ATRplus
Техническое описание

PART OF HEXAGON

- when it has to be right

Leica Geosystems

Октябрь 2015

Давид Гримм, Герхард Клеенмайер, Ганс-Мартин Зогг

Leica Geosystems AG

Хербруг, Швейцария

Аннотация

Новая система автоматического наведения - ATRplus, и новое программное обеспечение для выполнения полевых работ Captivate, обладающее интуитивно-понятным интерфейсом, значительно повышают степень автоматизации электронных тахеометров Leica Viva, Leica Nova и MultiStation. ATRplus открывает двери в новое измерение мира геодезической съёмки.

Технологии автоматизации, реализованные в ATRplus, включают в себя динамическое управление экспозицией лазерного пятна, журнал регистрации точек лазерного отражения и надежное распознавание бликов от посторонних объектов. ATRplus входит в состав электронных тахеометров последнего поколения - моделей TS16 / TS60 и MS60.

Введение

При работе с электронными тахеометрами предыдущих поколений геодезистам, чтобы достичь наилучших результатов, приходится учитывать состояние окружающей среды. Пользователь должен правильно установить параметры условий видимости, быстродвижущихся объектов на близких расстояниях и автоматического захвата отражателя. Однако за время выполнения съёмки условия окружающей среды могут измениться, а количество возможных комбинаций настраиваемых параметров очень велико.
ATRplus облегчает применение электронных тахеометров и приборов серии MultiStation, повышая их удобство и снижая сложность использования. Что является потенциальным источником ошибок вследствие неправильной установки параметров.

ATRplus обладает возможностью динамического и автоматического управления экспозицией. Кроме того, в этой системе реализованы новые алгоритмы автоматической установки оптимальных значений параметров при работе в сложных и меняющихся условиях окружающей среды. Благодаря этому увеличивается дальность выполнения измерений - в любых условиях и без подстройки параметров прибора вручную.

Помимо повышения показателей при визировании на неподвижные отражатели, ATRplus спроектирована с учётом особенностей работы с движущимися объектами. В этом случае условия видимости и состояние окружающей среды могут изменяться. При отслеживании движущегося объекта надёжное исключение влияния засветки от солнца и других источников становится совершенно необходимым. Новые алгоритмы обработки изображений, реализованные в ATRplus, успешно отличают такие посторонние "световые пятна" от объектов, на которые осуществляется визирование.

Возможность уверенного отслеживания движущегося отражателя в значительной степени определяется скоростью его перемещения относительно прибора. В электронных тахеометрах и приборах серии MultiStation надежность отслеживания быстродвижущегося отражателя обеспечивается сочетанием высокой точности управления и улучшенной синхронизацией измерений. Даже если направление движения отражателя резко изменяется, ATRplus, в отличие от более ранних систем, сохраняет визирование на него.

Поиск-Захват-Повторный захват

При отслеживании отражателя электронными тахеометрами и приборами MultiStation осуществляется цикл Поиска, Захвата и Повторного захвата объекта, реализация которого определяет способ автоматизации этих операций. Автоматическая работа прибора начинается с поиска отражателя с последующим его захватом и постоянным удерживанием наведения на него. Сохраняя захват отражателя, ATRplus непрерывно измеряет расстояние до него и рассчитывает его трёхмерные координаты. Тем не менее, в некоторых ситуациях ATRplus может потерять захват отражателя - например, при появлении препятствия на линии визирования. Поэтому, как только поле зрения освободится, важно осуществить повторный захват отражателя (см. Рисунок 1).

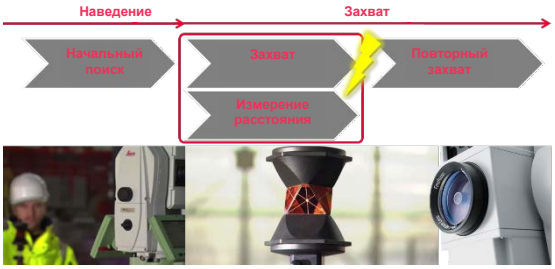


Рисунок 1 - Цикл автоматической работы: Поиск, Захват и Повторный захват.

ATRplus играет ключевую роль в осуществлении всего цикла автоматической работы. Для обеспечения высокой производительности съёмки крайне важно, чтобы время удержания захвата, в течение которого прибор отслеживает направление на отражатель и измеряет расстояние до него, было как можно дольше.

