

Предварительная обработка измерений

Функции `gMapPickHandleNan2`,
`gFieldsDespike1D`, `gFieldsDespike2D`

Rev. 202303

Ivan V. Dmitriev
31.03.2023

Содержание

Quick start: обработка координат ГЛБО позиционируемого по USBL (работа со скриптом SssCoord01)	4
Введение	7
1 Граф предварительной обработки измерений	8
1.1 Проверка представительности отметок времени	8
1.2 Удаление выбросов.....	9
1.3 Анализ отклонений от теоретической модели	12
1.4 Осреднение/сглаживание измерений	12
1.5 Исключение систематических погрешностей	13
1.6 Обобщенный граф предварительной обработки измерений.....	15
2 Практическая реализации графа предварительной обработки	17
2.1 Графический интерфейс для удаления выбросов (gMapPickHandleNan2).....	17
2.2 Предварительная обработка измерений скалярной величины (gFieldsDespikе1D)	19
2.3 Предварительная обработка 2D-координат (gFieldsDespikе2D)	21
3 Пример скрипта для обработки координат и курса ГЛБО	25
3.1 Чтение файлов навигации	25
3.2 Обработка	25
3.3 Сохранение результатов обработки	30
Заключение	31
Приложение 1. Скрипт SssCoord01 (MatLab)	32

Список рисунков

Рисунок 1.1 Появление зон растяжения на сонарной мозаике за счет отсутствия десятичных знаков для марки времени в файлах навигации с координатами ГЛБО	8
Рисунок 1.2 Пример обработки координат ГЛБО;(а) трек ГЛБО в координатах EN; (б) компонента отклонения «поперек профиля», относительно линейного тренда; (в) сглаженный ряд без удаления слабых выбросов; (г) сглаженный ряд с удаленными слабыми выбросами	10
Рисунок 1.3 «Просачивание» качки судна в координаты буксируемого устройства, позиционируемого по USBL	14
Рисунок 1.4 Обобщенный граф предварительной обработки измерений	15
Рисунок 2.1 Инструменты удаления измерений из ряда (функция gMapPickHandleNan2).....	17
Рисунок 2.2 Установка маркера с ярлыком (функция gMapPickHandleNan2)	18
Рисунок 2.3 Окно контроля отметок времени (функция gFieldsDespike1D).....	19
Рисунок 2.4 Окно с результатами обработки курса ГЛБО (функция gFieldsDespike1D)	20
Рисунок 2.5 Окно с треком ГЛБО в координатах EN (функция gMapPickHandleNan2).....	21
Рисунок 2.6 Окно с треком ГЛБО в координатах EN (а), отклонением вдоль линейного тренда TrDL (б) и отклонением поперек линейного тренда TrDC (в).....	23
Рисунок 2.7 Отклонение вдоль линейного тренда TrDL и отклонение поперек линейного тренда TrDC после удаления выбросов и сглаживания	24
Рисунок 2.8 Окно с результатами обработки трека ГЛБО (рисунок слева масштабирован)	24
Рисунок 3.1 Окно контроля отметок времени (функция gFieldsDespike1D).....	26
Рисунок 3.2 Окна обработки 2D-координат ГЛБО (функция gFieldsDespike2D).....	27
Рисунок 3.3 Окна обработки курса ГЛБО (функция gFieldsDespike1D)	28
Рисунок 3.4 Окна с результатами обработки координат и курса ГЛБО для текущей последовательности профилей.....	29

Список сокращений и аббревиатур

ГЛБО	гидролокатор бокового обзора
НПС	непрерывное сейсмическое профилирование
ВТП	bearing to tow-point
MatLab	среда программирования
NaN	not a numeric
NavInjector	утилита SonarWiz для прошивки координат в файлы ГЛБО
QINSy	программный комплекс для навигации
SonarWiz	программа обработки данных ГЛБО
USBL	ultra-short baseline hydro-acoustic positioning system

Quick start: обработка координат ГЛБО позиционируемого по USBL (работа со скриптом SssCoord01)

1) Команда скрипта: чтение файлов навигации с координатами и курсом ГЛБО из заданной папки.

```
{'NavQinsyLog_ReadTxt','e:\tmp\'};SssCoord01;
```

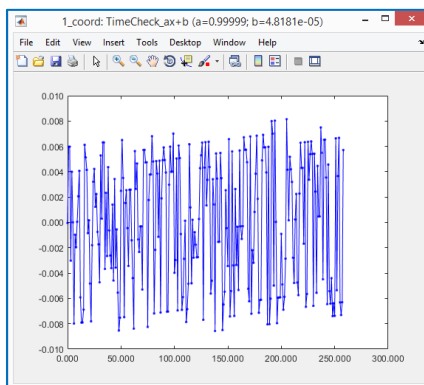
2) Команда скрипта: обработка координат и курса.

```
{'tXYAng_Edit',[,],0,[40 40]};SssCoord01;
```

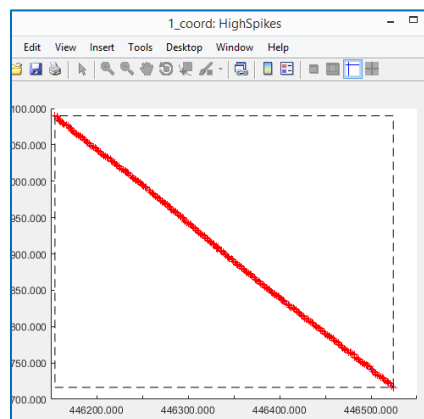
Ширина окна сглаживания для координат – 40, для курса ГЛБО – 40.

Команда выдает интерактивные окна и окна визуального контроля 2.1-2.9.

2.1) Окно визуального контроля отметок времени с удаленным линейным трендом (закрытие каждого «окна визуального контроля» – нажатие на любую клавишу).



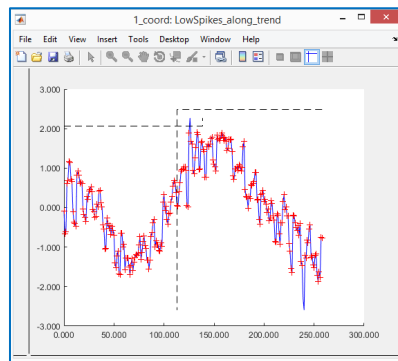
2.2) Интерактивное окно удаления **сильных выбросов** для координат.



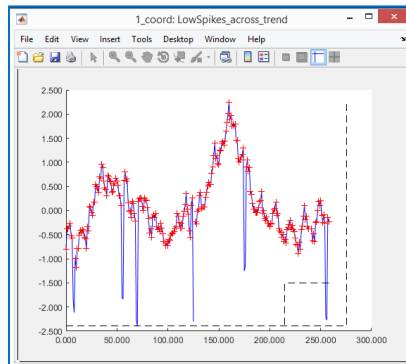
Основные клавиши редактирования (для всех интерактивных окон):

- левая кнопка мыши – установка ограничителя 1 для выделения точек ряда измерений;
- правая кнопка мыши – установка ограничителя 2 для выделения точек ряда измерений;
- колесо мыши – «удаление» точек ряда измерений между ограничителями;
- клавиша «z» – режим Zoom (увеличение или уменьшение), выход из режима по нажатию любой клавиши;
- клавиша «x» – режим Pan (перемещение), выход из режима по нажатию любой клавиши;
- клавиша «q» – выход из режима удаления измерений и закрытие окна.

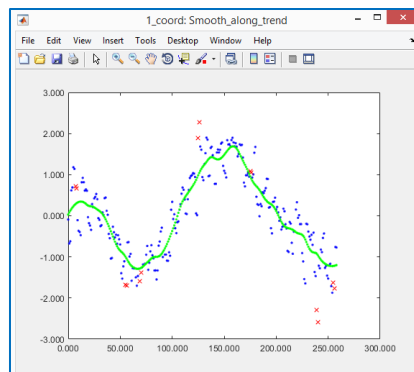
2.3) Интерактивное окно удаления *слабых выбросов* для координат (график *отклонений вдоль профиля*).



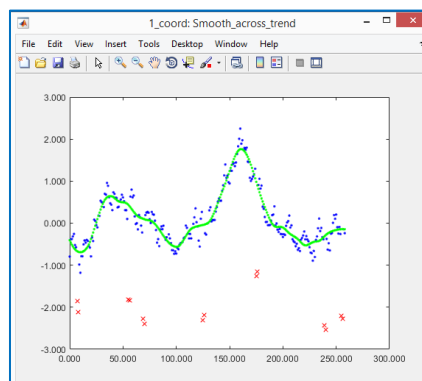
2.4) Интерактивное окно удаления *слабых выбросов* для координат (график *отклонений поперек профиля*).



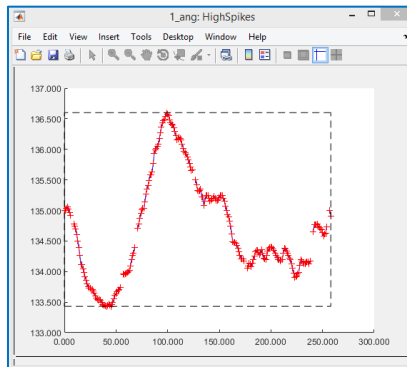
2.5) Окно визуального контроля сглаживания координат (отклонения вдоль профиля).



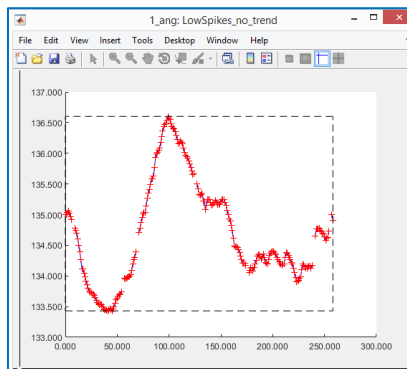
2.6) Окно визуального контроля сглаживания координат (отклонения поперек профиля).



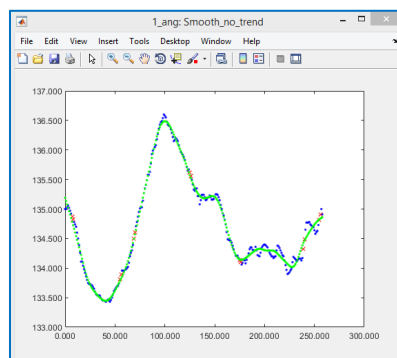
2.7) Интерактивное окно удаления сильных выбросов для курса ГЛБО.



2.8) Интерактивное окно удаления слабых выбросов для курса ГЛБО.



2.9) Окно визуального контроля сглаживания курса ГЛБО.



3) Команда скрипта: сохранение файлов с координатами и курсом ГЛБО после обработки.

```
{'NavCODA_Write', 'e:\tmp\out\',[]};SssCoord01;
```

Введение

Документ описывает граф предварительной обработки измерений, полученных с некоторого датчика с привязкой по времени.

Первоначальной целью данного документа было описание графа обработки координат буксируемого ГЛБО, пространственная привязка которого осуществляется посредством системы подводного позиционирования (USBL). Привязка ко времени позволяет перейти от рассмотрения координат к рассмотрению скорости буксируемого устройства и использовать предположение о том, что «забортное устройство движется поступательно по сглаженной траектории и без резких изменений своего положения»; данное предположение было положено в основу графа обработки. При обобщении графа обработки на случай «произвольных измерений с привязкой по времени» в текст были добавлены следующие пункты:

- первая глава с описанием обобщенного графа предварительной обработки;
- описание предварительной обработки рядов скалярных измерений;
- описание контроля представительности временных отметок.

В первой главе рассматриваются задачи предварительной обработки измерений (удаление выбросов, фильтрация и т.д.) и методы их решения. Представлен обобщенный граф предварительной обработки.

