

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МЭИ»**

ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

КАФЕДРА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**АППАРАТУРА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ
СИСТЕМ**

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

ФИО СТУДЕНТА: ПОТРИКЕЕВА А.А.

ГРУППА: _ЭР-15-15_____

ВАРИАНТ №: __ 13_ _____

ДАТА: _____

ПОДПИСЬ: _____

ФИО ПРЕПОДАВАТЕЛЯ: КОРОГОДИН И.В.

ОЦЕНКА: _____

МОСКВА, 2020 Г.

Оглавление

1	Техническое задание на курсовой проект	3
2	Этап 1. Использование сторонних средств	4
2.1	Использование программы RTKNAVI из пакета RTKLIB	5
2.2	Использование программы RTKCONV из пакета RTKLIB	8
2.3	Использование ресурса Trimble GNSS Planning Online	10

1 Техническое задание на курсовой проект

Техническая цель - добавление в программное обеспечение приемника функции расчета положения спутника ГЛОНАСС на заданное время по данным его эфемерид.

Для достижения цели выполняется ряд задач:

- обработка данных от приемника ГНСС в RTKLIB для проверки входных данных и формирования проверочных значений;
- обработка данных и моделирование в Matlab/Python для эскизного проектирования модуля;
- реализация программного модуля на C/C++, включая юнит-тестирование в Check.

Требования:

- отсутствие утечек памяти;
- малое время выполнения;
- низкий расход памяти;
- корректное выполнение при аномальных входных данных.

Среда взаимодействия:

- Взаимодействие осуществляется через github .

Курсовой проект разбит на три этапа, отличающиеся осваиваемыми инструментами.

Конечная цель проекта - получить библиотечные функции на Си++, позволяющие рассчитывать положение спутника ГЛОНАСС по эфемеридам.

2 Этап 1. Использование сторонних средств

На крыше корпуса Е МЭИ установлена трехдиапазонная антенна Harxon HX-CSX601A. Она через 50-метровый кабель, сплиттер, bias-tee и усилитель подключена к трем навигационным приемникам:

- Javad Lexon LGDD,
- SwiftNavigation Piksi Multi,
- Clonicus разработки ЛНС МЭИ.

Приемники осуществляют первичную обработку сигналов, выдавая по интерфейсам соответствующие потоки данных - наблюдения псевдодальностей и эфемериды спутников. В этом году вы будете обрабатывать данные от приемника Clonicus, представленные в бинарном виде в формате NVS BINR.

На этом этапе мы получаем входные данные для этой функции - сами эфемериды.

Для этого воспользуемся пакетом RTKLIB, в состав которого входит парсер формата NVS BINR и удобные средства отображения данных.

RTKLIB - это программный пакет с открытым исходным кодом для стандартного и точного позиционирования с ГНСС. RTKLIB состоит из переносимой библиотеки программ и нескольких точек доступа (приложение

программы) с использованием библиотеки. Особенности RTKLIB:

- Он поддерживает стандартные и точные алгоритмы позиционирования с GPS ,ГЛОНАСС , Galileo , QZSS , BeiDou и SBAS ;
- Он поддерживает различные режимы позиционирования с GNSS как в режиме реального времени, так и в режиме пост-обработки.
- Он поддерживает множество стандартных форматов и протоколов для GNSS (RINEX /OBS / NAV / GNAV / HNAV / LNAV / QNAV и т.д.).

Скачиваем RTKLIB с официального сайта <http://www.rtklib.com>.

2.1 Использование программы RTKNAVI из пакета RTKLIB

Используем программу RTKNAVI для того, чтобы вывести таблицу эфемерид. Для этого либо выбираем в save_dir\rtklib_2.4.2\bin rtklaunch.exe, после чего видим окно показанное на рисунке 1 и выбираем в нем RTKNAVI, или в той же директории сразу выбираем rtknavi.exe и сразу видим основное окно RTKNAVI (рис. 2)