ATRplus

ATRplus является дальнейшим развитием существующей системы ATR компании Leica Geosystems (Stempfhuber and Kirschner, 2008). Излучатель системы ATRplus представляет собой инфракрасный (ИК) коаксиальный лазер с оптической системой, испускающий лазерный луч с расходимостью 1,5 гон. Попадая в призменный отражатель, лазерный луч возвращается обратно в оптическую систему прибора. Расположенный на оптической оси светоделитель отклоняет луч и через фильтр, пропускающий ИК-излучение, направляет его к КМОП-матрице. На КМОП-матрице отраженный лазерный луч отображается в виде светового пятна. Для анализа полученного изображения применяются различные алгоритмы, распознающие пятно луча, отраженного от призмы и вычисляющие координаты его центра с точностью лучше одного пикселя. По этим пиксельным координатам ATRplus вычисляет отклонение центра пятна от оптической оси. В результате совместной обработки этих отклонений и показаний датчиков угла и наклона, вычисляются окончательные значения горизонтального и вертикального углов.

Обнаружение лазерного пятна на КМОП-матрице

Для вычисления пиксельных координат лазерного пятна, необходимо обеспечить его надежное обнаружение на КМОП-матрице. Это, в свою очередь, требует правильной настройки экспозиции. Энергия лазерного пятна равна произведению мощности лазерного излучения и времени его экспонирования на КМОП-матрицу. Регистрация пятна со слишком большой энергией ухудшает изображение из-за превышения допустимой экспозиции. Если экспозиция слишком мала, пятно может вообще не отобразиться на КМОП-матрице. Настройки, обеспечивающие оптимальную экспозицию, зависят от расстояния и метеорологических условий среды между прибором и отражателем.

ATRplus обнаруживает отраженное лазерное излучение по лазерному пятну на КМОП-матрице.

Непосредственно в момент выполнения измерения с помощью ATRplus ни расстояние, ни метеорологические условия между прибором и отражателем неизвестны. Более того, электронное измерение расстояний в этот момент невозможно, так как поле зрения электронного дальномера намного меньше, чем поле зрения ATRplus. Это означает, что электронное измерение расстояния возможно, только если прибор достаточно точно наведен на отражатель.
Здесь опять выручает ATRplus.

Динамическое управление экспозицией в ATRplus

ATRplus непрерывно подстраивает экспозицию, чтобы обеспечить оптимальную яркость лазерного пятна на КМОП-матрице. Настройка экспозиции выполняется в несколько этапов. На первом этапе необходимое время экспонирования вычисляется для текущего расстояния и условий видимости, исходя из максимальной мощности излучения лазера. На втором этапе ATRplus проверяет, можно ли обеспечить полученное время экспонирования при допустимой продолжительности импульса испускания излучения лазером. Если необходимое время экспонирования превышает допустимое, ATRplus включает аналоговое усиление, что позволяет уменьшить время экспонирования, и оно вычисляется заново. Если яркость пятна слишком велика, экспозиция уменьшается. Сначала отключается аналоговый усилитель (если он использовался), затем уменьшается время экспонирования, и, наконец, снижается мощность лазерного излучения. Благодаря динамическому управлению экспозицией ATRplus обеспечивает более высокое качество измерений, как в сложных, так и в благоприятных условиях работы.

Благодаря динамическому управлению экспозицией ATRplus определяет и учитывает расстояние до объекта и условия его видимости.

ATR определяет расстояние между прибором и отражателем по размеру лазерного пятна. Однако подстройка уровня энергии на основании только лишь расстояния не принимает во внимание изменчивые условия видимости. При одинаковом расстоянии между отражателем и прибором, в условиях тумана или дождя необходим более высокий уровень энергии излучения, чем в случае хорошей видимости. В отличие от ATR, ATRplus учитывает как расстояние, так и условия видимости.

Исключение отражений от посторонних объектов

При осуществлении динамического управления экспозицией система ATRplus должна учитывать возможность присутствия посторонних объектов, таких как люди в светоотражающей одежде. Если отражающая поверхность не загрязнена и приблизительно перпендикулярна к направлению визирования, отраженный от неё лазерный луч может попасть обратно в оптическую систему прибора. Такие поверхности создают световое пятно меньшей яркости, чем отражатель. Однако различие может быть не очень заметным в случае, если на отражатель попала вода и он находится на значительном расстоянии. В этом случае ATRplus пытается соответствующим образом подобрать экспозицию. Для предотвращения выполнения измерений по такому объекту или его захвата необходим анализ светового пятна с целью определения источника отражения. Процедура анализа светового пятна выполняет оценку его характеристик и выдает заключение - является ли оно результатом отражения от призмы или другого объекта. Если отражение от постороннего объекта выявлено при выполнении одиночного измерения, прибор прекращает текущую операцию и отображает сообщение об ошибке. При выполнении поиска отражателя в режиме точного наведения анализируется каждое световое пятно. При обнаружении отражения от постороннего объекта поиск продолжается при пониженной экспозиции. Вследствие этого отражение от таких объектов не создаёт световых пятен на КМОП-матрице.

