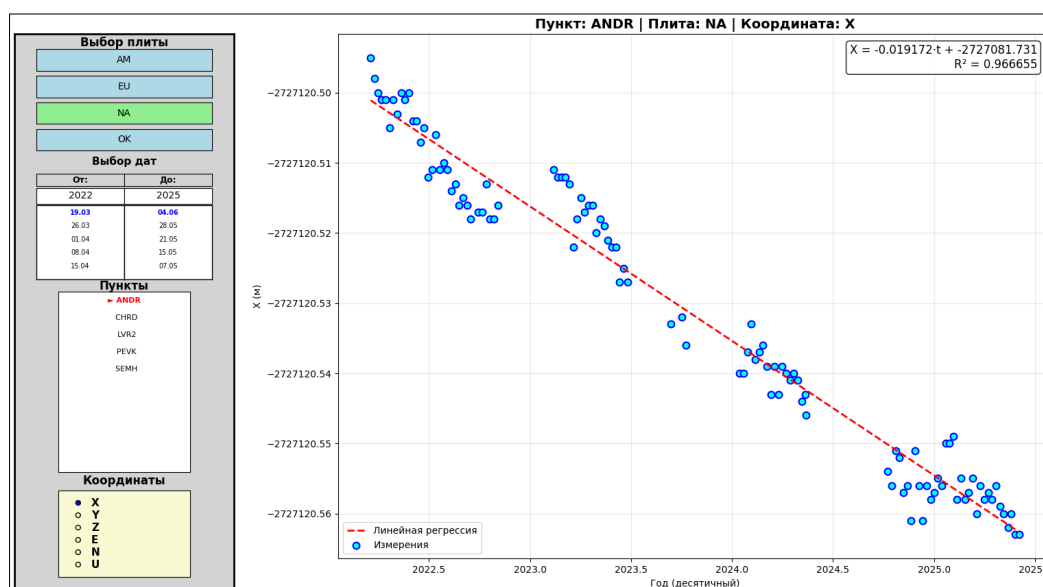


Рис. 5. Интерфейс с построенным трендом координат пункта

Интерфейс, представленный на рисунке 5, содержит точечный график, график линейной регрессии, уравнение линейной регрессии, значение коэффициента детерминации, а также блок для выбора настроек.

В интерфейсе блока выбора настроек, представленном в левой части рисунка 5, первым этапом производится выбор плиты. Это обусловлено тем, что пункты распределяются в разные базы данных на основе их принадлежности к литосферным блокам. Затем производится выбор пункта из имеющихся в базе данных для конкретной плиты.

После выбора пункта можно выбрать дату. В стандартном варианте, после выбора пункта, показывается график на весь диапазон дат, присутствующих в базе данных. Но в некоторых случаях существует необходимость в разделении графика (в случае перестановки антенны или же крупного сейсмического события). Для этого можно воспользоваться меню выбора дат, в свою очередь график линейной регрессии и его уравнение будут изменены в соответствии с заданным диапазоном.

Заключительным этапом является выбор вида координат для построения графика. На выбор есть пространственные прямоугольные координаты X , Y , Z координаты в проекции UTM *Easting* (E), *Northing* (N) и изменения по высоте U .

Заключение

В работе представлена реализация автоматического решения для сбора данных обработки онлайн-сервиса CSRS-PPP и функции построения трендов координат для пунктов. Подробно показана поэтапная схема автоматизации, описаны инструменты для ее создания. Описана структура формируемых баз данных. Представлена реализация функции построения трендов координат пунктов.

На данном этапе система представлена в виде отдельных Python-скриптов, внутри которых все действия происходят автоматически. Основным направлением для работы в дальнейшем является объединение всех скриптов в единую «бесшовную» систему и создание отдельного программного обеспечения.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках СЧ НИР «ГЕОТЕХ-КВАНТ» с целью повышения точности координатно-временных определений на территории Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дорогова И. Е., Демидов К.А. Разработка программной модели движений блоков земной коры для территории Российской Федерации // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопрограмное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения, 2023. – Т. 3. – С. 192-198. – DOI: 10.33764/2687-041X-2024-3-192-198.
2. Дорогова И. Е., Демидов К.А. Реализация первого приближения программно-математической модели движений земной коры для пересчета координат пунктов между эпохами // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2025. – Т. 2. – № 1. – С. 19-25. – DOI: 10.33764/2618-981X-2025-1-2-19-25.

3. Канадская служба вращения Земли и систем отсчета // CSRS-PPP [сайт]. – 2026. – URL : <https://webapp.csr-scrs.nrcan-rncan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php> (дата обращения : 05.05.2026). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
4. Центр точных эфемерид RGS Centre [сайт]. – URL: <https://rgs.cgkipd.ru/fags-coords> (дата обращения : 06.05.2026). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
5. MonCenterLib // Python библиотека мониторинга качества измерений и стабильности пунктов геодезической сети [сайт]. – URL: moncenter.ru/moncenterlib/ (дата обращения : 05.05.2026). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
6. Карпик, А. П., Мареев А. В. Мамаев Д. С. Свободное программное обеспечение для геодезического мониторинга Moncenter // Вестник СГУГиТ, 2022. – Т. 27. – № 5. – С. 43-54. – DOI: 10.33764/2411-1759-2022-27-5-43-54 .
7. Bird, P. An updated digital model of plate boundaries / P. Bird. – Текст : непосредственный // An electronic journal of the Earth sciences. – 2003. – № 10. – 52 с. – ISSN 1525-2027.
8. World tectonic plates and boundaries // GitHub [сайт]. – 2026. – URL : <https://github.com/fraxen/tectonicplates> (дата обращения : 06.05.2026). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
9. Библиотека sqlite3 для Python // Python documentation [сайт]. – 2026. – URL : docs.python.org/3/library/sqlite3.html (дата обращения : 04.05.2026). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
10. Библиотека matplotlib для Python // Matplotlib official site [сайт]. – 2026. – URL : matplotlib.org/stable/index.html (дата обращения : 04.05.2026). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
11. Библиотека numpy для Python // NumPy official site [сайт]. – 2026. – URL : <https://numpy.org> (дата обращения : 04.05.2026). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.

© И. Е. Дорогова, К. А. Демидов, 2026