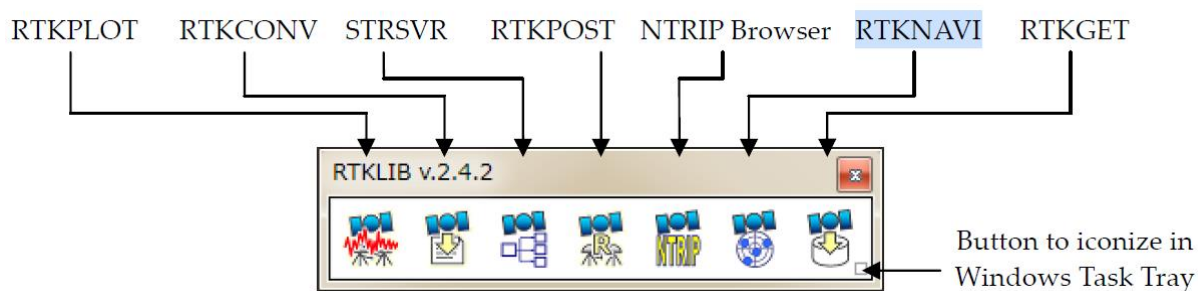


Рисунок 1 – Окно выбора программ из пакета RTKLIB

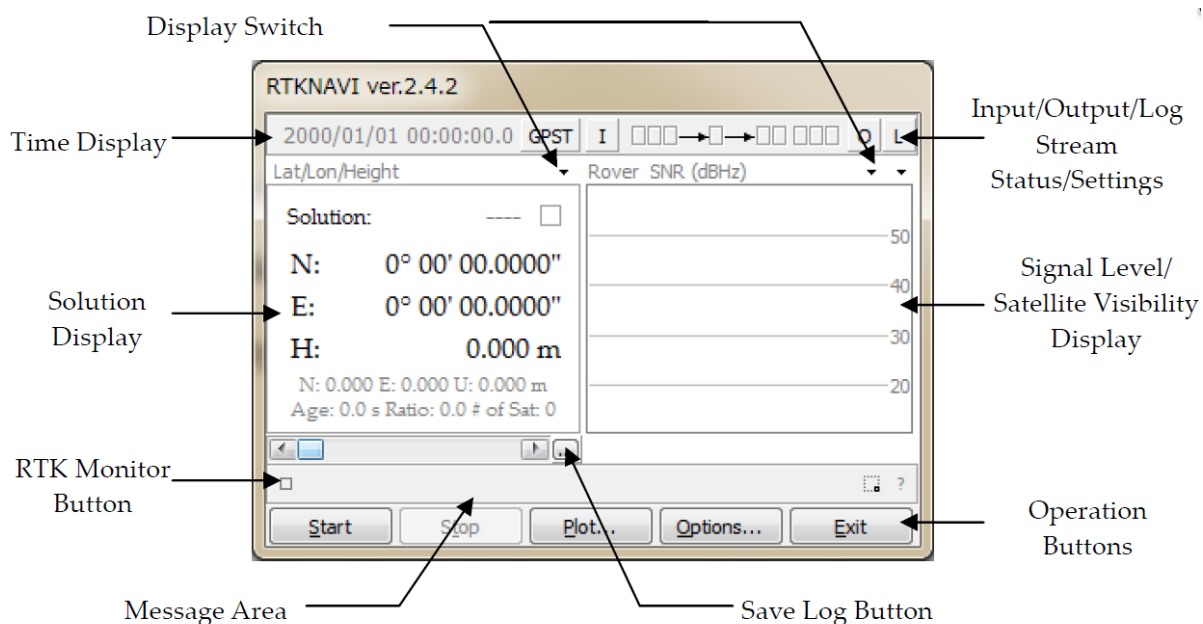


Рисунок 2 – Основное окно программы RTKNAVI

Программа RTKNAVI позволяет вывести таблицу текущих и предыдущих эфемерид. Для этого открываем вкладку RTK Monitor (рис. 3) и выбираем во всплывающем окне Nav GLONASS. Однако если сразу попытаться это

сделать, то все параметры для спутников будут нулевыми (рис. 4). Это обуславливается тем, что мы не задали файл с сырыми измерениями.

