

## Проект автоматизированного метода ведения постоянного GNSS мониторинга объектов и сооружений

Мониторинг моста осуществляется с помощью спутниковых ГЛОНАСС/GPS приемников соединенных сетями коммуникаций с Центром обработки.

Сбор данных от спутниковых приемников производится в автоматическом режиме под управлением специализированного программного обеспечения Trimble 4D Control Option3. Контроль деформаций производится в режиме постоянного мониторинга.

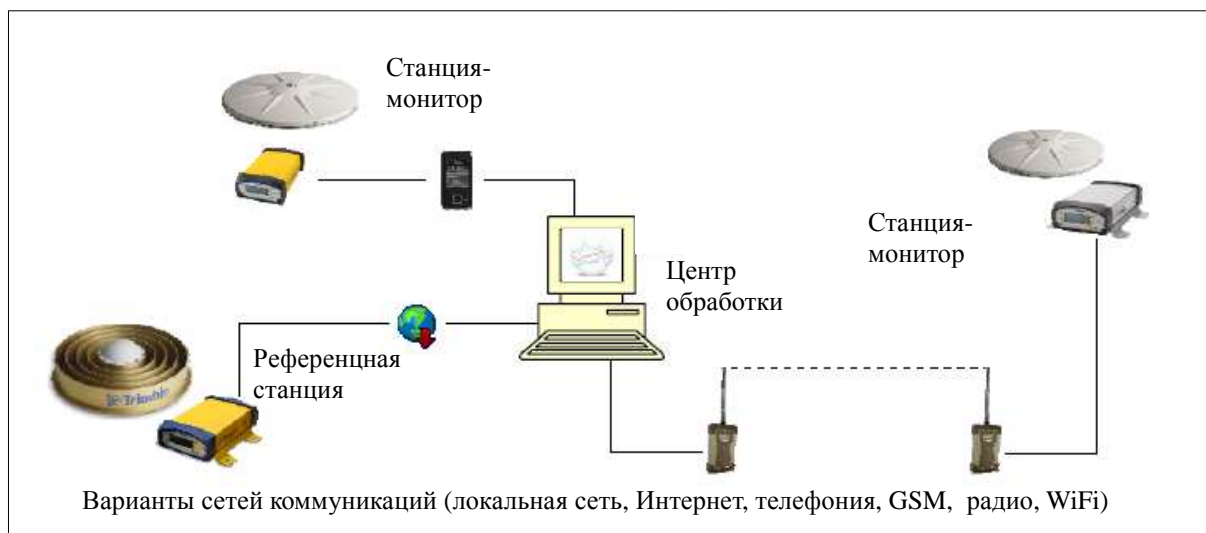
Анализ данных производится в модуле Deformation monitor в двух режимах:

- **Процессор долговременных деформаций Post processing Engine** (PP – постобработка) (время решения задачи дискретное – через 15 минут, 30 минут... 1 раз в сутки..., точность 1-2 мм.)
- **Процессор внезапных деформаций Rapid Motion Engine** (RTK) (время решения задачи дискретное – 1секунда, 5, 10... точность 2-3 см.)

Спутниковый метод определения деформаций объектов обеспечит:

- Получение результатов одного качества при любых погодных условиях.
- Отсутствие периодических процедур по обслуживанию аппаратуры.
- Неизменность измерительных характеристик аппаратуры в течение продолжительного периода времени.
- Возможность включения в измерительный комплекс Trimble аппаратуры сторонних производителей.
- Возможность включения в измерительный комплекс дополнительных угломерных датчиков.

Пример схемы сетевого мониторинга объекта



При полном отсутствии на объекте сетей коммуникаций мониторинг может проводиться только в режиме постобработки посредством перенесения накопленных в приемниках данных в Центр обработки с помощью внешнего носителя памяти.

## Условия проведения демонстрации

### 1) Оборудование

- Комплект ГЛОНАСС/GPS приемника – 2 или 3 шт.
- Угломерный XY датчик (для мониторинга дополнительной деформационной точки) – 1 шт.
- Имитационная платформа (для принудительной демонстрации деформации объекта) – 1 шт.
- ПО Trimble 4D Control Option3 – 1 компл..
- Компьютер – 1 шт.
- Модемы (при необходимости) - 4 шт.