Процедура анализа световых пятен, реализованная в ATRplus, способна идентифицировать дорожные знаки и светоотражающие жилеты как посторонние объекты.

Распознавание бликов и посторонних источников света

Солнечные блики от отражающих объектов, таких как автомобили, дорожные знаки, окна, водные поверхности, а также источники яркого света, например, автомобильные фары, могут создавать изображение на КМОП-матрице (Рисунок 2).

Рисунок 2 - Изображения, полученные КМОП-матрицей. Слева: световое пятно от отражателя. Справа: две фары автомобиля и создаваемые им солнечные блики.

Подобные блики и источники света могут выглядеть очень похоже на световое пятно от отражателя, поэтому их необходимо различать. Такие блики и источники света могут неожиданно появляться на КМОП-матрице, когда система находится в режиме захвата движущегося отражателя. Более того, когда отражатель на короткое время скрывается за каким-либо препятствием, на КМОП-матрице могут остаться световые пятна только от посторонних источников. Следовательно, очень важно распознавать такие световые пятна, чтобы система не осуществила их захват.

Для надежного распознавания посторонних световых пятен ATRplus использует набор из темнового, "серого" и яркого изображений.

Для обнаружения посторонних источников света, в системе ATR использовались темноватые изображения, получаемые без испускания лазерного излучения. На этих изображениях видны только посторонние источники света. Однако вследствие того, что на таком изображении отсутствует пятно от отражателя, его нельзя использовать для измерений и выполнения захвата. Когда отражатель находится на небольшом расстоянии, скорость его перемещения относительно прибора может быть очень высокой. Поэтому для удержания захвата системой ATR важно каждое полученное изображение. При этом распознавание посторонних источников света необходимо выполнять так быстро, насколько это возможно. Для соблюдения обоих этих требований - быстрого распознавания посторонних источников света и определения положения пятна от отражателя на каждом изображении – в случае ATRplus каждое второе изображение является "серым". Так называются изображения, получаемые при уменьшенной мощности лазерного излучения. Вследствие того, что время регистрации излучения КМОП-матрицей поддерживается постоянным, световые пятна от посторонних объектов имеют одну и ту же яркость на всех изображениях. Яркость светового пятна от отражателя, напротив, поочередно изменяется, что дает возможность отличить его от посторонних световых пятен. Чтобы обеспечить высокое качество измерений, положение пятна от отражателя определяется только по изображениям высокой яркости. ATRplus использует "серые" изображения только для отслеживания отражателя.

По сравнению с ATR, новый подход, реализованный в ATRplus, гораздо устойчивее к помехам, создаваемым бликами и яркими источниками света. Рисунок 3 показывает объекты, попавшие в поле зрения тахеометра во время испытаний ATRplus на больших дистанциях (около 1000 м).

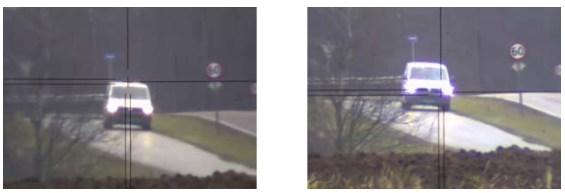


Рисунок 3 - ATRplus (слева) корректно отслеживает отражатель, установленный на крыше автомобиля. ATR (справа) пытается выполнить захват фар автомобиля.