RTK	Value
RTK	
Obs Data	2.4.2
Nav GPS	
Nav GLONASS	1172
Nav Galileo	Stop
Nav QZSS	10
Nav BeiDou	Kinematic
Nav GEO	
Time/Iono	L1+L2
Streams	15
Sat GPS	0,0,0,0,0,0,0,0
Sat GLONASS	0,0,0,0,0,0,0,0
Sat Galileo	0,0,0,0,0,0,0,0
Sat QZSS	0,0,0,0,0,0,0,0
Sat BeiDou	0,0,0,0,0,0,0,0
Sat GEO	OFF,OFF
States	Broadcast,Saastamoinen
Covariance	Broadcast
SBAS Msgs	
SBAS Long	
SBAS Iono	GLONASS
SBAS Fast	00:00:00.0
RTCM Msgs	
RTCM DGPS	1
RTCM SSR	0
LEX Msgs	0,0,0
LEX Eph/Clock	Obs(0),Nav(11),Gnav(56),Ion(0),Sbs(0),Pos(0),Dgps(0),Ssr(0),Lex(0),Err(0)
LEX Iono	Obs(0),Nav(0),Gnav(0),Ion(0),Sbs(0),Pos(0),Dgps(0),Ssr(0),Lex(0),Err(0)
Iono Correction	Obs(0),Nav(0),Gnav(0),Ion(0),Sbs(0),Pos(0),Dgps(0),Ssr(0),Lex(0),Err(0)
(1) Rover	-
(2) Base Station	-
(3) Correction	-
(4) Solution1	0.000000000
(5) Solution2	0.000
Error/Warning	0.000
Age of Differential (s)	0.000
Ratio for AR Validation	0.000
# of Satellites Rover	0
# of Satellites Base/NRTK Station	0
# of Valid Satellites	0
GDOP/PDOP/HDOP/VDOP	0.0,0.0,0.0,0.0
# of Real Estimated States	3
# of All Estimated States	291
Pos X/Y/Z Single (m) Rover	0.000,0.000,0.000
Lat/Lon/Height Single (deg,m) Rover	0.00000000,0.00000000,0.000
Vel E/N/U (m/s) Rover	0.000,0.000,0.000
Pos X/Y/Z Float (m) Rover	0.000,0.000,0.000
Pos X/Y/Z Float Std (m) Rover	0.000,0.000,0.000
Pos X/Y/Z Fixed (m) Rover	0.000,0.000,0.000
Pos X/Y/Z Fixed Std (m) Rover	0.000,0.000,0.000
Pos X/Y/Z (m) Base/NRTK Station	0.000,0.000,21384.686
Lat/Lon/Height (deg,m) Base/NRTK Station	90.00000000,0.00000000,-6335367.628
Vel E/N/U (m/s) Base/NRTK Station	0.000,0.000,0.000
Antenna Type Rover	
Ant Phase Center L1 E/N/U (m) Rover	0.000,0.000,0.000
Ant Phase Center L2 E/N/U (m) Rover	0.000,0.000,0.000
Ant Delta E/N/U (m) Rover	0.000,0.000,0.000
Antenna Type Base/NRTK Station	
Ant Phase Center L1 E/N/U (m) Base/NRTK S	0.000,0.000,0.000
Ant Phase Center L2 E/N/U (m) Base/NRTK S	0.000,0.000,0.000
Ant Delta E/N/U (m) Base/NRTK Station	0.000,0.000,0.000
Precise Ephemeris Time/# of Epoch	--- (0)
Precise Ephemeris Download Time	-
Precise Ephemeris Download File	

Рисунок 3 – Вкладка RTK Monitor

RTKNAVI ver.2.4.2 (7): RTK Monitor

Nav GLONASS All Current

Close

SAT	PRN	Statu	IOD	Freq	Hea	Age	Toe	Tof	X (m)	Y (m)	Z (m)	VX (m/s)	VY (m/s)	VZ (m/s)	AX (m/s ²)	AY (m/s ²)	AZ (m/s ²)	Tau (ns)	Gamma (ns)
R01	1	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R02	2	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R03	3	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R04	4	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R05	5	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R06	6	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R07	7	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R08	8	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R09	9	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R10	10	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R11	11	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R12	12	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R13	13	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R14	14	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R15	15	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R16	16	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R17	17	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R18	18	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R19	19	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R20	20	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R21	21	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R22	22	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R23	23	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000
R24	24	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000

Рисунок 4 – Текущие эфемериды, файл сырых измерений отсутствует

Для того, что бы задать файл сырых измерений перейдем во вкладку Input Stream (рис. 5), выбираем тип входного файла и указываем к нему путь. После чего вновь вызываем RTK Monitor и видим текущие эфемериды для группировки ГЛОНАСС (рис.

Input Streams

Input Stream

Type

Opt Cmd

Format

Opt

☒ (1) Rover

File

...

...

NVS BINR

...

☐ (2) Base Station

Serial

...

...

RTCM 2

...

☐ (3) Correction

Serial

...

...

RTCM 2

...

Transmit NMEA GPGGA to Base Station

OFF

0.000000000

0.000000000

...

Input File Paths

C:\Project\BINR.bin

...

...

...