Во второй главе рассматривается реализация графа предварительной обработки измерений. Описывается граф (функция `gFieldsDespike1D`), предназначенный для обработки рядов измерений скалярной величины во времени; например, показания датчика температуры, показания датчика давления/глубины, показания альтиметра буксируемого устройства. Описывается граф (функция `gFieldsDespike2D`), предназначенный для обработки рядов измерений 2D-координат во времени; например, координаты буксируемого устройства, позиционируемого при помощи USBL.

В третьей главе описывается скрипт, предназначенный для обработки координат и курса ГЛБО (импорт данных, обработка координат и курса ГЛБО, экспорт данных).

1 Граф предварительной обработки измерений

Предварительная обработка ряда измерений включает следующие задачи:

- Проверка представительности отметок времени;
- Удаление выбросов (грубых отклонений);
- Осреднение/сглаживание измерений;
- Исключение систематических погрешностей.

Рассмотрим каждую задачу более подробно, после чего приведем структуру обобщенного графа предварительной обработки. В контексте удаления выбросов затронем вопросы анализа отклонения измерений от теоретической модели.

1.1 Проверка представительности отметок времени

Большинство измерений в морских геофизических исследованиях выполняются с привязкой ко времени, с постоянным шагом (магнитометрия, ГЛБО, НСП) или шагом близким к постоянному (USBL). Перед началом обработки необходимо убедиться в отсутствии каких-либо артефактов (отклонений от общей закономерности) во времени измерений. Появление таких артефактов почти всегда связано с ошибками настройки оборудования или формата для потока передачи данных. В дальнейшем влияние этих артефактов может привести к искажению в обрабатываемых данных и неверным выводам о природе таких искажений. Пример ошибки во времени и ее последствия показаны на Рисунке 1.1.

```
File Edit Options Encoding Help
2023-02-28T0:06:02.0,28/02/2023,20:06:02,,WGS 84 (Greenwich),
2023-02-28T0:06:03.0,28/02/2023,20:06:03,,WGS 84 (Greenwich),
2023-02-28T0:06:04.0,28/02/2023,20:06:04,,WGS 84 (Greenwich),
2023-02-28T0:06:04.9,28/02/2023,20:06:04,,WGS 84 (Greenwich),
2023-02-28T0:06:06.0,28/02/2023,20:06:06,,WGS 84 (Greenwich),
2023-02-28T0:06:07.0,28/02/2023,20:06:07,,WGS 84 (Greenwich),
2023-02-28T0:06:08.0,28/02/2023,20:06:08,,WGS 84 (Greenwich),
2023-02-28T0:06:09.0,28/02/2023,20:06:09,,WGS 84 (Greenwich),
2023-02-28T0:06:10.0,28/02/2023,20:06:10,,WGS 84 (Greenwich),
```

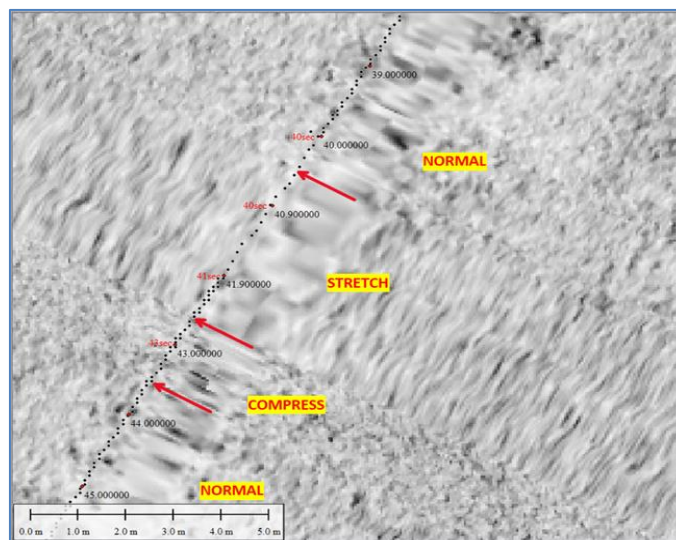


Рисунок 1.1 Появление зон растяжения на сонарной мозаике за счет отсутствия десятичных знаков для марки времени в файлах навигации с координатами ГЛБО

В верхней части Рисунка [1.1](#) показан фрагмент файла навигации с координатами ГЛБО, которые прошивались в файлы с данными ГЛБО. Из-за ошибки оператора при настройке QINSy, отметка времени выводится без десятичного знака. Это приводит к периодическому появлению артефакта во времени измерений – повторению значения времени (20:06:04, 20:06:04), за которым следует пропуск секундного отсчета (20:06:06). Из-за описанных артефактов на сонарной мозаике возникают зоны «растяжения» (малое количество пингов ГЛБО между точками координат с повторением секунды), чередующиеся с последующими зонами «сжатия». Такие зоны показаны в нижней части Рисунка [1.1](#).

Обработка отметок времени содержащих артефакты возможна (так, для приведенного примера мы можем удалить повторяющиеся секунды и рассчитать значения удаленных отметок при помощи линейной интерполяции), однако наилучшим действием будет поиск и устранение причин появления артефактов.

1.2 Удаление выбросов

Выбросы (spikes) вызваны сторонними причинами, не связанными с измеряемой величиной. Такие значения визуально распознаются по резкому и значительному отклонению от общей закономерности измеряемой величины (например, единичный отскок в координатах буксируемого устройства на 50 метров; высокоамплитудный шум на эхолоте, во время включения судового подруливающего устройства). Выделение «полезной компоненты измерения» на фоне аддитивной компоненты с выбросом невозможно; наиболее приемлемым является удаление такого измерения из ряда, что бы исключить его влияние на последующую обработку.

В первом приближении выбросы можно рассматривать как короткопериодную компоненту сигнала. Поэтому для их идентификации и удаления разумным представляется предварительное удаление **длиннопериодного тренда**, который может маскировать относительно слабые выбросы. Если для вычисления длиннопериодного тренда используются значения обрабатываемого ряда измерений, то хорошо работает алгоритм с удалением выбросов в несколько этапов:

- 1) Удаляются наиболее высокоамплитудные **сильные выбросы**, которые явно видны на отображении обрабатываемого сигнала. Такие выбросы способны повлиять на рассчитываемый тренд и сильно исказить его форму;
- 2) Для ряда измерений, с удаленными высокоамплитудными выбросами, рассчитывается длиннопериодный тренд, после чего он вычитается из ряда измерений. Для лучшей визуализации выбросов могут рассчитываться трансформации для тренда и исходных данных. Пример трансформаций – **«отклонения от тренда вдоль перемещения»** и **«отклонения от тренда поперек перемещения»** приведен по тексту ниже (глава [2.3](#));

3) Для ряда измерений с удаленным длиннопериодным трендом выполняется повторный анализ и удаление выбросов, что позволяет удалить *слабые выбросы* с относительно малой амплитудой (до этого они маскировались длиннопериодным трендом).

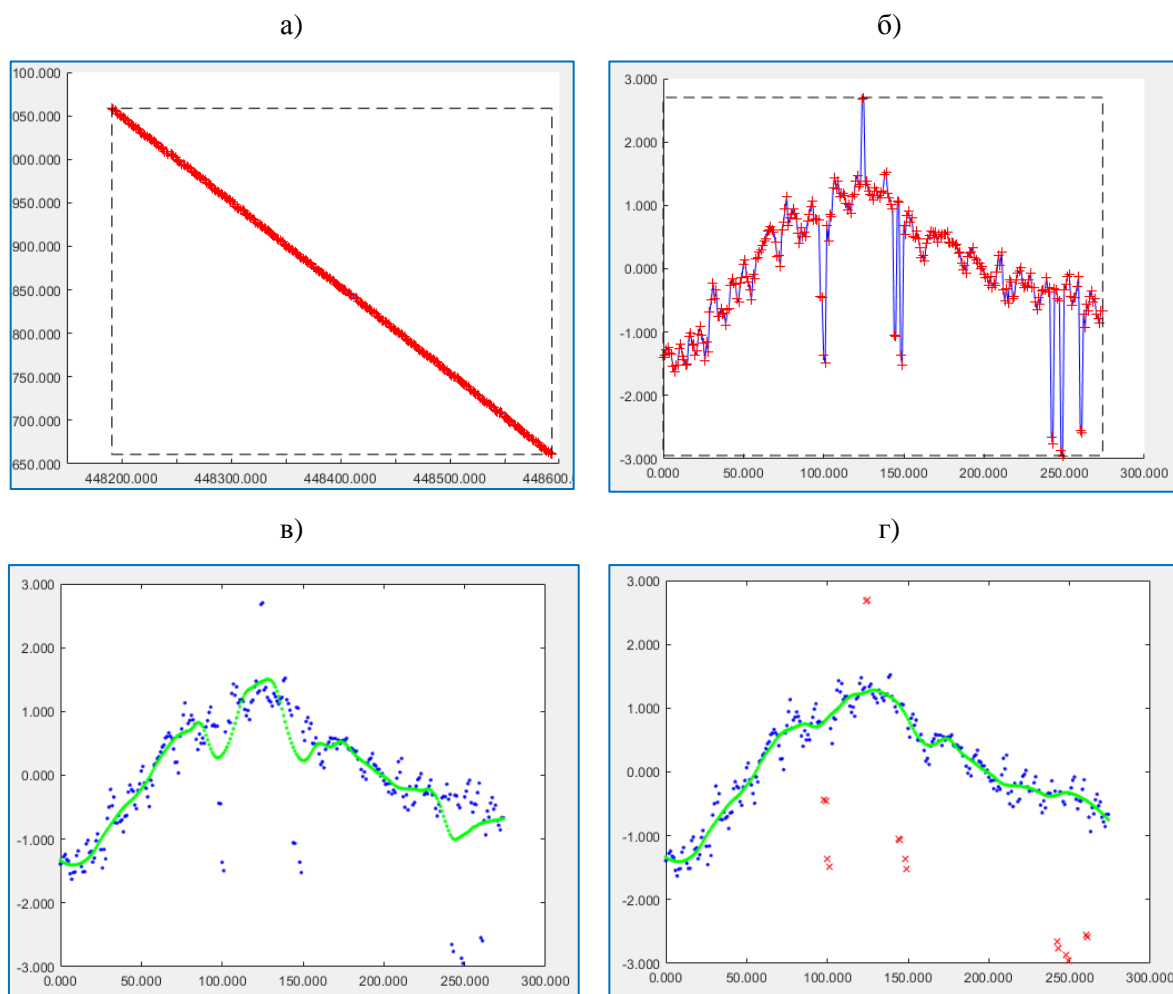


Рисунок 1.2 Пример обработки координат ГЛБО; (а) трек ГЛБО в координатах EN; (б) компонента отклонения «поперек профиля», относительно линейного тренда; (в) сглаженный ряд без удаления слабых выбросов; (г) сглаженный ряд с удаленными слабыми выбросами

На Рисунке 1.2 приведен пример обработки реальных данных ГЛБО. На Рисунке 1.2, а показан трек ГЛБО в прямоугольных координатах. Для Рисунка 1.2, б выполнен поворот координатной системы и удаление линейного тренда, чтобы наилучшим образом визуализировать слабые выбросы, которые практически не различимы в координатах EN. На Рисунке 1.2, в-г показано сравнение данных сглаженных при наличии слабых выбросов и с удаленными слабыми выбросами. Как видно из рисунков слабые выбросы вызывают плавные сдвиги в координатах амплитудой до 1 метра. На сонограммах это будет отображаться как визуально не различимый плавный сдвиг сонарных пингов; объекты, попавшие в зону влияния слабых выбросов будут искажены и сдвинуты на величину до 1го метра.