### 2) Оснащение объекта для проведения демонстрации

- Наличие каналов связи (локальная сеть, Интернет, телефония, GSM, WiFi)
- Наличие электропитания (для Центра обработки – обязательно)
- Оборудование мест для закрепления спутниковых антенн (два для станций-мониторов в зонах деформаций и одно вне зоны деформаций для референцной станции)



## Анализ получаемых данных.

Программный комплекс Trimble 4D Control предоставляет исчерпывающую информацию о пространственном поведении исследуемого объекта (в целом и его отдельных частей-элементов в частности) во времени. Помимо постоянного и периодического координатного контроля точек деформаций, расположенных на самом объекте, обеспечивается и постоянный контроль опорных (референчных) точек, относительно которых рассматриваются смещения. При обнаружении смещений в пространственном положении одной точки или группы, а также при проблемах в работе любого аппаратного элемента программный комплекс T4D предоставляет широкие возможности по сигнальному оповещению обслуживающего персонала.

Пространственные данные, получаемые от каждого сенсора/приемника, регистрируются в единой базе данных и обрабатываются в реальном времени или в режиме постобработки. По результатам обработки, хранящимся в той же базе данных, могут автоматически подготавливаться периодические отчеты доступные через средства сети интернет.

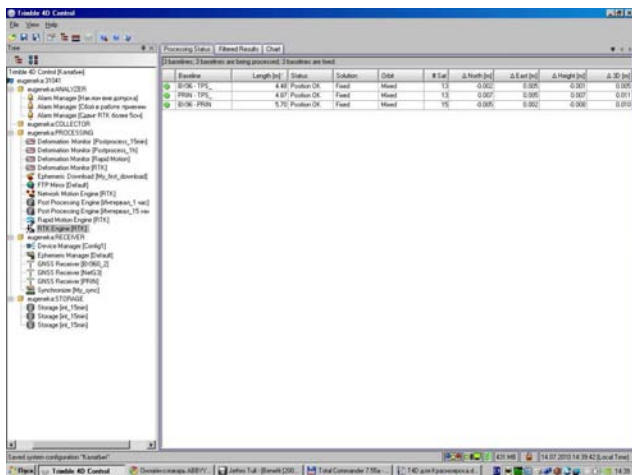
## Контроль в реальном времени

### Процессор внезапных деформаций (RTK)

Trimble 4D Control предоставляет возможность анализа смещений любой контролируемой точки в реальном времени. При этом вычисляются отклонения координат от зафиксированных ранее и используемых в качестве опорных. Кроме того, вычисляются мгновенные скорости дрейфа по каждой координатной оси. По результатам измерений, хранящимся в базе данных, могут быть рассчитаны скорости смещения контролируемых точек за любой период времени. Данный режим идеально подходит для определения мгновенных подвижек в элементах обследуемого объекта с возможностью быстрого реагирования при обнаружении смещений выходящих за допустимые (устанавливаемые оператором Центра управления) пределы. Таким образом, возможен анализ пространственного поведения объекта при мгновенных или короткопериодных нагрузках. Для анализа синхронизированных данных получаемых в реальном времени могут быть задействованы несколько программных модулей, входящих в комплекс T4D:

## 1. Модуль RTK

Обработывает спутниковые и тахеометрические данные "на лету" и предоставляет результаты обработки в другие модули. Предоставляет интерактивные графики смещений для каждой контролируемой точки и по каждой заданной оси. Среди получаемых на выходе данных: длина определенного вектора, тип полученного решения, оценка надежности полученного решения, величины смещений последней точки вектора отдельно по координатным осям и суммарное.