☐ Time

x1

+

0

s

OK

Cancel

Рисунок 5 – Вкладка Input Stream

RTKNAV! ver.2.4.2 (7): RTK Monitor																				Close	
Nav GLONASS All Current																					
SAT	PRN	Statu	IOD	Freq	Hea	Age	Toe	Tof	X (m)	Y (m)	Z (m)	VX (m/s)	VY (m/s)	VZ (m/s)	AX (m/s2)	AY (m/s2)	AZ (m/s2)	Tau (ns)	Gamma (ns)		
R01	1	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R02	2	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R03	3	-	3	5	0	0	2020/02/25 13:45:16	2020/02/25 13:45:16	23036950.68	-9091173.34	6041059.08	755.86033	-358.52718	-3447.90649	0.0000056	0.0000000	-0.0000028	-9798.4	0.0000		
R04	4	-	3	6	0	0	2020/02/25 13:45:16	2020/02/25 13:45:16	10192674.32	-12367565.43	19866879.39	2599.78676	-789.66141	-1827.75784	0.0000019	0.0000009	-0.0000028	-38310.0	0.0018		
R05	5	-	3	1	0	0	2020/02/25 13:45:16	2020/02/25 13:45:16	-8444572.27	-8664957.52	22466454.10	2983.60348	-743.76965	832.83615	-0.0000028	0.0000019	-0.0000019	-44762.2	0.0009		
R06	6	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R07	7	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R08	8	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R09	9	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R10	10	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R11	11	-	3	0	0	0	2020/02/25 13:45:16	2020/02/25 13:45:16	-6267326.66	24695208.01	692546.39	104.97284	124.88365	-3559.01241	-0.0000028	-0.0000028	0.0000009	13004.1	-0.0009		
R12	12	-	3	-1	0	0	2020/02/25 13:45:16	2020/02/25 13:45:16	2656202.15	19596105.96	16152160.16	-453.22323	2162.42790	-2549.74461	-0.0000019	-0.0000019	-0.0000019	-104511.2	0.0036		
R13	13	-	3	-2	0	0	2020/02/25 13:45:16	2020/02/25 13:45:16	10584969.24	2721713.87	23027096.68	-788.87653	3058.68912	1.50871	0.0000000	0.0000000	-0.0000037	34624.7	0.0000		
R14	14	-	3	-7	0	0	2020/02/25 13:45:16	2020/02/25 13:45:16	12234925.29	-15420709.96	16234023.93	-683.95519	2115.44323	2525.34008	0.0000019	0.0000009	-0.0000028	-47978.9	0.0000		
R15	15	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R16	16	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R17	17	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R18	18	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R19	19	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R20	20	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		
R21	21	-	3	4	0	0	2020/02/25 13:45:16	2020/02/25 13:45:16	-11998338.38	2268666.50	22399278.81	-2196.28239	-2144.76013	-961.57646	-0.0000056	0.0000009	-0.0000019	103999.9	-0.0027		
R22	22	-	3	-3	0	0	2020/02/25 13:45:16	2020/02/25 13:45:16	3117619.63	15878180.66	19685238.77	-1794.97814	-2022.21394	1927.74677	-0.0000019	-0.0000019	-0.0000019	13421.3	-0.0018		
R23	23	-	3	3	0	0	2020/02/25 13:45:16	2020/02/25 13:45:16	16842563.48	18972115.23	2638998.54	-81.89297	-425.68207	3583.03833	0.0000019	-0.0000028	-0.0000009	-285491.3	0.0018		
R24	24	-	-	0	0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0	0.0000		

Рисунок 6 – Текущие эфемериды

2.2 Использование программы RTKCONV из пакета RTKLIB

Программа RTKCONV позволяет конвертировать бинарный файл в текстовый формат RINEX, в частности получить текстовый gnaw-файл с эфемеридами ГЛОНАСС.

Для вызова программы выбираем в `save_dir\rtklib_2.4.2\bin` `rtklaunch.exe`, после чего видим окно показанное на рисунке 1 и выбираем в нем RTKCONV, или в той же директории сразу выбираем `rtkconv.exe` и сразу видим основное окно RTKCONV (рис. 7).

При желании можно установить время начала или окончания, проверив и установив «Time Start (GPST)» или «Time End (GPST)» (поле вверху в главном окне). Если навести на вопросительный знак, то можно подробнее узнать о конкретном времени и конкретной временной шкале (рис. 8).