В контексте «удаления выбросов» необходимо более четко определить действие «удаление измерения из ряда». Удаление измерения из ряда может быть реализовано следующими способами:

- Полностью удалять измерение, включая метку времени и вести дальнейшую обработку без метки времени, которая была удалена. Проблема возникает, когда к одной метке времени привязаны измерения нескольких датчиков. Например, для магнитной съемке к одной метке привязываются показания магнитного сенсора, датчика глубины и альтиметра. Удаление метки времени, по причине «плохих» (некондиционных) показаний альтиметра влечет удаление «хороших» (кондиционных) измерений магнитного поля. Кроме того, сама метка времени несет «хорошую» информацию о периоде измерений. По описанным причинам от «удаления с меткой времени» было решено отказаться;
- Можно удалить значения измерения заменив его на NaN (специальное значение `not a numeric` для чисел с плавающей точкой). Однако здесь возникают дополнительные нюансы при математической обработке; например, при расчете трансформаций в скользящем окне (фильтрация, осреднение), попадание значения NaN в расчеты влечет присвоение значения NaN результату расчетов. То есть, если удалить одну точку в измерениях координат, а потом осуществлять осреднение в скользящем окне 50 точек, то мы получим «пропуск в данных» (последовательность, заполненную NaN) размером в 99 точек. Следовательно, при всех вычислениях необходимо учитывать значения NaN (исключать их перед вычислениями) и адаптировать все алгоритмы к «ряду измерений с переменным шагом»;
- Нами был выбран метод удаления, когда «плохие» значения маркируются, а после завершения маркирования, выполняется их «придумывание» при помощи интерполяции. Вероятно, правильнее было бы говорить не об удалении, а о *замене измерений* на интерполированные значения, однако по аналогии с «удалением высокочастотной компоненты» (когда тоже, фактически, происходит пересчет и замена значений измерений) мы будем использовать слово «удаление». Информация о том, что значения «плохие» сохраняется в специальной 32-битной маске. В этом случае, при дальнейшей обработке, можно использовать алгоритмы для постоянного шага измерений, предполагая что «плохие» данные являются относительно редким событием (действительно, при большом количестве «плохих» данных весь ряд измерений становится некондиционным и не должен приниматься в обработку) и интерполяция дает хорошее приближение. При необходимости можно заменить «плохие» данные на NaN и использовать алгоритмы для измерений с переменным шагом. Хорошей идеей является маркирование «придуманных» (полученных в результате интерполяции) данных при визуализации для оператора-обработчика.

1.3 Анализ отклонений от теоретической модели

При наличии математической модели позволяющей теоретически рассчитать обрабатываемые измерения, интересным является *«расчет модельного ряда»* вместо «расчета тренда на основе обрабатываемого ряда». В этом случае, разность (между смоделированным и измеренным рядами) отобразит нам отклонения измерений от теоретической модели. Если теоретическая модель хорошо описывает измеренный ряд, то выбросы (для процедуры исключения выбросов) будут отображаться более четко. Кроме того мы получаем инструмент оценки *«отклонений от теоретической модели»* – сможем выявлять и анализировать отклонения измерений от теоретической модели на средних и длинных периодах. Также мы получаем инструмент оценки погрешности теоретической модели (если она не точна).

Для предварительной обработки координат буксируемого устройства по данным USBL, такой моделью может быть расчет координат буксируемого устройства на основе показаний счетчика кабеля, датчика глубины буксируемого устройства и информации о течении для расчета сноса буксируемого устройства. Вместо информации о течении, могут использоваться более грубые вычисления, основанные на направлении линии съемки и направлении диаметральной плоскости судна. По результатам таких расчетов, можно анализировать разность между теоретическим положением буксируемого устройства и измеренным положением; анализировать, такие моменты как «стабильность хода буксируемого устройства при работе лебедки» или «наличие систематических погрешностей USBL» (пример приведен далее по тексту на Рисунке 1.3).

1.4 Осреднение/сглаживание измерений

Осреднение/сглаживание измерений выполняется для уменьшения уровня шума (подобного высокочастотной составляющей). Если описывать причину применения осреднения без математической строгости, то мы предполагаем, что случайные ошибки измерений распределены нормально (аддитивный гаусовский шум с нулевым математическим ожиданием), а измеряемая величина в пределах «скользящего окна осреднения» меняется слабо (или линейно) по сравнению с разбросом высокочастотной шумовой компоненты. Следовательно, погрешность измерений будет уменьшаться в \sqrt{n} раз, при осреднении по n измерениям (в три раза при окне 10 измерений). Визуально это определяется обработчиком как «хорошее уменьшение уровня высокочастотного шума при приемлемом искажении полезного сигнала».

На практике, если шум не соответствует модели аддитивного гаусовского, то мы получаем два эффекта:

--- Погрешность измерений будет «размазываться» (перераспределяться) внутри окна осреднения, при этом измерения с относительно большой погрешностью станут «более точными», а остальные измерения станут «менее точными». Если не было проведено

предварительное удаление выбросов (spikes), то все измерения внутри окна осреднения могут превратиться в «измерения с относительно большой погрешностью».

--- Ряд измерений становится «гладким», без значительных отклонений между соседними измерениями. Данное свойство может быть характерным для измеряемой величины, а приведение к гладкости может являться важным условием для дальнейшей обработки. Например, шум с разбросом 0.5-1 метр в координатах буксируемого ГЛБО не является физически реальным (движение забортного буксируемого устройства обусловлено законами гидродинамики и собственной инерцией, что ограничивает резкие изменения позиции и курса); сохранение этого шума приведет к эффекту дробления и искажения мелких объектов на сонограммах.

1.5 Исключение систематических погрешностей

Систематические погрешности должны анализироваться индивидуально для каждого вида измерений. Для такого анализа необходимо иметь представление о математической модели измерений, калибровках и погрешностях измерительных устройств. Наиболее часто систематические погрешности связаны с неправильной калибровкой; реже погрешности связаны с наличием неучтенных факторов в модели измерений (то есть, с погрешностью модели).

Применительно к определению координат буксируемого устройства по USBL, такие погрешности почти всегда вызываются неправильными калибровками систем, связанных с позиционированием ГЛБО. Рассмотрим несколько примеров:

- Постоянное слагаемое к углу поворота пингов ГЛБО, если курс ГЛБО определяется как ВТТР (направление от транспондера USBL на точку буксировки ГЛБО). В этом случае вероятно неправильное определение установочного угла для USBL в горизонтальной плоскости. При любом удалении от судна буксируемого устройства поправки будут постоянны и равны погрешности установочного угла. Также погрешность может быть связана с изменением угла поворота буксировочного кабеля в области буксируемого устройства за счет влияния течения (внутри водной толщи кабель не вытянут в прямую линию, а изогнут, что можно рассматривать как «погрешность модели»), однако в этом случае кабель будет всегда выгнут в одну сторону на встречных курсах.
- Постоянное слагаемое к углу поворота пингов ГЛБО, если курс ГЛБО определяется по внутреннему компасу ГЛБО. В этом случае вероятна неправильная калибровка компаса. Также возможен неправильный учет магнитного склонения или величины подобной Гауссовому сближению в районе работ.
- Слагаемые к позиции ГЛБО вдоль и поперек линии съемки постоянные для профиля съемки (для их компенсации обычно вводятся поправки к позиции сонограммы в SonarWiz). Такие слагаемые могут быть связаны с неправильным определением установочных углов USBL.

Если неправильно определен угол в горизонтальной плоскости (uaw), тогда при условии примерно одинакового удаления от судна буксируемого устройства (что характерно для большинства съемок) поправки будут «примерно постоянны» (их величину можно рассчитать через прямоугольный треугольник, где гипотенуза – удаление ГЛБО от головного приемно-передающего устройства USBL).

--- «Просачивание» качки судна (крена, дифферента) в координаты буксируемого ГЛБО (Рисунок 1.3). Причиной может быть неправильное определение установочных углов USBL. При этом часть крена/дифферента проецируется на рысканье, что приводит к появлению осцилляций на треке ГЛБО, синхронных с креном/дифферентом. При этом осцилляции имеют выраженный период (примерно 5-10 секунд), соответствующий периоду качки судна.

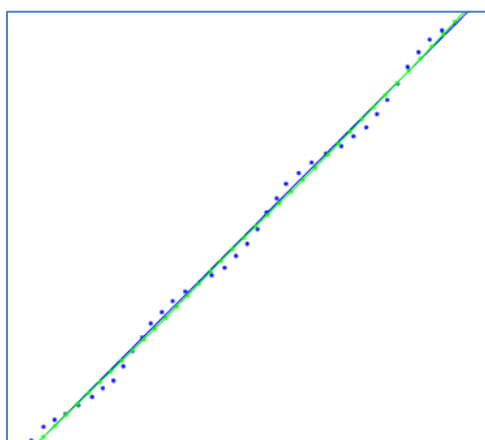


Рисунок 1.3 «Просачивание» качки судна в координаты буксируемого устройства, позиционируемого по USBL

Как упоминалось выше, не существует универсального метода удаления систематической погрешности. В каждом случае погрешность должна быть проанализирована, выявлены ее причины, рассмотрены индивидуальные способы ее удаления или уменьшения. Возможны редкие исключения, позволяющие уменьшать влияние систематической погрешности при «общей обработке». Пример – влияние качки судна (крена, дифферента) на координаты ГЛБО; в первом приближении такую погрешность можно рассматривать как «высокочастотную помеху» и убирать ее, увеличивая ширину окна осреднения. Однако такое удаление погрешности несет косметический характер и не устраняет все последствия неправильной калибровки USBL – также понадобится введение сдвига координат вдоль и поперек профиля, а при значительном изменении длины буксировочного кабеля, вводимые сдвиги координат будут разными для разных участков профиля съемки.

Методы удаления систематических погрешностей рассматриваться в настоящем документе не будут. Ситуация с распознаванием и удалением ошибок в установочных углах USBL, при оценке положения буксируемого SSS, будет рассмотрена в отдельном документе.

1.6 Обобщенный граф предварительной обработки измерений

Блок-схема графа предварительной обработки измерений показана на Рисунке 1.4. Каждый блок соответствует одной из операций описанных выше.

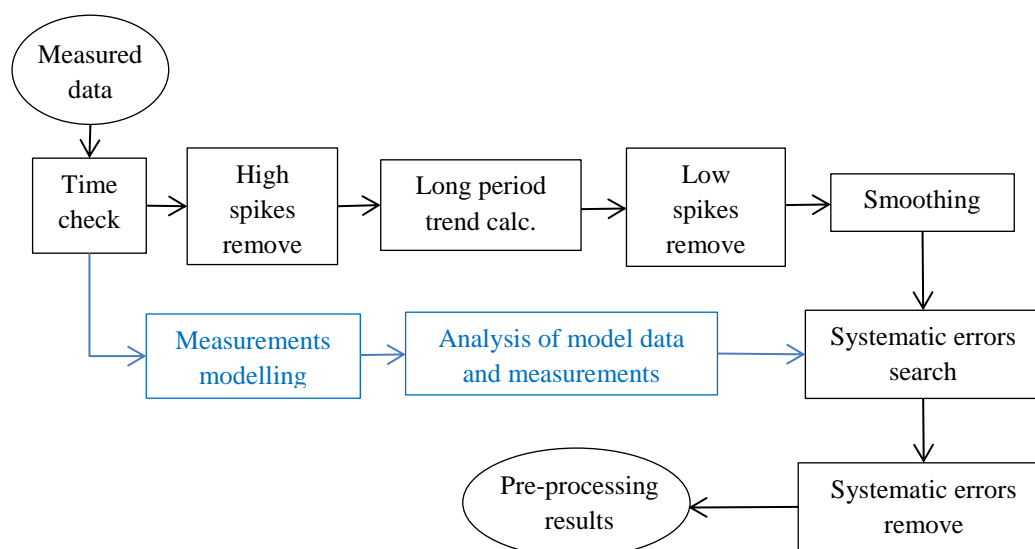


Рисунок 1.4 Обобщенный граф предварительной обработки измерений

Measured data – исходные данные; ряд измерений с привязкой ко времени, для которого проводится анализ и предварительная обработка;

Time check – проверка корректности отметок времени;

High spikes remove – удаление сильных выбросов из ряда измерений;

Long period trend calc. – вычисление длиннопериодного тренда по ряду измерений, после удаления сильных выбросов;

Low spikes remove – вычитание из ряда измерений длиннопериодного тренда, идентификация и удаление слабых выбросов;

Smoothing – сглаживание/осреднение значений ряда (выбросы удалены, длиннопериодный тренд не удален);

Measurements modelling – метод предварительной обработки, основанный не на «вычислении длиннопериодного тренда», а на моделировании измеряемого сигнала на основе иных независимых данных. Блок графа соответствует выполнению такого моделирования;

Analysis of model data and measurements – на основе сопоставления модельного и измеренного рядов проводится удаление короткопериодных выбросов, сглаживание, а также анализ различия данных на длинных и средних периодах;

Systematic errors search – выявление систематических погрешностей и природы систематических погрешностей (результаты первичной предварительной обработки используются для сопоставления с иными данными, сопоставления с результатами моделирования);

Systematic errors remove – удаление систематических погрешностей; методы удаления определяются после выявления систематических погрешностей. Это могут быть формальные методы, не затрагивающие источник погрешности (например, сдвиг сонограмм и фильтрация высокочастотной компоненты, показанная на Рисунке 1.3) или методы, удаляющие источник погрешности (например, корректная пере-калибровка USBL для позиционирования буксируемого устройства);

Pre-processing results – результаты предварительной обработки измерений, после удаления систематических погрешностей.