Вид окна рабочего состояния модуля обработки RTK

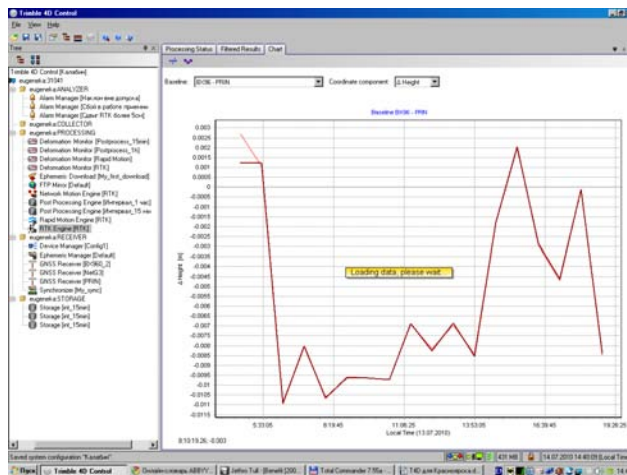
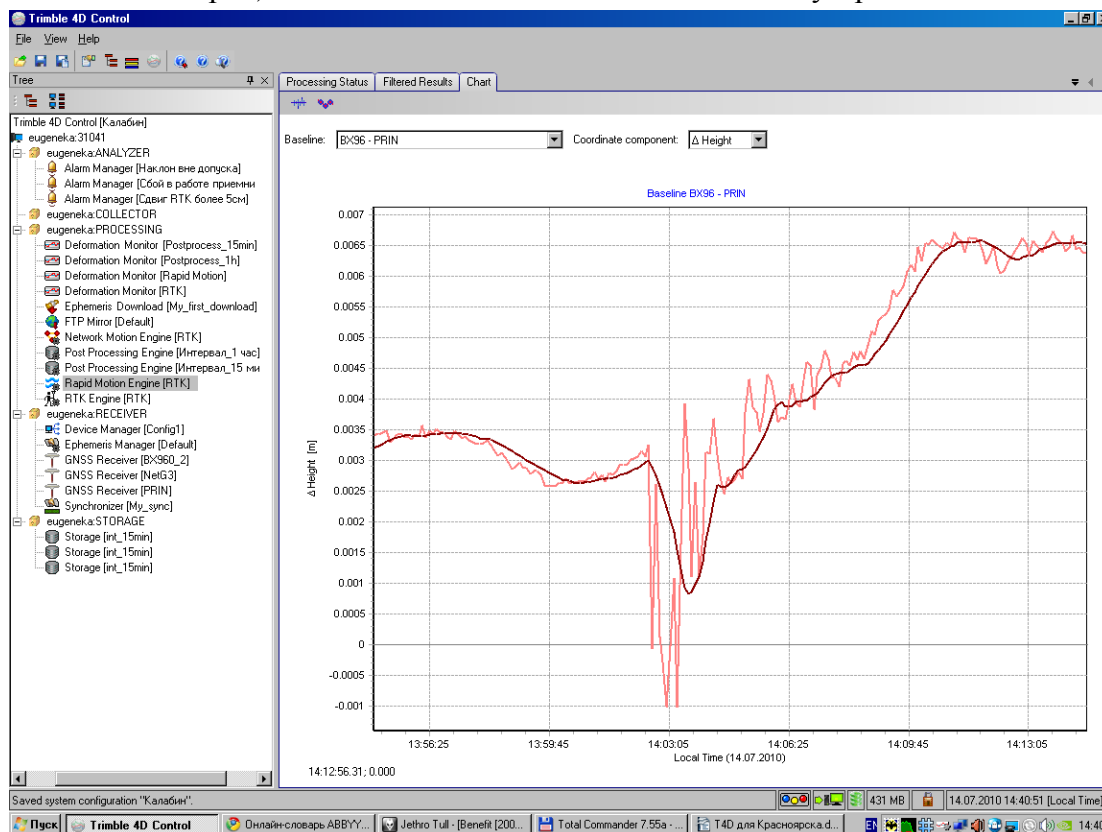