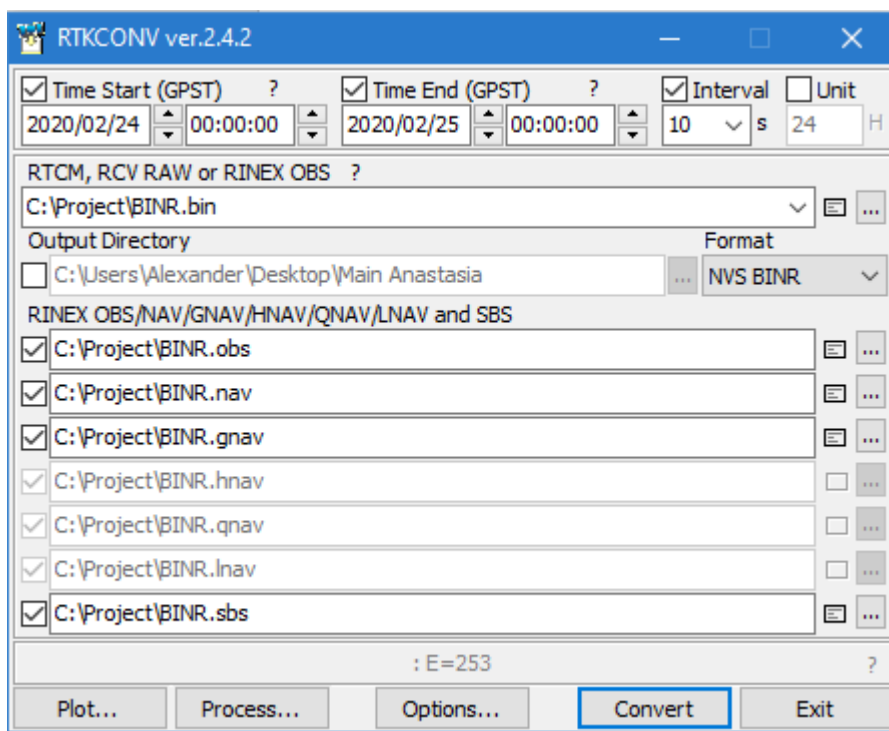


Рисунок 7 – Основное окно RTKCONV

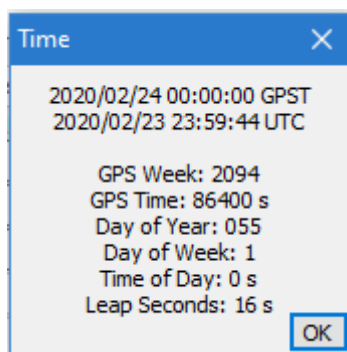


Рисунок 8 – Дополнительная информация о времени в программе RTKCONV

Для конвертирования исходного файла, необходимо указать к нему путь, его формат и, по желанию, установить дополнительные настройки во вкладке Options (рис. 10). После завершения настройки необходимо нажать кнопку Convert. После завершения конвертирования откроем файл с расширением .gnav . Однако в моем случае что-то пошло не так и данных там нет, я пыталась пофиксить, но он отказывается со мной сотрудничать, рисунок 9.