2 Практическая реализации графа предварительной обработки

Для практической реализации графа предварительной обработки измерений, описанного в первой главе, написаны три функции в системе MatLab:

- функция `gMapPickHandleNan2` предоставляет оператору графический интерфейс для удаления выбросов;
- функция `gFieldsDespike1D` предназначена для обработки некоторой скалярной величины, измеренной во времени (показания датчика температуры, показания датчика давления/глубины, показания альтиметра буксируемого устройства и т.д.). Обработка включает следующие шаги графа (Рисунок 1.4): Time check, High spikes remove, Long period trend calc., Low spikes remove, Smoothing;
- функция `gFieldsDespike2D` предназначена для обработки координат на 2D-плоскости (используется для обработки координат буксируемого устройства, полученных по данным USBL). Обработка включает следующие шаги графа (Рисунок 1.4): Time check, High spikes remove, Long period trend calc., Low spikes remove, Smoothing.

По тексту ниже дается описание назначения функций, математики реализованной внутри функции и интерфейса пользователя. Подробное описание входа-выхода функций, необходимое для программирования можно получить из справки к функциям.

2.1 Графический интерфейс для удаления выбросов (`gMapPickHandleNan2`)

Функция `gMapPickHandleNan2` предоставляет оператору интерактивный графический интерфейс для удаления выбросов. После запуска функции отображается график в осях XY (ряд измерений скалярной величины вдоль оси времени или координаты трека буксируемого устройства в координатах EN). Для оператора доступны два инструмента для удаления отдельных измерений из ряда, показанные на Рисунке 2.1.

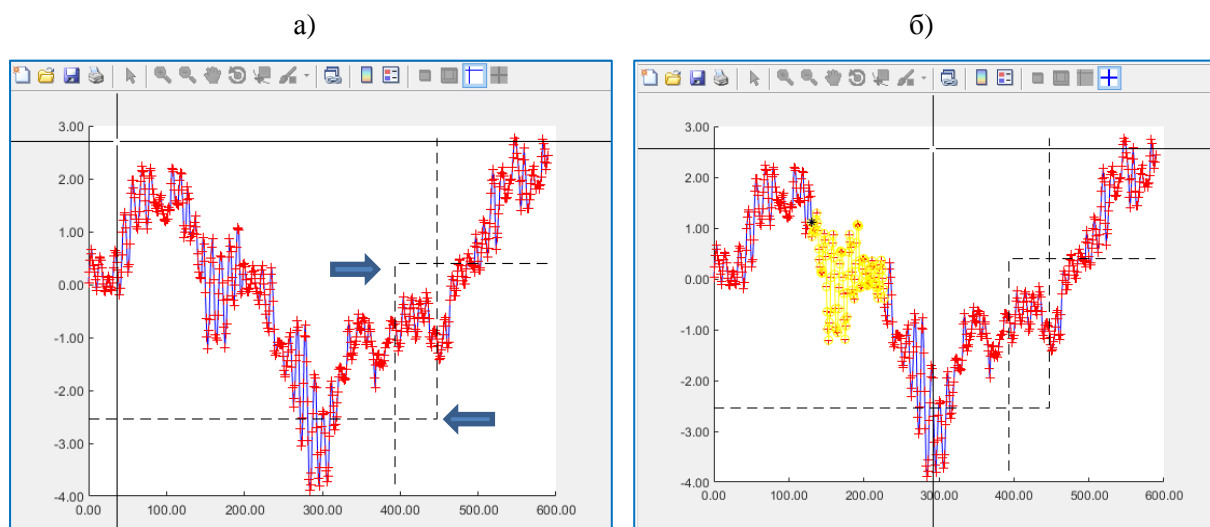


Рисунок 2.1 Инструменты удаления измерений из ряда (функция `gMapPickHandleNan2`)

Первый инструмент (Рисунок 2.1, а) позволяет выставлять пунктирные границы кликами левой и правой кнопки мыши; точки кликов показаны стрелками. По клику на колесико мыши, все точки, попавшие внутрь пунктирного прямоугольника удаляются из ряда измерений (маркируются как удаленные). Второй инструмент (Рисунок 2.1, б) позволяет удалять последовательность из точек, отметив левым и правым кликом мыши первую и последнюю точки последовательности (при этом выделенная последовательность маркируется желтым цветом); удаление производится кликом на колесико мыши. Второй инструмент полезен для выделения и удаления участков «разлетающихся» координат трека буксируемого устройства в осях EN (можно выделять части трека «завязанные в узлы»). Переключение между режимами осуществляется клавиш «1» и «2».

Ниже приведено описание всех элементов управления:

- левая кнопка мыши – установка ограничителя 1 для выделения точек ряда измерений;
- правая кнопка мыши – установка ограничителя 2 для выделения точек ряда измерений;
- колесо мыши – удаление (маркирование) точек ряда измерений между ограничителями 1 и 2;
- клавиша «1» – активация первого инструмента;
- клавиша «2» – активация второго инструмента;
- клавиша «а» – отмена последнего из цепочки удалений для текущего инструмента;
- клавиша «s» – применение последнего из цепочки удалений для текущего инструмента;
- клавиша «z» – режим Zoom (увеличение или уменьшение), выход из режима по нажатию любой клавиши;
- клавиша «x» – режим Pan (перемещение), выход из режима по нажатию любой клавиши;
- клавиша «c» – режим установки маркеров, каждый маркер подписывается ярлыком со значением по осям XY и номером измерения внутри ряда (Рисунок 2.2);
- клавиша «q» – выход из режима удаления измерений и закрытие окна.

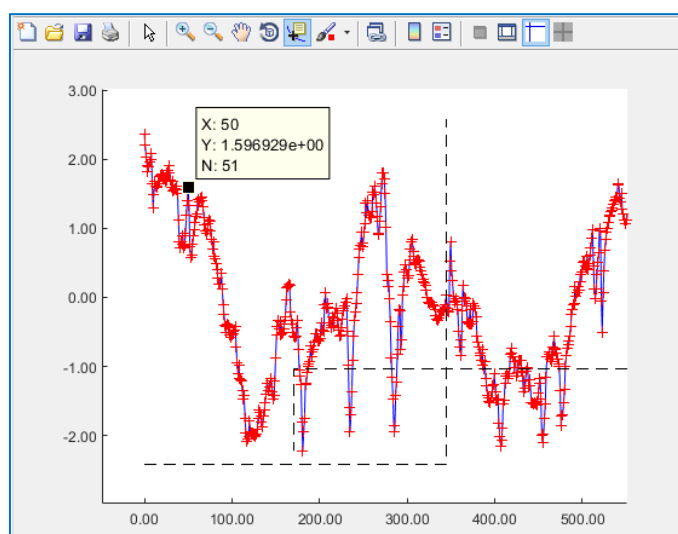


Рисунок 2.2 Установка маркера с ярлыком (функция gMapPickHandleNan2)

2.2 Предварительная обработка измерений скалярной величины (gFieldsDespike1D)

Функция `gFieldsDespike1D` предназначена для обработки ряда измерений скалярной величины во времени, такой как показания датчика давления/глубины, показания альтиметра буксируемого устройства. Заголовок функции имеет вид:

```
function [Us,QMask]=gFieldsDespike1D(t,U,QMask,QBit,QBitReset,Tr,IntP,SmoothP,f)
```

Обработка включает следующие шаги графа (Рисунок 1.4): Time check, High Spikes remove, Long period trend calc., Low Spikes remove, Smoothing.

Time check. Отметки времени t нумеруются от 1 до n ; далее рассчитывается линейный тренд, задаваемый уравнением $y=ax+b$. Расчет производится по методу наименьших квадратов при помощи функции `polyfit` (справка в MatLab по команде `help polyfit`). Результат выводится в виде графика, который показывает «неравномерность» шага по времени t между измерениями (Рисунок 2.3). Значение коэффициента «а» (Рисунок 2.3, подписан в имени окна) показывает среднюю величину шага.

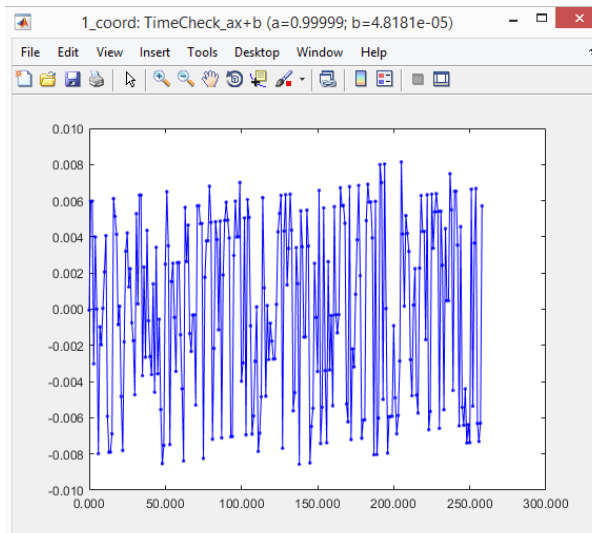


Рисунок 2.3 Окно контроля отметок времени (функция `gFieldsDespike1D`)

High spikes remove. Значение ряда U выводится в виде графика вдоль оси времени t , в окне функции `gMapPickHandleNan2` (Рисунок 2.1) для интерактивного удаления сильных выбросов оператором.

Long period trend calc. После удаления сильных выбросов из ряда измерений, для него рассчитывается длиннопериодный тренд. Тип тренда задается во входном параметре Tr ; возможен расчет следующих типов:

- const – тренд не рассчитывается, все значения тренда принимаются равными заданной величине;
- poly – рассчитывается полиномиальный тренд заданной степени; например, линейный тренд, задаваемый уравнением $y=ax+b$. Расчет производится по методу наименьших квадратов при помощи функции `polyfit` (справка в MatLab по команде `help polyfit`);

- `smooth` – тренд рассчитывается при помощи осреднения в скользящем окне при помощи функции `smooth` (справка в MatLab по команде `help smooth`); доступны методы сглаживания `moving`, `lowess`, `loess`, `sgolay`, `rlowess`, `rloess`.
- функция заданная пользователем – тренд рассчитывается при помощи функции MatLab, написанной оператором. Данная возможность предусмотрена для задания функции рассчитывающей «модельный ряд» и последующего использования результатов моделирования в качестве тренда.

Low spikes remove. Выполняется вычитание из ряда наблюдений длиннопериодного тренда, рассчитанного на предыдущем шаге; по полученному ряду выполняется идентификация и удаление слабых выбросов в окне функции `gMapPickHandleNan2`.