График смещений точек по осям, обновляемый в реальном времени

## 2. Модуль Rapid Motion (быстрых смещений)

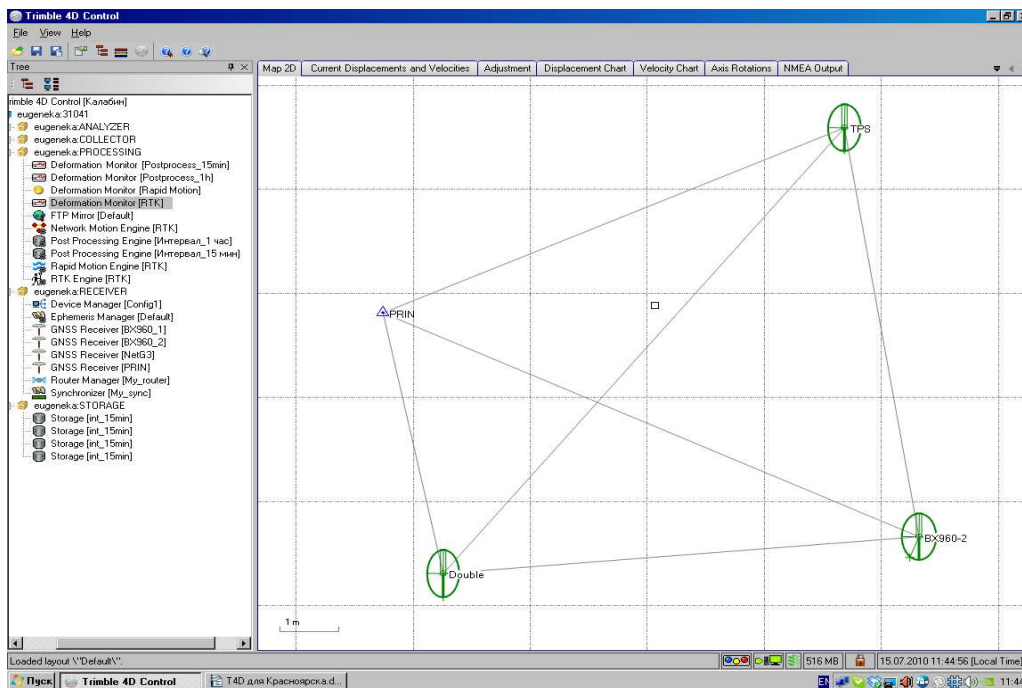
Следит за положениями GNSS-антенн, входящих в сеть, созданную для целей мониторинга медленных деформаций, но с возможными быстрыми сдвигами, вызванными например землетрясениями или оползнями. Подходит как для небольших сетей (с длинами сторон в несколько километров) так и для сетей в масштабах целого государства.



На графике показано событие, связанное с кратковременным смещением по высоте одной из контролируемых точек

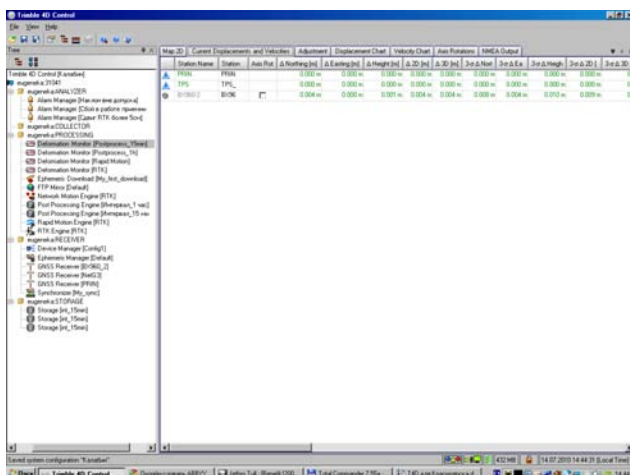
### 3. Модуль контроля деформаций

Предоставляет окончательную обработку смещений анализируемых в реальном времени, графическое отображение сети выбранных для анализа точек с отображением эллипсов ошибок.

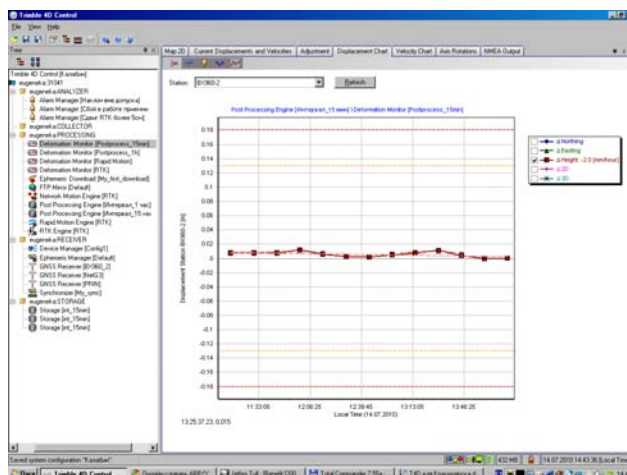


Вид рабочей сети с отображением фиксированных станций, контролируемых точек и эллипсов ошибок.