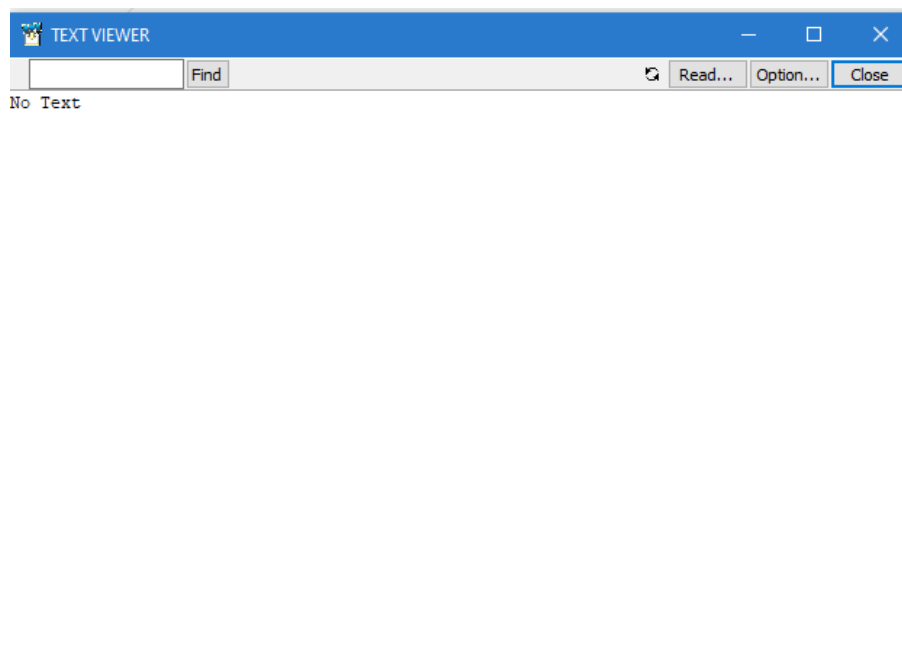


Рисунок 9 – Текстовый файл с эфемеридами ГЛОНАСС

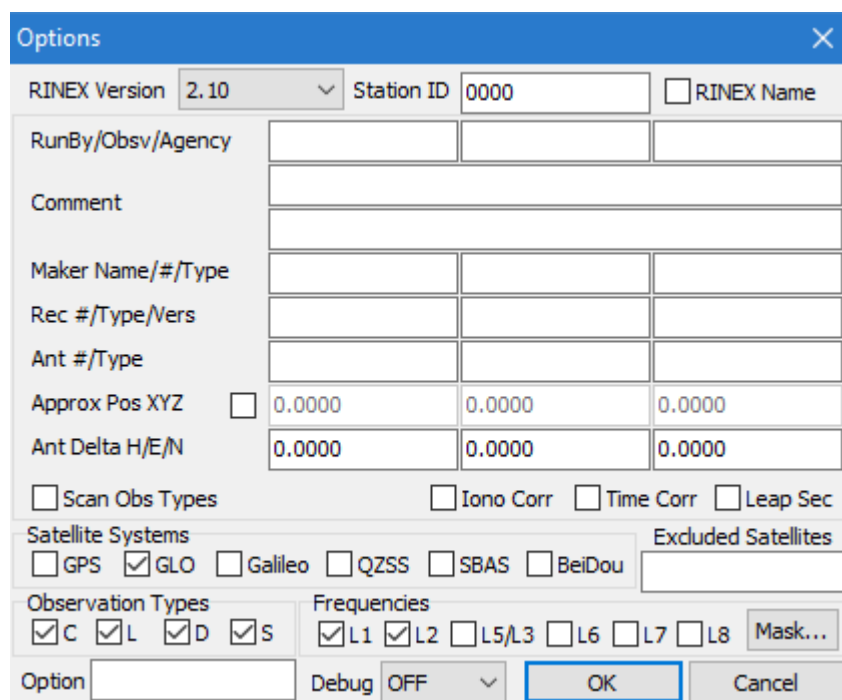


Рисунок 10 – Вкладка Options программы RTKCONV

2.3 Использование ресурса Trimble GNSS Planning Online

Trimble GNSS Planning Online это онлайн программа предназначенная для определения основных характеристик спутникового GNSS покрытия. Пользователю нужно ввести координаты места (вручную или графически),

маску угла возвышения, дату и промежуток времени, а также указать интересные созвездия (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou и QZSS) или спутники. Устанавливаем необходимые параметры (рис. 11), нажимаем Apply и видим что настройки приняты (рис. 12).

Рисунок 11 – Страница Settings онлайн сервиса Trimble GNSS Planning Online

Satellite Selection			
Satellites: 22/137			
System: active		Satellites	
		Selected	Healthy
GPS	✗	0	31
GLONASS	✓	22	22
Galileo	✗	0	22
BeiDou	✗	0	48
QZSS	✗	0	4
IRNSS	✗	0	6

My Settings	
	Change settings
Time of almanac:	2020-02-10
Time zone:	UTC +00:00
Visible period:	2020-02-10 12:00 - 2020-02-11 00:00
Latitude:	N 55° 45' 23.5896"
Longitude:	E 37° 42' 11.5028"
Height:	500 m
Elevation cutoff:	10 °

Рисунок 12 – Установленные настройки

Далее переходим на страницу Satellite Library и выбираем спутник указанный для своего варианта (13 КА системы ГЛОНАСС), рисунок 13.

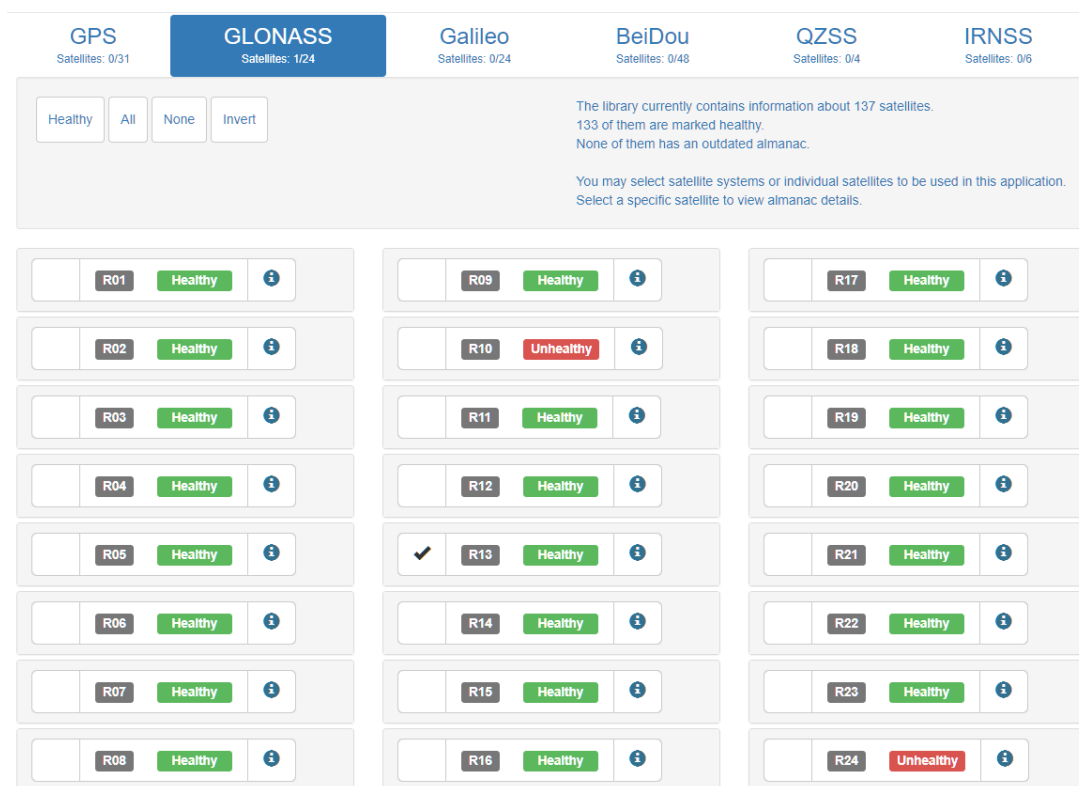


Рисунок 13 – Выбор исследуемого космического аппарата системы ГЛОНАСС

Переходим во вкладку Charts и снимаем график угла места, рисунок 14.