Smoothing. Для исходного ряда измерений все удаленные значения заменяются результатами интерполяции. Интерполяция выполняется функцией `interp1` (справка в MatLab по команде `help interp1`). Параметры интерполяции задаются во входном параметре `IntP`; возможные методы: `nearest`, `next`, `previous`, `linear`, `spline`, `pchip`, `makima`, `cubic`. Далее выполняется сглаживание ряда, в котором значения выбросов были заменены на интерполированные. Параметры сглаживания задаются во входном параметре `SmoothP`. Сглаживание выполняется при помощи функции `smooth` (справка в MatLab по команде `help smooth`); доступны методы сглаживания `moving`, `lowess`, `loess`, `sgolay`, `rlowess`, `rloess`.

В результате вычислений получаем сглаженный ряд измерений `Us` (с предварительно удаленными и интерполированными значениями выбросов) и маску `QMask`, маркирующую удаленные значения (один бит 32-битной маски `QMask`, заданный в параметре `QBit`).

Результаты работы функции отображаются в окне с номером заданном в параметре `f`. Пример окна с результатами обработки курса ГЛБО показан на Рисунке 2.4. Синий цвет – исходный ряд данных `U`; красный цвет – удаленные отсчеты (маркированные как выбросы); зеленый цвет – результат обработки `Us`, выданный функцией.

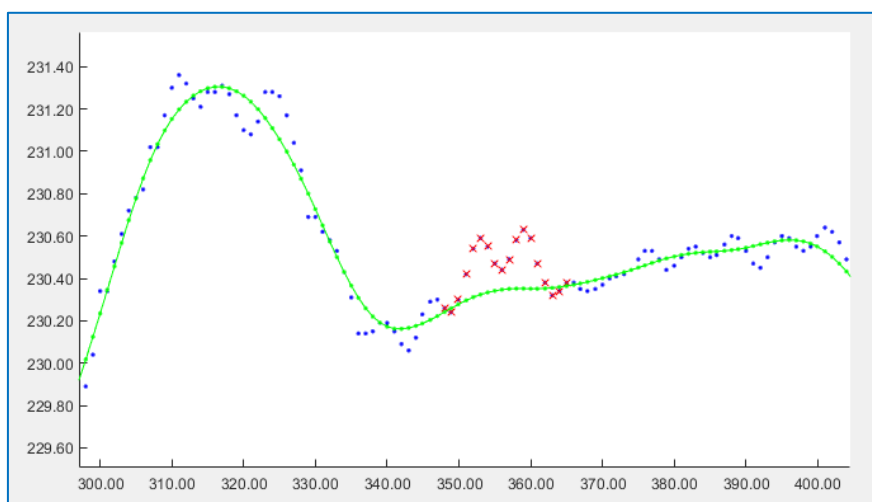


Рисунок 2.4 Окно с результатами обработки курса ГЛБО (функция `gFieldsDespike1D`)

2.3 Предварительная обработка 2D-координат (gFieldsDespike2D)

Функция `gFieldsDespike2D` предназначена для предварительной обработки координат на 2D-плоскости (используется для обработки координат буксируемого устройства, полученных по данным USBL). Заголовок функции имеет вид:

```
function [Es,Ns,QMask]=gFieldsDespike2D(t,E,N,QMask,QBit,QBitReset,Tr,IntP,SmoothP,f)
```

Обработка включает следующие шаги графа (Рисунок 1.4): High Spikes remove, Long period trend calc., Low Spikes remove, Smoothing.

Time check. Отметки времени нумеруются от 1 до n; далее рассчитывается линейный тренд, задаваемый уравнением $y=ax+b$. Расчет производится по методу наименьших квадратов при помощи функции `polyfit` (справка в MatLab по команде `help polyfit`). Результат выводится в виде графика, который показывает «неравномерность» шага по времени между измерениями (Рисунок 2.3). Значение коэффициента «a» (Рисунок 2.3, подписан в имени окна) показывает среднюю величину шага.

High spikes remove. Значение координат [E,N] выводится в виде графика в осях EN, в окне функции `gMapPickHandleNan2` (Рисунок 2.1) для интерактивного удаления сильных выбросов оператором (Рисунок 2.5; для приведенного примера сильные выбросы отсутствуют).

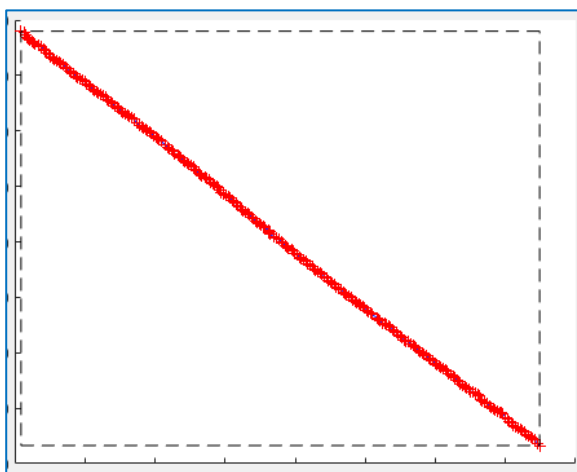


Рисунок 2.5 Окно с треком ГЛБО в координатах EN (функция `gMapPickHandleNan2`)

Long period trend calc. После удаления сильных выбросов, отдельно для координат E и N рассчитывается длиннопериодный тренд; фактически вычисляются два тренда в осях time-Easting и осях time-Northing. Тип трендов задается во входном параметре `Tr`; возможен расчет следующих типов:

- const – тренды не рассчитываются, все значения трендов принимаются равными заданной величине;
- poly – рассчитываются полиномиальные тренды заданной степени; например, линейные тренды, задаваемые уравнением $y=kx+b$. Расчет производится по методу наименьших квадратов при помощи функции `polyfit` (справка в MatLab по команде `help polyfit`);

- smooth – тренды рассчитываются при помощи осреднения в скользящем окне при помощи функции `smooth` (справка в MatLab по команде `help smooth`); доступны методы сглаживания `moving`, `lowess`, `loess`, `sgolay`, `flowess`, `gloess`.
- функция заданная пользователем – тренды для E и N рассчитываются при помощи функции MatLab, написанной оператором. Данная возможность предусмотрена для задания функции рассчитывающей «модельный ряд» и последующего использования результатов моделирования в качестве тренда. Например, трек буксируемого устройства можно рассчитать по модели Layback, используя следующие исходные данные: координаты точки буксировки, длину вытравленного кабеля, показания датчика глубины (давления), курс движения судна и направление его диаметральной плоскости.

Low spikes remove. Производится вычитание из координат E и N длиннопериодных трендов, рассчитанных на предыдущем шаге.

Последующие вычисления направлены на переход от координат EN к системе координат, направленной в каждой точке по касательной к длиннопериодному тренду. Делается это для лучшей визуализации слабых выбросов, – вводятся понятия *«отклонения от тренда вдоль перемещения»* и *«отклонения от тренда поперек перемещения»*. В первом приближении отклонение «вдоль» соответствует изменению дистанции от буксируемого устройства до головы USBL, а отклонение «поперек» соответствует изменению угла пеленга на буксируемое устройство от головы USBL. Для перехода к координатам «вдоль» и «поперек» выполняются следующие расчеты:

- Вычисляется угол касательной к каждой точке тренда (угол меняется плавно, поскольку тренд является гладкой функцией);
- Разностные значения (для исходных рядов EN и длиннопериодных трендов) пересчитываются на направление вдоль касательной («отклонение от тренда вдоль перемещения» `TrDL`) и поперек касательной («отклонение от тренда поперек перемещения» `TrDC`).

По полученным рядам координат «вдоль перемещения» и «поперек перемещения» выполняется идентификация и удаление слабых выбросов при помощи функции `gMapPickHandleNan2`. Пример трека ГЛБО в координатах EN, а также отклонений вдоль и поперек тренда (рассчитывался как линейная функция – полином первой степени) приведен на Рисунке 2.6. Из рисунка видны ярко выраженные выбросы для отклонения «поперек тренда». В координатных осях EN данные выбросы неразличимы, даже при масштабировании трека в области выброса; наиболее ярко данные артефакты проявляются именно с использованием оси времени и в координатных осях вдоль и поперек тренда/перемещения.

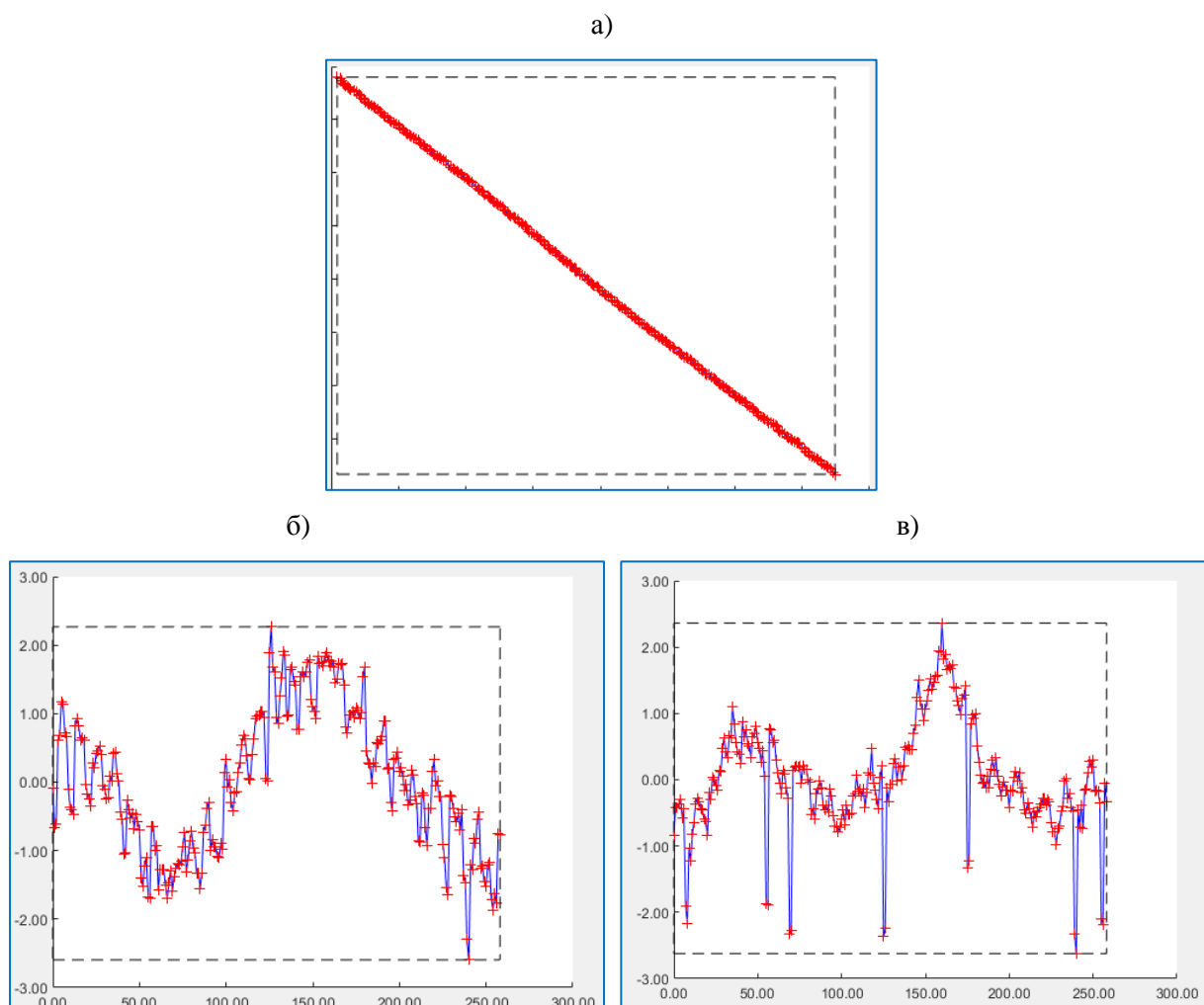


Рисунок 2.6 Окно с треком ГЛБО в координатах EN (а), отклонением вдоль линейного тренда TrDL (б) и отклонением поперек линейного тренда TrDC (в)

В первом приближении вычисление линейного тренда для координат (Рисунок 2.6, а) можно рассматривать как построение модели движения буксируемого устройства вдоль линии съемки с постоянной скоростью (равномерный шаг на плоскости для равномерного шага по времени). Тогда графики на Рисунке 2.6, б-в отображают отклонение измеренных значений от «теоретической модели» с постоянной скоростью. Длиннопериодная составляющая при «движении вдоль» профиля (Рисунок 2.6 б) связана с изменением скорости буксируемого устройства; длиннопериодная составляющая для «движения поперек» профиля (Рисунок 2.6, в) связана с отклонением буксируемого устройства от линии профиля.