Журнал регистрации

Световые пятна на КМОП-матрице, источником которых являются посторонние объекты, записываются в журнал регистрации и сохраняются в нем на протяжении нескольких последующих кадров. Если в поле зрения ATRplus появляется ещё один отражатель, созданное им световое пятно распознается как пятно от второго отражателя. Таким образом, все объекты в поле зрения прибора распознаются, им приписывается внутренний временный идентификатор, и они сохраняются в журнале регистрации. Если отражатель, помеченный как текущий рабочий, неожиданно исчезает, прибор переключается в режим предсказания его положения, а не захватывает второй отражатель, поскольку в журнале регистрации он записан как посторонний. Журнал регистрации содержит следующую информацию:

- Световое пятно от отражателя (положение и яркость)
- Световые пятна от посторонних объектов (номер, положение, яркость)
- Световые пятна от посторонних отражателей (номер, положение, яркость)

Журнал регистрации предотвращает захват посторонних отражателей и объектов в случае потери захвата. Данные журнала регистрации сохраняют актуальность до момента выхода из режима предсказания и помогают распознать нужный отражатель. Рисунок 4 показывает ситуацию, когда рабочий отражатель оказывается за деревом. Перед деревом находится другой отражатель. Несмотря на это, прибор не осуществляет захват ближнего отражателя, так как он был идентифицирован ранее.

Журнал регистрации ATRplus помогает предотвратить захват постороннего отражателя. Информация о расположении объектов в предшествующие моменты времени используется для предсказания их положения в будущем.

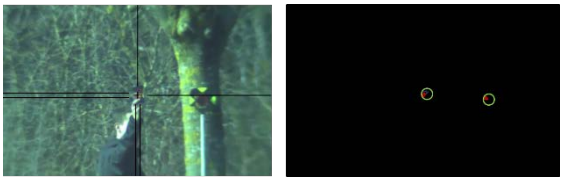


Рисунок 4 - Слева: испытания с двумя отражателями (отражатель GRZ122 с призмой 360° и отражатель GPR121 с круглой призмой) в поле зрения прибора. Справа: изображение двух соответствующих световых пятен, получаемое ATRplus.

Эксплуатационные характеристики

Применение электронных тахеометров и приборов MultiStation в режиме кинематики требует высокой степени автоматизации. Особое значение приобретают быстрое и надежное автоматическое наведение и отслеживание отражателя. Таким образом, важнейшими элементами, обеспечивающими высокие эксплуатационные характеристики электронных тахеометров и приборов MultiStation, являются ATRplus, электропри-

воды, система PowerSearch, передовое программное обеспечение, мощный процессор и синхронизация измерений.
При определении координат подвижных объектов, таких как строительная техника, или при автоматизированном выполнении съёмки, геодезические приборы решают целый ряд сложнейших задач (см. Рисунок 5). Прибор должен работать в нестабильных условиях окружающей среды и успешно отслеживать неожиданные изменения направления движения наблюдаемого объекта.

Рисунок 5 - Испытания по отслеживанию отражателя в неблагоприятных условиях (дождь, источники яркого света и разнообразные объекты в поле зрения).

Помимо улучшения технических характеристик прибора при всех возможных условиях эксплуатации, его использование существенно облегчает сокращение количества пользовательских настроек. Таким образом, с точки зрения пользователя основными преимуществами ATRplus являются простота в обращении и возможность выполнения измерений в сложных условиях.

Предельно простые настройки

Благодаря тому, что ATRplus постоянно и автоматически подстраивает мощность лазерного излучения с учетом условий окружающей среды и расстояния до объекта, необходимость вмешательства пользователя сведена к минимуму. Настройки, касающиеся состояния окружающей среды (например, дождь или туман) и ожидаемого характера движения конкретного объекта (например, " быстродвижущийся объект на близком расстоянии") устанавливаются прибором автоматически. При использовании ATRplus задавать параметры видимости больше не нужно (см. Рисунок 6 слева). Теперь для надежного и высокоточного выполнения измерений достаточно указать тип отражателя, вид наведения на объект и режим измерения расстояний (см. Рисунок 6 справа).

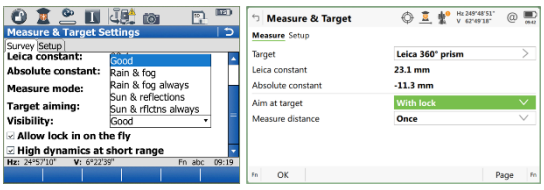


Рисунок 6 - Общий вид экрана пользовательских настроек ATR в ПО SmartWorx Viva (слева) и ATRplus в ПО Leica Captivate (справа).

Динамическое управление экспозицией, средства анализа световых пятен и точная синхронизация измерений обеспечивают автоматическую установку оптимальных значений параметров.

Реализация динамического управления экспозицией и автоматической регулировки скорости вращения электроприводов, а также повышение точности синхронизации измерений кардинально упростили использование прибора. В Таблице 1 приведено сравнение пользовательских настроек ATR в ПО SmartWorx Viva и настроек ATRplus в ПО Leica Captivate.