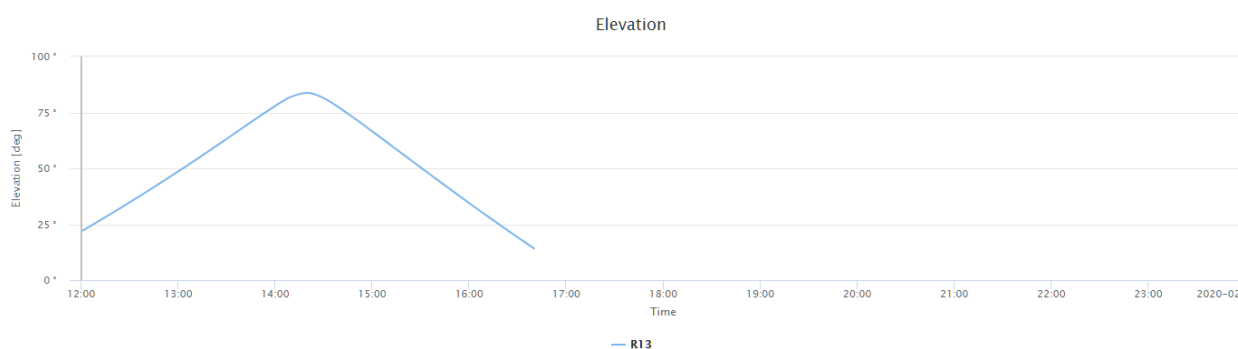


Рисунок 14 – График угла места 13-го космического аппарата системы ГЛОНАСС

Далее необходимо зафиксировать Sky View, для этого переходим во вкладку Sky Plot, рисунки 15- 16