Smoothing. Для исходных рядов измерений E и N все удаленные значения заменяются результатами интерполяции. Интерполяция выполняется функцией `interp1` (справка в MatLab по команде `help interp1`). Параметры интерполяции задаются во входном параметре `IntP`; возможные методы: `nearest`, `next`, `previous`, `linear`, `spline`, `pchip`, `makima`, `cubic`. Далее выполняется сглаживание ряда, в котором значения выбросов были заменены на интерполированные. Параметры сглаживания задаются во входном параметре `SmoothP`.

Сглаживание выполняется при помощи функции `smooth` (справка в MatLab по команде `help smooth`); доступны методы сглаживания `moving`, `lowess`, `loess`, `sgolay`, `rlowess`, `rloess`.

Сглаженные и пересчитанные в координатные оси вдоль-и-поперек тренда ряды показаны зеленым цветом на Рисунке 2.7.

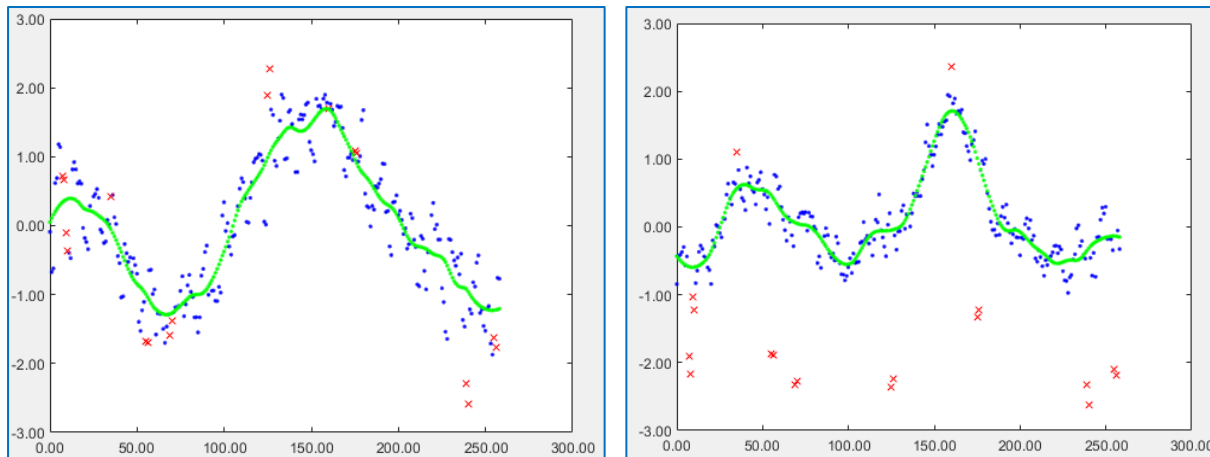


Рисунок 2.7 Отклонение вдоль линейного тренда `TrDL` и отклонение поперек линейного тренда `TrDC` после удаления выбросов и сглаживания

В результате вычислений получаем сглаженные ряды измерений `Es` и `Ns` (с предварительно удаленными и интерполированными значениями выбросов) и маску `QMask`, маркирующую удаленные значения (один бит 32-битной маски `QMask`, заданный в параметре `QBit`).

Результаты работы функции отображаются в окне с номером заданном в параметре `f`. Пример окна с результатами обработки координат трека буксируемого ГЛБО показан на Рисунке 2.8. Синий цвет – исходные данные `E,N`; красный цвет – удаленные отсчеты (маркированные как выбросы); зеленый цвет – результат обработки `Es,Ns`, выданный функцией.

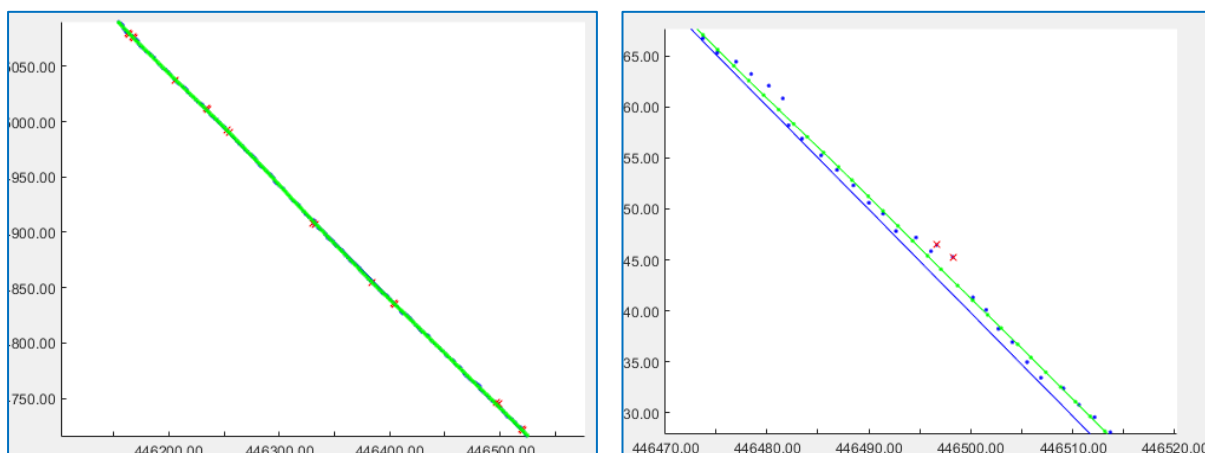


Рисунок 2.8 Окно с результатами обработки трека ГЛБО (рисунок слева масштабирован)

3 Пример скрипта для обработки координат и курса ГЛБО

Скрипт SssCoord01 (*Приложение 1. Скрипт SssCoord01 (MatLab)*) написан для обработки файлов навигации с координатами и курсом ГЛБО. Файлы формируются QINSy (с шагом по времени примерно 1 секунда) и включают информацию о треке ГЛБО. Скрипт использует следующие данные из файлов навигации: дата и время; координаты ГЛБО вычисленные по данным USBL; курс ГЛБО, вычисленный как направление от транспондера USBL на точку буксировки (ВТТР).

Краткое описание работы скрипта:

- 1) команда `NavQinsyLog_ReadTxt` – оператор задает имя директории, из которой производится чтение всех файлов навигации сформированных QINSy;
- 2) команда `tXYAng_Edit` – оператор выполняет контроль меток времени, обработку координат ГЛБО, обработку курса ГЛБО;
- 3) команда `NavCODA_Write` – оператор записывает результаты обработки в файл в формате CODA, для дальнейшей прошивки навигации в файлы ГЛБО при помощи NavInjector (SonarWiz).

3.1 Чтение файлов навигации

Файлы навигации формируются QINSy (с шагом по времени примерно 1 секунда) и включают последовательность строк, содержащих данные в следующем формате: YY-MM-DDThh:mm:ss, DD/MM/YY, hh:mm:ss.sss, JobN, DatumName, ProjName, UtmNum, VesselName, LineName, LineLen, DbName, FixNum, GpsE, GpsN, Height, Head, Sog, Cog, Dcc, Kp, UsblX, UsblY, UsblZ, Text1, Range2Nod, Bearing2Nod, Text2, Text3, DtmDepth.

Команда скрипта для чтения файлов навигации имеет следующий вид:

```
{'NavQinsyLog_ReadTxt','e:\tmp\'};SssCoord01;
```

здесь 'e:\tmp\' – путь к папке, содержащей файлы навигации, которые необходимо обработать.

3.2 Обработка

При обработке выполняются расчеты с использованием следующих данных:

DD/MM/YY – дата;

hh:mm:ss.sss – время;

GpsE – координата «восток»;

GpsN – координата «север»;

Bearing2Nod – вычисленное QINSy направление от транспондера USBL на точку буксировки ГЛБО.

Команда скрипта для выполнения обработки трека ГЛБО имеет следующий вид:

```
{'tXYAng_Edit',[],0,[40 40]};SssCoord01;
```

здесь

[] – ключ, означающий, что будут обработаны все ранее считанные данные (последовательность цифр можно ввести номера обрабатываемых файлов);

0 – ключ, означающий, что если данные обрабатываются повторно, то маска для удаленных выбросов будет сохранена (не придется вручную удалять их повторно); ключ введен для многократных запусков обработки, при подборе размера окна сглаживающего фильтра;

[40 40] – величина окна сглаживающего фильтра для координат (первое значение) и для угла (второе значение).

После запуска команды «выполнение предварительной обработки», последовательно открываются окна для обработки и контроля процесса обработки данных по положению ГЛБО.

Контроль отметок времени

Первым, после запуска команды, открывается окно контроля отметок времени (Рисунок 3.1). Данное окно не позволяет выполнять никаких действий, а предназначено для визуального контроля. При наличии артефактов в метках времени необходимо начать анализ причин появления артефактов, поскольку такие данные являются некондиционными.

В «окне контроля отметок времени» выведен график отметок времени с удаленным линейным трендом. Для его построения отметки времени нумеруются от 1 до n ; далее рассчитывается линейный тренд, задаваемый уравнением $y=ax+b$. График показывает «неравномерность» шага по времени между измерениями; значение коэффициента «а» (указано в имени окна) показывает среднюю величину шага по времени.

Закрытие окна производится по нажатию на любую клавишу.

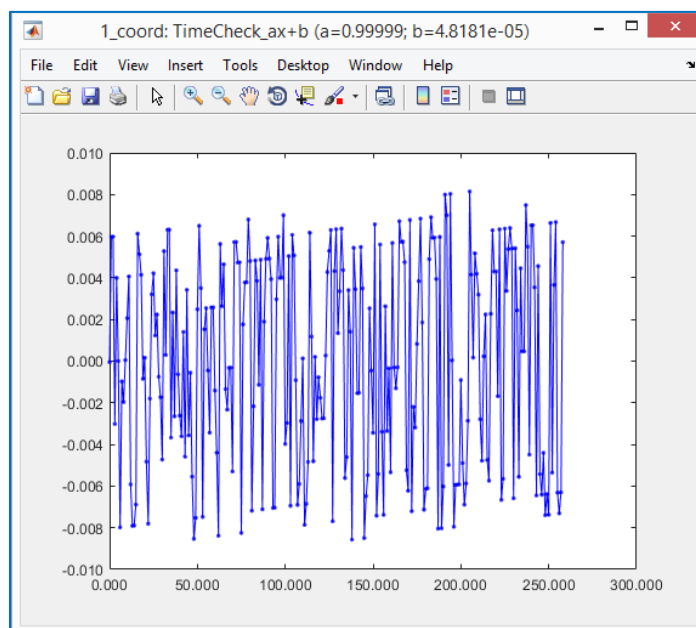
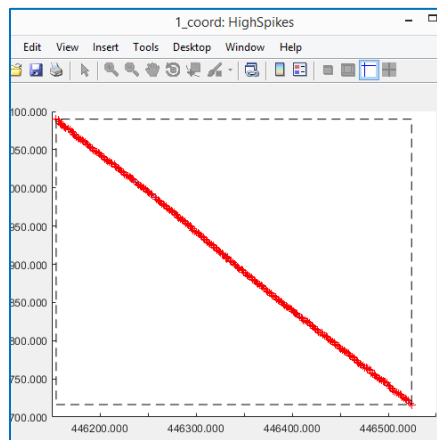


Рисунок 3.1 Окно контроля отметок времени (функция gFieldsDespike1D)

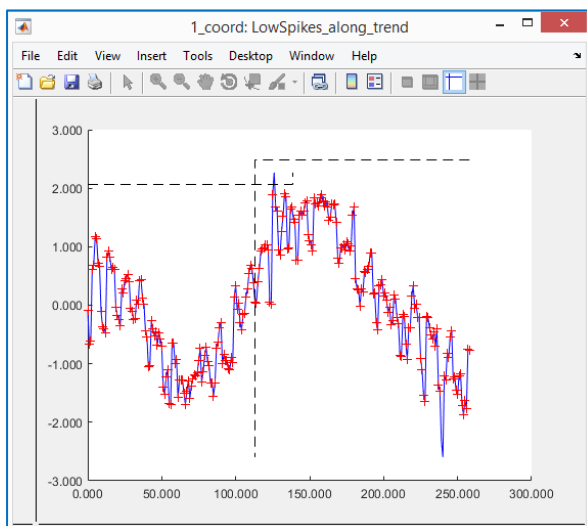
Обработка координат EN

Последовательность окон, для обработки 2D-координат, показана на Рисунке 3.2.