Таблица 1 - сравнение различных настроек ATR в ПО SmartWorx Viva и настроек ATRplus в ПО Leica Captivate.

	SmartWorx Viva	Leica Captivate
Видимость (состояние окружающей среды)	▪ Хорошая ▪ Дождь и туман ▪ Солнце и блики	▪ Настройка параметров не требуется
Диапазон расстояний	▪ Быстродвижущиеся объекты на близких расстояниях	▪ Настройка параметров не требуется
Режим измерения расстояния	▪ Непрерывный ▪ Непрерывный +	▪ Непрерывно
Работа с подвижными объектами	▪ Включить автоматический захват	▪ Функции ожидания и захвата доступны напрямую

Максимальная дистанция автоматического наведения

Помимо сокращения числа параметров, устанавливаемых пользователем вручную, благодаря непрерывному управлению экспозицией увеличивается максимальная дистанция автоматического наведения (на статические объекты) и захвата (динамических объектов). В зависимости от типа отражателя, максимальная дистанция автоматического наведения для этих приборов может достигать 1 500 м (см. Рисунок 7).

Рисунок 7 - Максимальные дистанции [1], на которых возможно автоматическое наведение на отражатель (неподвижный).

Максимальная дистанция автоматического наведения на круглую призму (GPR121) у ATRplus на 50%, чем у ATR. Рисунок 8 наглядно демонстрирует увеличение максимальной дистанции автоматического наведения, предоставляя сравнение показателей ATR (приборы TS15/TS50/MS50) и ATRplus (приборы TS16/TS60/MS60).

[1] Облачность, отсутствие дымки, видимость около 40км

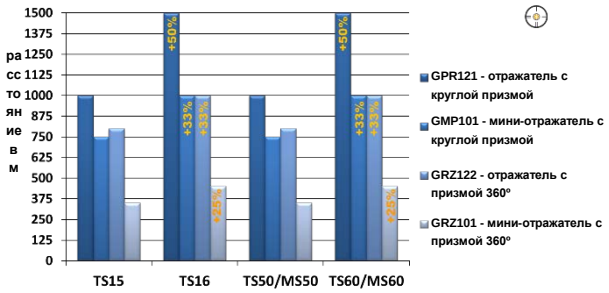


Рисунок 8 - Максимальные дистанции автоматического наведения на отражатели различных типов (сравнение ATRplus и ATR).

Хотя максимальные дистанции автоматического наведения, указанные в спецификации, соответствуют идеальным условиям окружающей среды, соотношение между значениями этой величины для ATRplus и ATR сохраняется и в случае неблагоприятных условий - таких как дождь, тепловая нестабильность оптических характеристик атмосферы и присутствие пыли.
В режиме кинематика максимальная дистанция отслеживания отражателя достигает 1000 м.

Максимальная дистанция захвата

ATRplus обеспечивает измерение положения отражателей, перемещающихся с высокой скоростью. Прибор способен отслеживать положение отражателя, горизонтальное проложение до которого составляет 10 м, перемещающегося со скоростью вплоть до 80 км/ч.
С точки зрения измерения расстояний, электронные тахеометры (серия TS) и приборы MultiStation (серия MS) существенно различаются вследствие того, что на них установлены различные дальномерные устройства. Электронный дальномер PinPoint R2000, установленный на MultiStation (Maar and Zogg, 2014), обеспечивает высокую скорость измерения расстояний, что дает возможность определять расстояние до отражателей, перемещающихся с радиальной скоростью 50 км/ч и более, в то время как максимальное значение скорости отражателя для PinPoint R1000 составляет 20 км/ч (см. Рисунок 9).

Рисунок 9 - Максимальные дистанции [1] и скорости [2] в режиме захвата.

Рисунок 10 демонстрирует улучшенные возможности захвата и отслеживания ATRplus. На рисунке показаны результаты эксперимента по отслеживанию и выполнению измерений по отражателю с призмой 360° (GRZ122) с использованием ATR и ATRplus. ATRplus превосходит ATR по количеству полученных результатов измерений и надежности удерживания захвата.

[2] Тангенциальная скорость на расстоянии 15 метров от инструмента мот него

Рисунок 10 – Отслеживание выполнение измерений по отражателю в условиях солнечной погоды.