Выводит смещения по осям для каждой точки. Помимо стандартной топоцентрической системы координат возможно задание условной системы, базирующейся на двух точках с известными координатами. Это особенно полезно для анализа смещений относительно характерной линии или продольной оси вытянутого объекта, например, плотины или моста. Помимо этого, вычисляются доверительные интервалы 3-сигма по каждой оси и суммарные 2D и 3D.



Табличное представление смещений



Графическое представление смещений

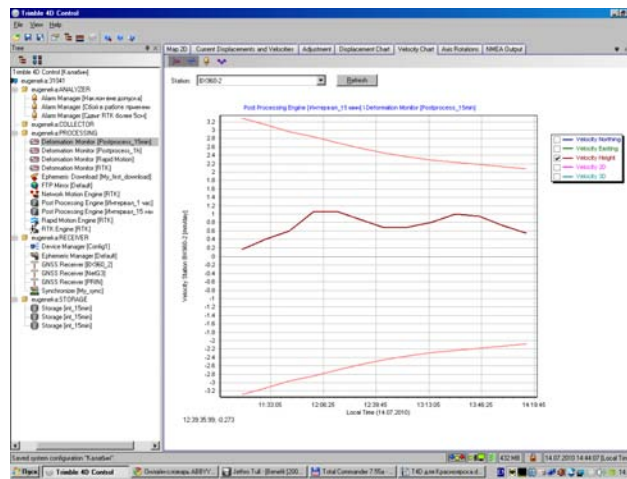


График изменения скорости смещения

## Контроль периодических смещений Процессор долговременных деформаций (PP – постобработка)

Периодические и долговременные смещения определяются по данным, накопленным за определенный период и повторяющимся с определенным интервалом. Идеально подходит для слежения за продолжительными или сезонными деформациями, не проявляющимися (незаметными) в течение небольшого периода времени.

Программа позволяет выполнять одновременную обработку данных, получаемых с сенсоров, используя разные интервалы времени. Другими словами, программа может одновременно вести обработку с сеансами разной продолжительности (например: 15мин, 1 час, 1 день). Этот процесс полностью автоматический, т.е. по завершению накопления данных измерений с выбранных сенсоров/приемников за последний интервал времени обработка выполняется незамедлительно. Использование при постобработке сеансов разной продолжительности может служить неплохим фильтром для выявления колебаний точек объекта с разными периодами.

Результаты обработки за последний интервал отображаются в специальном окне, где присутствуют: имя базовой линии, ее длина, качество полученного результата, тип решения, использованные при обработке эфемериды (для GPS-приемников), количество измерений для каждой линии и полученные при данной обработке отклонения по координатным осям. Весь перечень обработанных линий с необходимой статистикой доступен во вкладке "История".

Baseline	Length	Status	Solution	Date	Epochs	Δ Northing	Δ Easting	Δ Height	Δ 3D
PRN1_000	2.861	OK	Fixed	Packaged	180	-0.000	0.000	-0.000	0.011
B10K_100	4.807	OK	Fixed	Packaged	180	0.000	0.000	-0.000	0.004
B10K_200	4.807	OK	Fixed	Packaged	180	0.000	0.000	-0.000	0.003
B10K_300	4.807	OK	Fixed	Packaged	180	0.000	0.000	-0.000	0.003
B10K_400	4.807	OK	Fixed	Packaged	180	0.000	0.000	-0.000	0.003
B10K_500	4.807	OK	Fixed	Packaged	180	0.000	0.000	-0.000	0.003
TPS_000	6.181	OK	Fixed	Packaged	180	0.000	0.000	-0.000	0.003