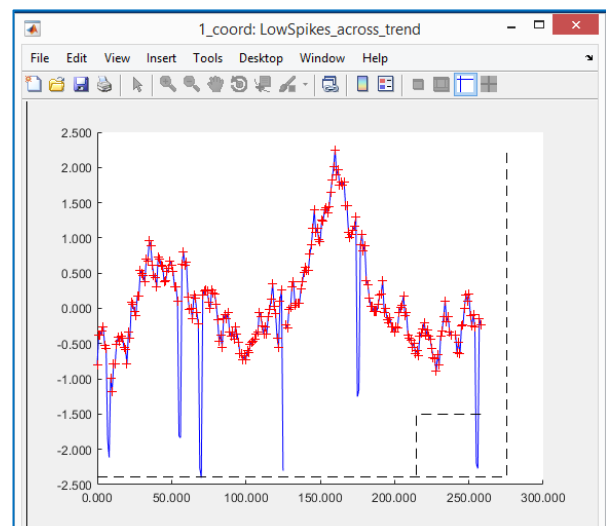
а)



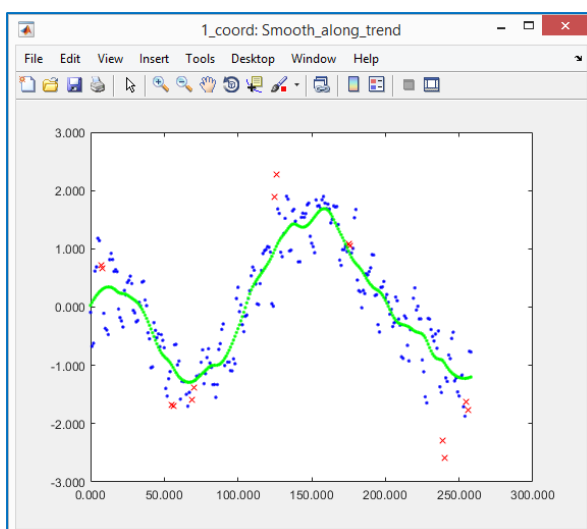
б)



в)



г)



д)

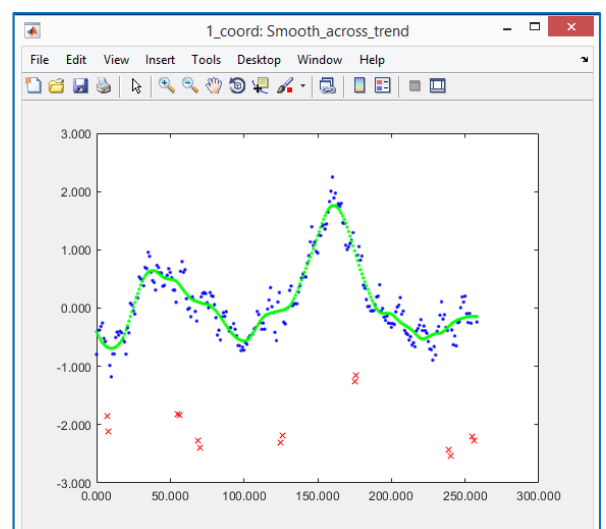


Рисунок 3.2 Окна обработки 2D-координат ГЛБО (функция gFieldsDespike2D)

На Рисунке 3.2, а показано первое интерактивное окно для удаления сильных выбросов. Поскольку предполагается, что профили съемки заданы прямыми линиями (ГЛБО движется по прямой), то рассчитывается линейный полиномиальный тренд. На Рисунке 3.2, б-в показаны два интерактивных окна для удаления слабых выбросов (линейный тренд удален, координатная система развернута вдоль-и-поперек линейного тренда). Интерполяция для удаленных выбросов также рассчитывается как линейная. После удаления точек в окне «вдоль тренда» они уже не отображаются в окне «поперек тренда».

Ширина окна для сглаживания/осреднения задается в команде скрипта. На Рисунке 3.2, г-д показаны два окна позволяющих контролировать степень сглаживания. Зеленым цветом выводятся трансформации координат (вдоль и поперек тренда) после сглаживания; красным цветом показаны удаленные выбросы.

Обработка курса ГЛБО (ВТТР)

После редактирования координат выводятся окна редактирование курса (Рисунок 3.3).

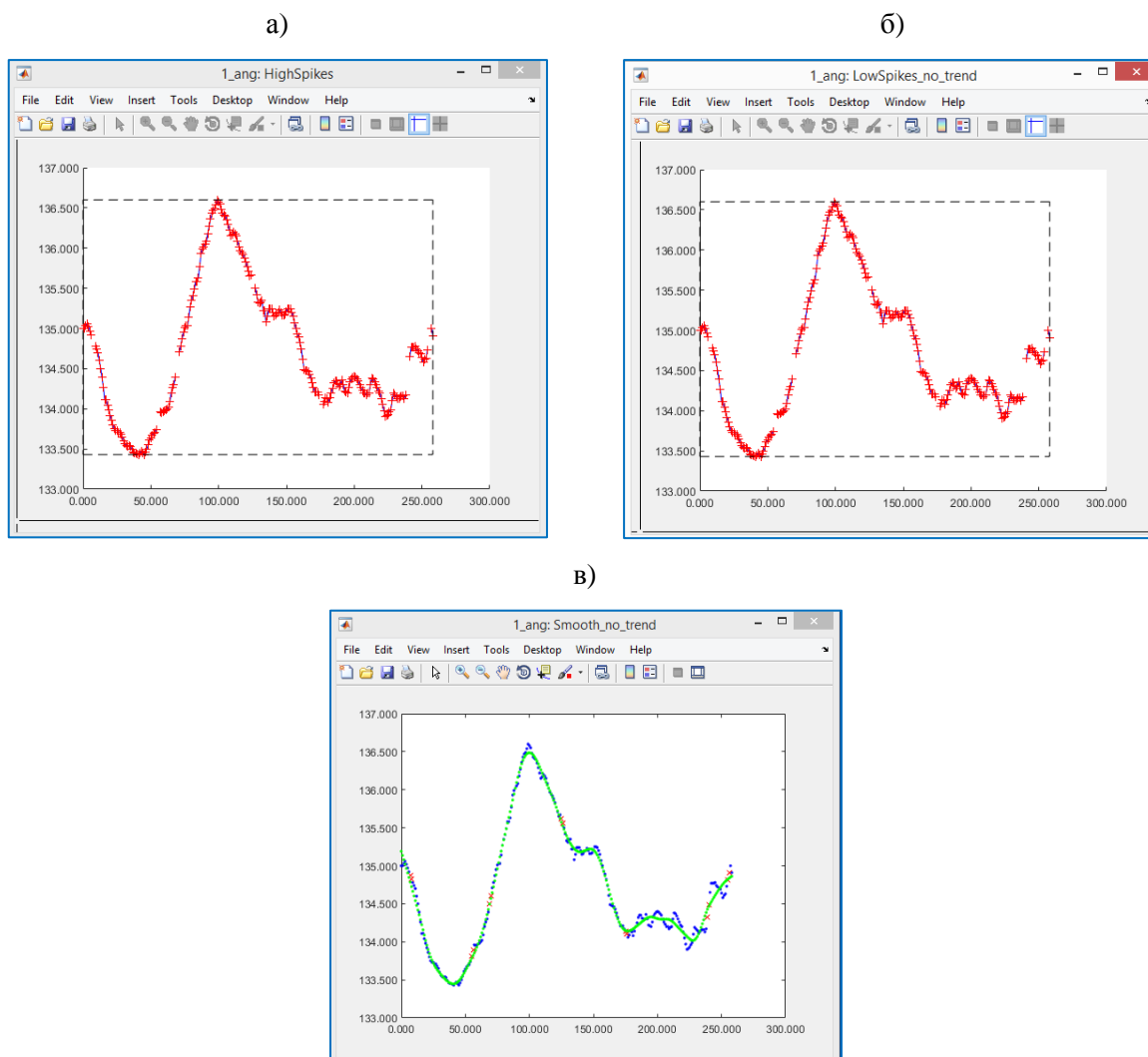


Рисунок 3.3 Окна обработки курса ГЛБО (функция gFieldsDespike1D)

Окно контроля меток времени не выводится, поскольку метки времени совпадают с метками времени для координат. Ранее удаленные в координатах точки выбросов также удаляются для курса и не отображаются.

Более корректным для курса ГЛБО, являлось бы не его редактирование, а его пересчет на основании сглаженных координат. Для реализации этого нам бы понадобились данные о позиции точки буксировки, а также, возможно, редактирование и сглаживание/фильтрация для координат точки буксировки (раскачивание плеча точки буксировки в реальности компенсируется гидродинамикой буксировочного кабеля и если не сгладить эти перемещения, то они обусловят колебания курса буксируемого устройства). Однако, поскольку (для рассматриваемого случая) в файлах навигации данные о координатах точки буксировки отсутствуют, то обработка выполняется по упрощенной схеме – удаляются выбросы и сглаживаются значения курса.

Значение тренда при обработке курса, в скрипте задается постоянным и равным нулю. Поэтому окна для удаления сильных и слабых выбросов одинаковы (Рисунок 3.3, а-б). Значения курса для удаленных выбросов рассчитываются при помощи линейной интерполяции.

Ширина окна для сглаживания/осреднения задается в команде скрипта. На Рисунке 3.3, в показано окно, позволяющее контролировать степень сглаживания. Зеленым цветом показаны результаты сглаживания курса.

Сводное отображение графиков для обработанных файлов

При обработке открываются два дополнительных окна (с номерами 100 и 101; Рисунок 3.4), в которых выводятся графики положения ГЛБО в плане (координаты EN) и графики курса ГЛБО для всех обработанных профилей. При пере-обработке одного и того же профиля с разными параметрами (например, сглаживания) в окнах будут выводиться результаты для одного профиля, что позволит сравнить для него обработку и разными параметрами.