Помимо увеличения дистанции стабильного отслеживания отражателя, ATRplus обеспечивает сокращение времени повторного захвата отражателя в случае временной потери наведения на него. Более того, ATRplus менее подвержен влиянию световых помех от посторонних объектов. Благодаря увеличению допустимых дистанций, повышению надежности и защищенности от помех ATRplus обладает несомненными преимуществами при отслеживании подвижных объектов во время дождя, Рисунок 11, демонстрирует надежность и увеличение допустимой дистанции захвата объекта в сложных погодных условиях.

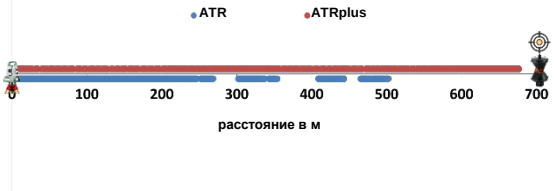


Рисунок 11 - Отслеживание и выполнение измерений по отражателю в сложных погодных условиях (во время дождя).

Возможности ATRplus по наведению и отслеживанию объектов позволяют использовать прибор для решения любых специализированных задач конкретного пользователя.

Точность измерений в режиме автоматического наведения

ATRplus обеспечивает высочайшую точность измерений в режиме автоматического наведения. При использовании Leica Nova TS60 - самого точного электронного тахеометра - точность измерений ATRplus в режиме автоматического наведения, измеренная в соответствии с ISO 17123-3, достигает 0.5”.

Таблица2 - Точность автоматического наведения ATRplus, измеренная в соответствии с ISO 17123-3 с использованием электронных тахеометров последнего поколения Leica Nova и Leica Viva и приборов серии MultiStation.

	Спецификация[3]
Leica Viva TS16	1” (0,3 мгон), 2” (0,6 мгон), 3” (1 мгон), 5” (1,5 мгон)
Leica Nova TS60	0,5” (0,15 мгон)
Leica Nova MS60	1” (0,3 мгон)

Точность измерений в режиме захвата

Электронный тахеометр включает в себя целый ряд сенсоров. Для вычисления положения наблюдаемого объекта необходимо выполнение большого числа измерений различными сенсорами.
Для автоматизированного выполнения различных операций, таких как высокоточное отслеживание и измерение координат движущегося объекта, сенсоры и исполнительные механизмы прибора должны обладать как высокой чувствительностью, так и быстродействием. Более того, высокоточная обработка полученных данных требует применения тщательно продуманных методов и алгоритмов. Для достижения наилучшей возможной точности при отслеживании подвижных объектов, эта сложная система должна обеспечивать высокую степень синхронности работы всех сенсоров. Поэтому при создании ATRplus ставилась задача улучшить синхронизацию работы различных сенсоров, измеряющих горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и другие величины, используемые при функционировании ATRplus.

Тестовые данные для исследования синхронизации сенсоров получаются путем выполнения прибором 30 измерений по отражателю с призмой 360°, установленному на вращающемся вертикальном круге диаметром приблизительно 1 м (см. Рисунок 12). Эта установка позволяет оценить точность синхронизации угловых измерений, измерений ATRplus и датчика наклона.

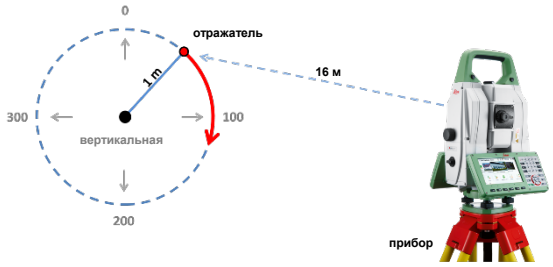


Рисунок 12 - Установка для оценки точности синхронизации угловых измерений и измерений, выполняемых ATRplus (вид спереди).

При отслеживании движущегося отражателя, установленного на колесе, самым ответственным моментом является прохождение точек, в которых направление наблюдаемого прибором движения отражателя меняется на противоположное. Это происходит в точках с отсчетами 100 гон и 300 гон при измерении горизонтального угла (при круговом движении отражателя на колесе), и в точках 0 гон и 200 гон при измерении вертикального угла.

[3] Облачность, отсутствие дымки, видимость около 40км, отсутствие рефракции без тепловой нестабильности оптических параметров атмосферы

Высокая степень синхронизации датчиков электронного тахеометра обеспечивает выполнение высокоточных измерений по движущемуся отражателю.