Результаты последней обработки

Log/In	Session	Session End	Baseline	Solution	Status	Date	Epoch	Length	Δ North	Δ East	Δ Height
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 0 15:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.825	2.500	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 0 3:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.826	2.500	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 0 4:45:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.826	2.500	1.108
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 1 0:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.825	2.500	1.108
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 1 15:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.824	2.500	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 1 3:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.826	2.500	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 1 4:45:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.826	2.500	1.107
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 2 0:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.870	4.824	2.500	1.108
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 2 15:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.824	2.510	1.112
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 2 3:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.870	4.824	2.500	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 2 4:45:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.824	2.510	1.108
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 3 0:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.827	2.507	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 3 15:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.826	2.500	1.111
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 3 3:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.827	2.507	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 3 4:45:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.826	2.500	1.108
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 4 0:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.826	2.507	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 4 15:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.869	4.826	2.507	1.104
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 4 3:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.824	2.500	1.113
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 4 4:45:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.825	2.500	1.112
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 5 0:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.824	2.500	1.112
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 5 15:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.825	2.500	1.111
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 5 3:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.826	2.510	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 5 4:45:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.825	2.500	1.111
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 6 0:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.824	2.510	1.111
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 6 15:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Booked	114	4.872	4.825	2.500	1.112
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 6 3:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	134	4.872	4.826	2.500	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 6 4:45:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.826	2.500	1.109
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 7 0:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.871	4.826	2.500	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 7 15:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.826	2.500	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 7 3:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.826	2.500	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 7 4:45:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.827	2.500	1.110
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 8 0:00:00	PRN1_TPS	Fixed	OK	Packaged	180	4.872	4.827	2.500	1.108
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 8 15:00	TPS_000	Fixed	OK	Packaged	140	6.183	5.479	0.844	-2.789
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 8 3:00:00	TPS_000	Fixed	OK	Packaged	180	6.187	5.480	0.842	-2.794
15.07.2	15.07.2	15.07.2016 8 4:45:00	TPS_000	Fixed	OK	Packaged	180	6.187	5.480	0.842	-2.794

Ведомость всех этапов обработки линий в хронологическом порядке

При регистрации долгопериодических смещений важно быть уверенным в качестве всей сети в целом. За это отвечает модуль Network Motion, регистрирующий смещения точек сети за все время измерений с оценкой точности.

Station Name	Station Code	Time Processed	$\Delta$ Northing [m]	$\Delta$ Easting [m]	$\Delta$ Height [m]	$\Delta$ 2D [m]	$\Delta$ 3D [m]	3- $\sigma$ $\Delta$ Northi...	3- $\sigma$ $\Delta$ Eastin...	3- $\sigma$ $\Delta$ Height [m]	3- $\sigma$ $\Delta$ 2D [m]	3- $\sigma$ $\Delta$ 3D [m]	La
PRIN	PRIN (reference)	2.21:25:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	15
BX960-2	BX96	00:29:00	0.008	-0.016	-0.029	0.017	0.034	0.0161	0.0219	0.0218	0.0272	0.0348	15
TPS	TPS_	00:29:00	0.002	-0.002	-0.012	0.003	0.012	0.0157	0.0216	0.0213	0.0267	0.0341	15
Double	Doub	00:29:00	-0.005	0.002	-0.001	0.006	0.006	0.0153	0.0208	0.0207	0.0258	0.0331	15

График суммарных подвижек контролируемых точек с оценкой точности за все время наблюдений

Комбинирование правильно настроенных модулей постобработки и анализа в реальном времени даст полную картину пространственного поведения объекта во времени с максимально возможной на сегодняшний день точностью. Своевременное оповещение всеми возможными способами, предусмотренными в комплексе Trimble 4D Control, поможет прогнозировать нежелательные последствия и заблаговременно принять соответствующие меры.

*Примечание:*

Данный проект опробован и подготовлен на основе тестового полигона системы мониторинга на территории ЗАО «ПРИН».

Для создания оптимального варианта рабочего проекта, техническое задание на проектирование, разрабатывается совместно - эксплуатирующей организацией, организацией проводящей работы по мониторингу объекта и организацией поставляющей оборудование.