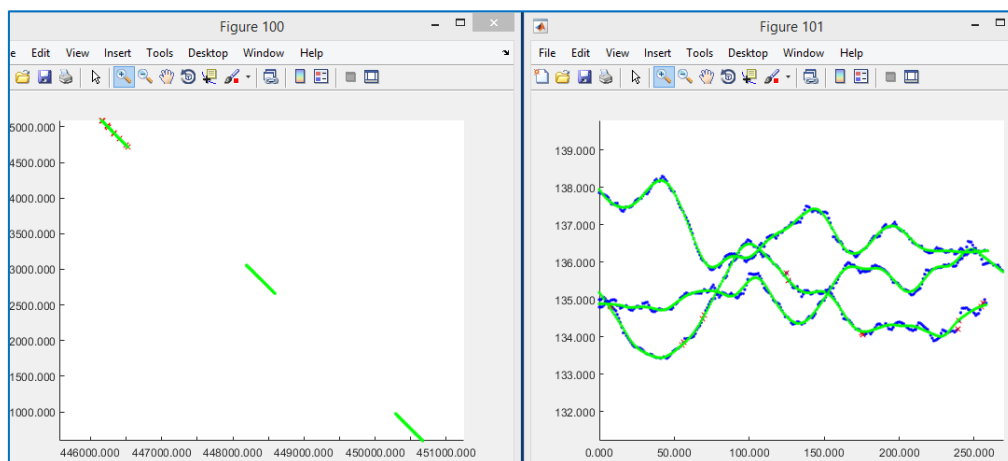


Рисунок 3.4 Окна с результатами обработки координат и курса ГЛБО для текущей последовательности профилей

3.3 Сохранение результатов обработки

Команда скрипта для сохранения результатов обработки имеет следующий вид:

```
{'NavCODA_Write', 'e:\tmp\out\',[]};SssCoord01;
```

здесь

'e:\tmp\out' – путь к папке, в которую будут записаны файлы с результатами обработки;

[] – ключ, означающий, что будут записаны все ранее считанные данные.

Результаты обработки сохраняются в формате CODA, который содержит следующие данные: UnixTime, EventNumber, Easting, Northing, Heading, KP, DCC.

Заключение

В документе рассмотрен граф предварительной обработки измерений, полученных с некоторого датчика с привязкой по времени. Приведено описание функций `gMapPickHandleNan2`, `gFieldsDespike1D`, `gFieldsDespike2D`, практически реализующих граф обработки.

В качестве примера рассмотрена обработка координат и курса ГЛБО, позиционируемого при помощи USBL. Приведен пример скрипта (`SssCoord01`), который позволяет обработчику ГЛБО качественно и оперативно выполнять обработку координат и подготавливать файлы с координатами для прошивки при помощи `NavInjector` (`SonarWiz`).

Усовершенствование обработки координат буксируемого устройства

Для обработки данных USBL более целесообразным является использование не координат $[E,N]$ (которые, к тому же, без данных по вертикальной оси являются не полными), а пересчеты, с введенными поправками за качку судна, от исходных измеренных USBL величин – дистанции до транспондера и двух углов пеленга. При использовании указанных величин, данные рассматриваются именно в тех осях, в которых были измерены физически; это приводит к относительной «независимости» рассматриваемых компонент и возможности их отдельной обработки при помощи функции `gFieldsDespike1D`.

Помимо прочего, использование дистанции до транспондера и углов пеленга, упрощает распознавание и удаление систематических погрешностей. Например, неправильные установочные углы USBL не будут влиять на расстояние до транспондера, однако влияние качки судна будет приводить к «просачиванию» качки в углы пеленга транспондера USBL (как это происходило с позицией на Рисунке 1.3). Вероятнее всего это приведет к эффекту гармонического «рысканья» ГЛБО в направлении перпендикулярном направлению голова-транспондер, а в более общем случае – к движениям по спиралевидной траектории. В этом случае, корректируя установочные углы и сводя трек ГЛБО к прямой линии, можно уменьшить погрешность в установочных углах и увеличить точность позиционирования. Однако такие действия связаны с пересчетом всей судовой навигации и требуют применения соответствующего математического аппарата и потоков данных.

Приложение 1. Скрипт SssCoord01 (MatLab)

```
%script SssCoord01;
%Script for SSS navigation pre-processing.
%==== There are following script's commands:
%NavQinsyLog_ReadTxt -- QinsyLog navigation read from folder;
%tXYAng_Edit -- Check time, edit XY-navigation and SSS-heading using files numbers;
%NavCODA_Write -- Navigation write using read files numbers;
%==== Files with navigation >>>
%YY-MM-DDThh:mm:ss, DD/MM/YY, hh:mm:ss.sss,JobN,DatumName, ProjName,UtmNum,VesselName,LineName, LineLen,DbName,
FixNum,GpsE, GpsN, Height, Head, Sog, Cog, Dcc, Kp, UsblX,UsblY,UsblZ,Text1,Range2Nod,Bearing2Nod,Text2,Text3,DtmDepth
%2023-03-11T05:11:22.0,11/03/2023,05:11:22.003,,WGS 84 (Greenwich), (WGS 84),31,GEO,5183_MBS_C11_1,159.61,0553-5183_MBS_C11_1 -
0001.db,25764,449999.46,6109999.91,-25.07,135.00,2.04,135.17,-3.04,-258.31,2.65,-109.72,24.85,9999,76.10,314.97,SSSdpt,SSSalt,
%==== CODA-formatted navigation >>>
%UnixTime, EventNumber, Easting, Northing, Heading, KP, DCC
%1662968246.19 10003 699999.29 6499922.52 174.39 1.667 -31.77 * * * *
%1662968247.19 10004 699999.46 6499921.10 174.37 1.665 -31.60 * * * *
%1662968248.19 10006 699999.70 6499919.64 174.36 1.664 -31.49 * * * *

gKey=ans;
%===Navigation Edit=====
if strcmp(gKey{1},'NavQinsyLog_ReadTxt') %QinsyLog navigation read from folder
    %{'NavQinsyLog_ReadTxt','d:\temp\coord\'};SssCoord01;
    try rootD1=gKey{2};catch,rootD1=input('QinsyLog folder name=');end
    dz=dir(rootD1);dz([dz.isdir])=[];fName={dz.name};for nn=numel(fName):-1:1,if ~strcmp(fName{nn}(end-
3:end),'.txt'),fName(nn)=[];end;end;LL=numel(fName);

FF=repmat(struct('fName','', 'YY',[], 'MM',[], 'DD',[], 'hh',[], 'mm',[], 'ss',[], 'JobN','', 'DatumName','', 'ProjName','', 'UtmNum',[], 'Vessel
Name','', 'LineName','', 'LineLen',[], 'DbName','', 'FixNum',[], 'GpsE',[], 'GpsN',[], 'Height',[], 'Head',[], 'Sog',[], 'Cog',[], 'Dcc',[], 'Kp',
[], 'UsblX',[], 'UsblY',[], 'UsblZ',[], 'Text1','', 'Range2Nod',[], 'Bearing2Nod',[], 'Text2','', 'Text3','', 'DtmDepth',[]),LL,1);

NV=repmat(struct('fName','', 'UnixTime',[], 't',[], 'EventN',[], 'GpsERaw',[], 'GpsNRaw',[], 'GpsE',[], 'GpsN',[], 'HeadRaw',[], 'Head',[], 'Kp'
, [], 'Dcc',[], 'QMask',[]),LL,1);
for nn=1:LL,
    fId=fopen([rootD1 fName{nn}], 'r');C=textscan(fId, '%f-%f-
%f%f:%f:%f/%f/%f/%f:%f:%f:%f:%f:%f:%f:%f:%f:%f:%f:%f:%f:%f:%f', 'Delimiter', ',', 'MultipleDelimsAsOne', 0, 'EndOfLine'
, '\r\n');fclose(fId);

FF(nn)=struct('fName', fName{nn}, 'YY', C{1}, 'MM', C{2}, 'DD', C{3}, 'hh', C{4}, 'mm', C{5}, 'ss', C{12}, 'JobN', C{13}, 'DatumName', C{14}, 'Pro
jName', C{15}, 'UtmNum', C{16}, 'VesselName', C{17}, 'LineName', C{18}, 'LineLen', C{19}, 'DbName', C{20}, 'FixNum', C{21}, 'GpsE', C{22}, 'GpsN',
C{23}, 'Height', C{24}, 'Head', C{25}, 'Sog', C{26}, 'Cog', C{27}, 'Dcc', C{28}, 'Kp', C{29}, 'UsblX', C{30}, 'UsblY', C{31}, 'UsblZ', C{32}, '
Text1', C{33}, 'Range2Nod', C{34}, 'Bearing2Nod', C{35}, 'Text2', C{36}, 'Text3', C{37}, 'DtmDepth', C{38});
```



```

L=~isnan(FF(nn).GpsE);Ut=gNavTime2Time('DxSd2Ut',datenum(FF(nn).YY(L),FF(nn).MM(L),FF(nn).DD(L)),FF(nn).hh(L).*3600+FF(nn).mm(L).*60+FF(nn).ss(L));
    NV(nn)=struct('fName',fName{nn},'UnixTime',Ut,'t',Ut-
Ut(1),'EventN',FF(nn).FixNum(L),'GpsERaw',FF(nn).GpsE(L),'GpsNRaw',FF(nn).GpsN(L),'GpsE',FF(nn).GpsE(L),'GpsN',FF(nn).GpsN(L),'HeadRaw',FF(nn).Head(L),'Head',FF(nn).Head(L),'Kp',FF(nn).Kp(L),'Dcc',FF(nn).Dcc(L),'QMask',uint32(zeros(1,numel(Ut))));
    NV(nn).HeadRaw=unwrap(NV(nn).HeadRaw./180.*pi)./pi*180;NV(nn).Head=NV(nn).HeadRaw;
    end;
    clearvars rootD1 dz fName nn LL fId C L Ut FF
end;
if strcmp(gKey{1},'tXYAng_Edit') %Edit XY-navigation and Angle using read files numbers
    %{'tXYAng_Edit',[],0,[40 40]};SssCoord01;
    try NN=gKey{2};catch,NN=input('File numbers for edit=');end;if isempty(NN),NN=1:numel(NV);end; try
QBitReset=gKey{3};catch,QBitReset=input('QBitReset=');end; try SmoothPn=gKey{4};catch,SmoothPn=input('SmoothPn=');end; QBit=[1 2 3];
    for nn=NN,

[NV(nn).GpsE,NV(nn).GpsN,NV(nn).QMask]=gFieldsDespikes2D(NV(nn).t,NV(nn).GpsERaw,NV(nn).GpsNRaw,NV(nn).QMask,QBit(1),QBitReset',{'poly',1},{'linear','extrap'},{SmoothPn(1),'loess'},100,[num2str(nn) '_coord: ']);
    NV(nn).QMask=bitset(NV(nn).QMask,QBit(2),bitand(NV(nn).QMask,2.^(QBit(1)-1))); %set to nan Angle for XY were cut

[NV(nn).Head,NV(nn).QMask]=gFieldsDespikes1D(NV(nn).t,NV(nn).HeadRaw,NV(nn).QMask,QBit(2),QBitReset',{'const',0},{'linear','extrap'},{SmoothPn(2),'loess'},101,[num2str(nn) '_ang: '],0);
    end;
    clearvars NN QBit QBitReset SmoothPn nn
end;
if strcmp(gKey{1},'NavCODA_Write') %Navigation write using read files numbers
    %{'NavCODA_Write','d:\temp\coord\out\',[ ]};SssCoord01;
    try rootD1=gKey{2};catch,rootD1=input('NavCODA output folder name=');end; try NN=gKey{3};catch,NN=input('File numbers for export=');end;if isempty(NN),NN=1:numel(NV);end;
    for nn=NN,
        z1=NV(nn).Head;z1(NV(nn).Head<0)=360+z1(NV(nn).Head<0);z2=zeros(size(z1));
        fid=fopen([rootD1 NV(nn).fName(1:end-4) '_nc.txt'],'w');fprintf(fid,'%0.2f %0.0f %0.2f %0.2f %0.2f %0.3f %0.2f * * *
*\r\n',[NV(nn).UnixTime;NV(nn).EventN;NV(nn).GpsE;NV(nn).GpsN;z1;z2]);fclose(fid);
    end;
    disp('Processing exported. ');
    clearvars rootD1 NN nn z1 z2 fid
end;

%mail@ge0mllib.com 30/03/2023

```