Рисунок 13 иллюстрирует результаты измерений с использованием ATR и ATRplus. На рисунке показаны невязки между результатами измерений и аппроксимирующим их эллипсом. Этот эллипс построен методом наименьших квадратов.
Периодический характер зависимости невязок от положения отражателя вызван тем, что 100% синхронизации работы датчиков достичь всё же не удалось. Хотя отклонения, полученные обеими системами, ATR и ATRplus, ведут себя сходным образом, улучшение синхронизации системы последнего поколения не вызывает сомнений. Сокращение разброса результатов измерений, а также снижение количества и уменьшение величины "выбросов" в точках смены направления очевидны.

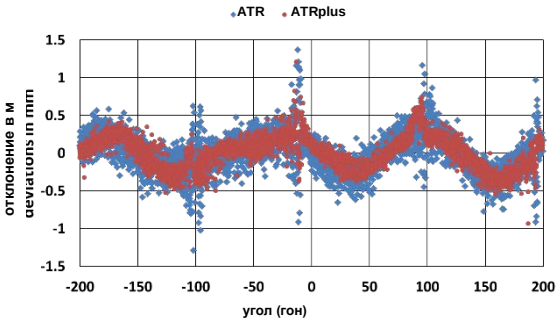


Рисунок 13 - Изменение точности измерений.

Когда вращающееся колесо расположено горизонтально (см. Рисунок 14), появляется возможность включить в исследование измерение расстояний и изучить его синхронизацию с измерением горизонтальных и вертикальных углов и работой ATRplus. Вследствие значительного диапазона изменения расстояний, несинхронность работы датчиков проявляется в отклонении измеренной формы траектории отражателя от идеальной окружности.

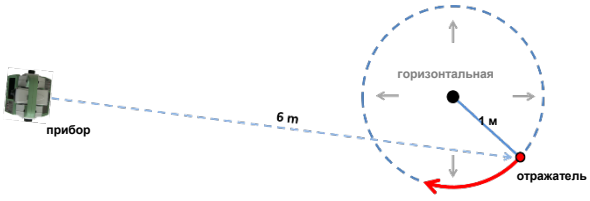


Рисунок 14 - Установка для проверки синхронности измерения расстояний (вид сверху).

Для вычисления отклонения результатов измерений от истинной траектории, методом наименьших квадратов строится окружность, аппроксимирующая полученные данные (см. Рисунок 15). Далее вычисляются расстояния d_i по нормали от измеренной точки до аппроксимирующей окружности по следующей формуле:

$$d_i = \sqrt{(m_1 - \xi_i)^2 + (m_2 - \eta_i)^2} - r$$

где m_1, m_2 - координаты центра окружности, r - её радиус, а ξ_i и η_i представляют собой плоские координаты измеренной точки.

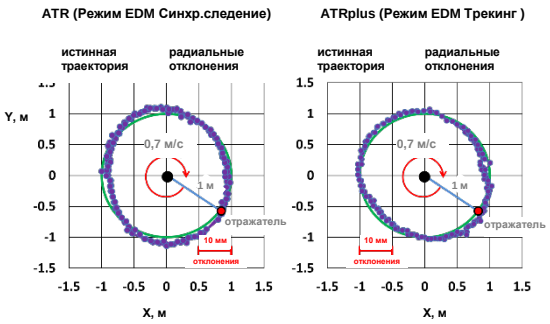


Рисунок 15 - Отклонение измерений от истинной траектории.

Как показывает квантиль 90% (см. Таблица 3) радиальных погрешностей, ATRplus обеспечивает точность на 20% выше, чем ATR.

Таблица 3 - квантиль 90% радиальных погрешностей.

Система	Квантиль 90%
ATR	2,19 мм
ATRplus	1,75 мм

Численные значения в Таблица 3 соответствуют электронным тахеометрам Leica Viva TS15 (ATR) и Leica Viva TS16 (ATRplus). Численные значения носят иллюстрационный характер и приводятся здесь, чтобы продемонстрировать улучшение синхронизации сенсоров в реальной ситуации. Эти значения могут изменяться в зависимости от условий выполнения измерений.

ATRplus сокращает разрыв в точности измерения координат неподвижных и быстро перемещающихся объектов.