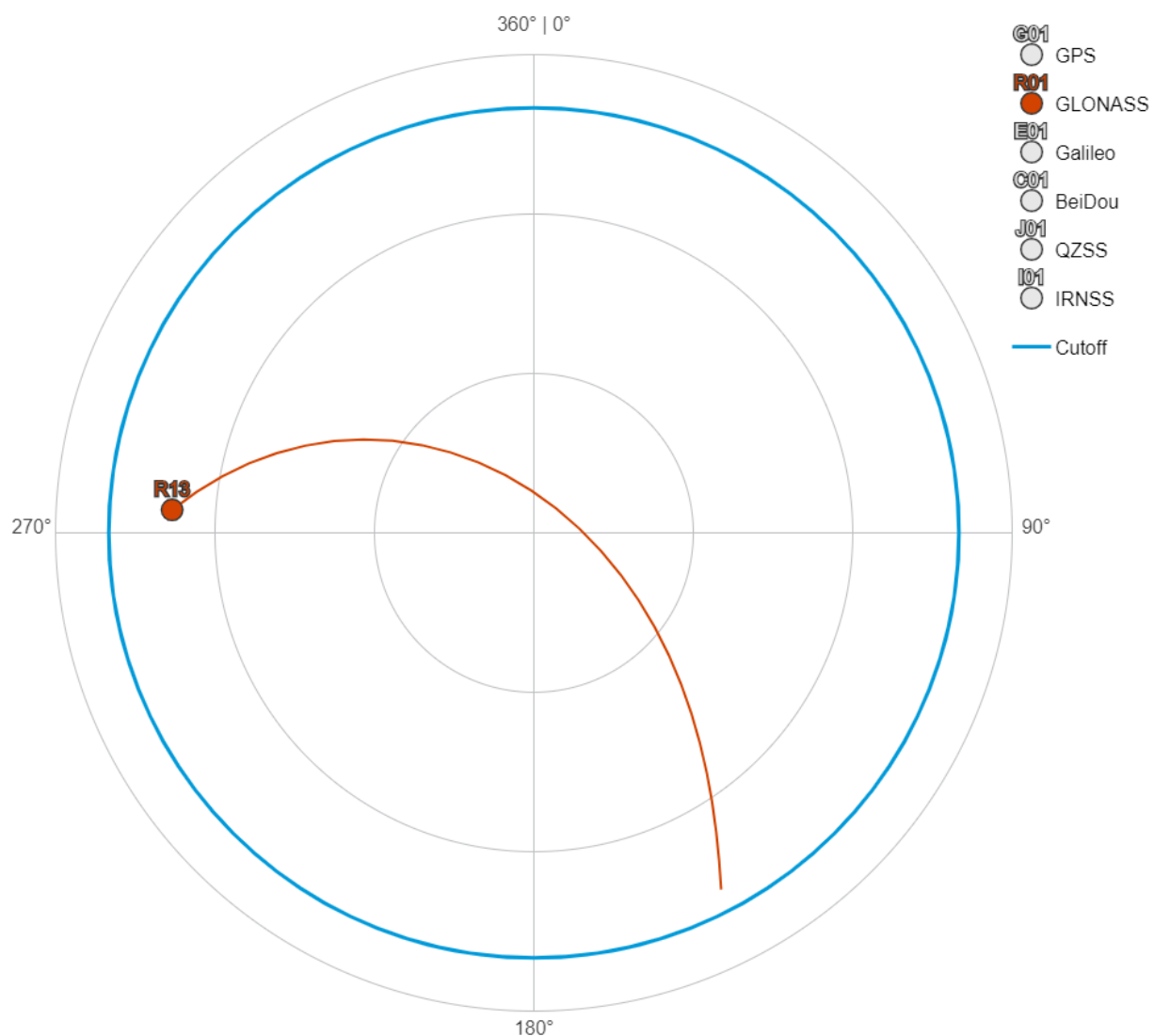


Рисунок 15 – Sky Plot для 13 космического аппарата системы ГЛОНАСС

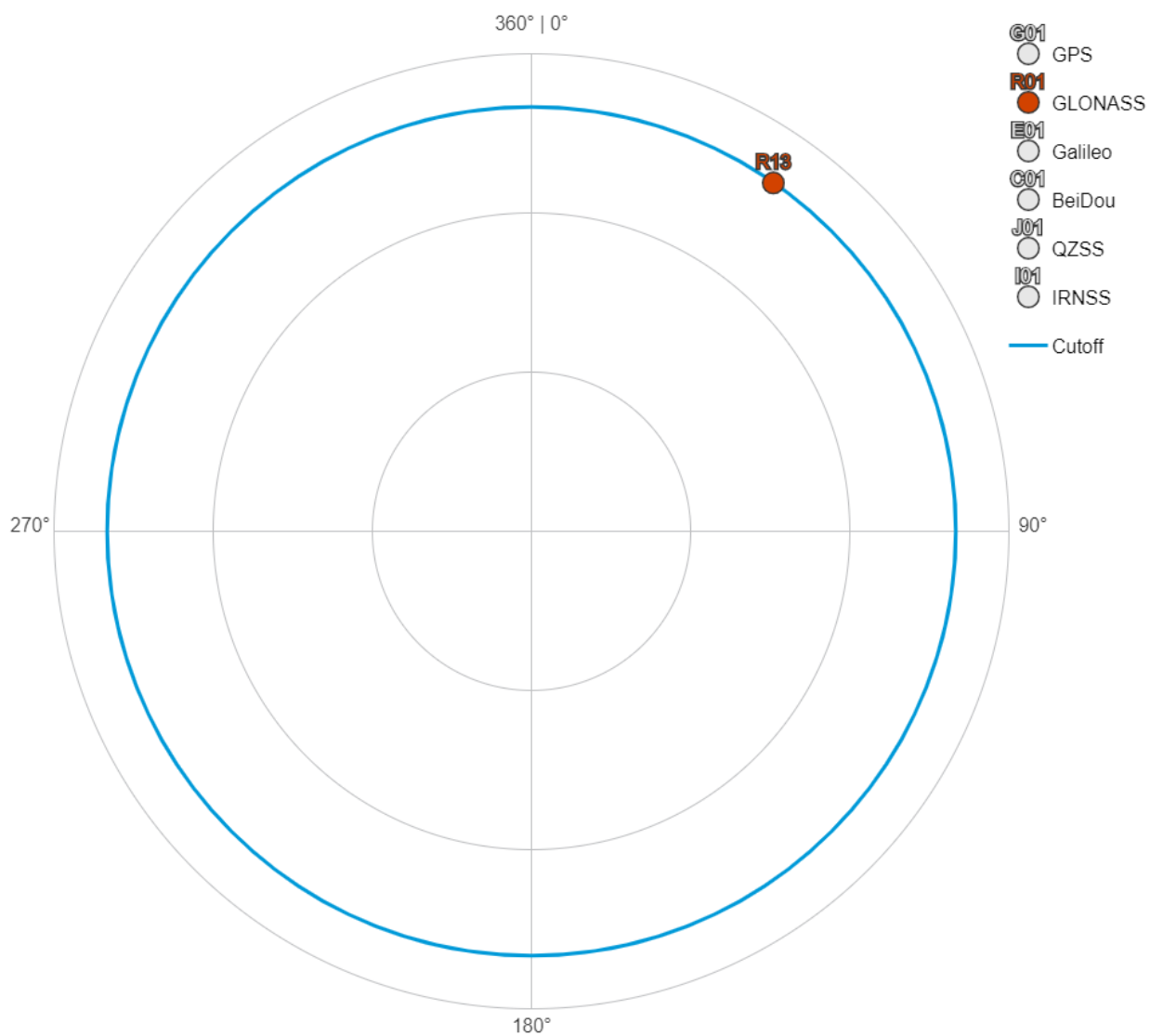


Рисунок 16 – Sky Plot для 13 космического аппарата системы ГЛОНАСС