PowerSearch

При отслеживании подвижных объектов система ATRplus обеспечивает их надежный захват. Однако если захват объекта потерян, например, из-за появления препятствий в поле зрения, прибор должен обладать возможностью вновь найти отслеживаемый объект. Система PowerSearch эффективно и быстро решает эту задачу. После запуска процедуры "сканирование" системы PowerSearch прибор обнаруживает все объекты, которые могут оказаться отражателями, и осуществляет наведение на тот из них, который был найден первым. В особых случаях, когда в зоне видимости прибора оказывается больше одного отражателя (см. Рисунок 16), существует вероятность наведения на посторонний отражатель. Для предотвращения такой ситуации в электронных тахеометрах и приборах MultiStation последнего поколения реализованы процедуры "Фильтр PowerSearch" и "CubeSearch".

Рисунок 16 - Использование фильтра PowerSearch для предотвращения наведения на посторонние объекты.

Фильтр PowerSearch

При использовании фильтра PowerSearch прибор формирует список объектов, которые в дальнейшем следует игнорировать при выполнении поиска системой PowerSearch. Игнорируемая при поиске область вокруг объекта, на который может осуществляться ошибочное наведение, задается диапазонами горизонтального угла Hz, вертикального угла V и расстояния, которые оцениваются непосредственно с использованием модуля PowerSearch, сопряженного со зрительной трубой. Данный модуль PowerSearch обладает возможностью определять горизонтальный угол Hz с погрешностью не более 0,2 гон (1σ) и расстояние с погрешностью в пределах 1,5 м (1σ). Далее игнорируемые при поиске области задаются в диапазоне +/- 1 гон по горизонтальному углу и +/- 10 м в радиальном направлении (Grimm and Hornung, 2015). Диапазон вертикальных углов ограничивается возможностями развертки лазерного излучения системой PowerSearch (около 40 гон). Если фильтр PowerSearch включен, объекты, удовлетворяющие всем трём его критериям, игнорируются при выполнении поиска системой PowerSearch.

Инициализация фильтра PowerSearch производится либо путем сканирования окружающего пространства (обучение фильтра, либо с помощью ввода соответствующих точек при установке прибора. При добавлении точек при установке прибора расстояния до них необходимо измерить. Запустить фильтр PowerSearch можно нажатием на верхнюю левую пиктограмму на панели "Наведение и Поиск" ПО Leica Captivate (см. Рисунок 17).

Рисунок 17 - Обучение фильтра PowerSearch с использованием панели «Наведение и Поиск».

"Обучение фильтра" инициализирует фильтр PowerSearch. Зрительная труба трижды оборачивается вокруг своей вертикальной оси- первый при горизонтальном положении трубы, второй - с трубой, поднятой в самое высокое положение, и третий - с трубой, опущенной в самое нижнее положение. Выполнение этой процедуры занимает примерно 30 секунд.

Фильтр PowerSearch исключает посторонние объекты при последующем выполнении поиска системой PowerSearch.

При необходимости пользователь может выключать и снова включать фильтр PowerSearch. Это может потребоваться при поиске контрольных объектов, которые были включены в список игнорируемых фильтра PowerSearch.

CubeSearch

При совместном использовании с фильтром PowerSearch система CubeSearch является эффективным средством повторного захвата отражателя, если он был потерян. По истечении времени, отведенного на поиск отражателя в режиме предсказания, зрительная труба поворачивается на 45° в обратном направлении от положения, в котором был потерян захват. PowerSearch выполняет поиск отражателя в диапазоне 90° от установленного положения. Если расстояние до объекта в момент потери захвата известно, PowerSearch осуществляет поиск только в диапазоне расстояний +/- 10 м от последнего измеренного значения (см Рисунок 18). CubeSearch игнорирует отражатели и другие посторонние объекты, занесенные в соответствующий список фильтра PowerSearch.

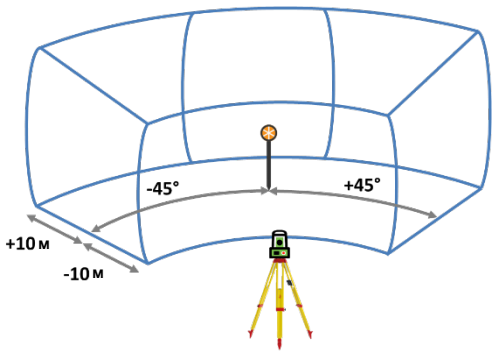


Рисунок 18 - Схема работы CubeSearch при известном расстоянии до отражателя.

Если расстояние до потерянного объекта неизвестно, прибор распространяет область поиска в радиальном направлении на весь рабочий диапазон PowerSearch, который составляет от 5 м до 300 (см. Рисунок 19).

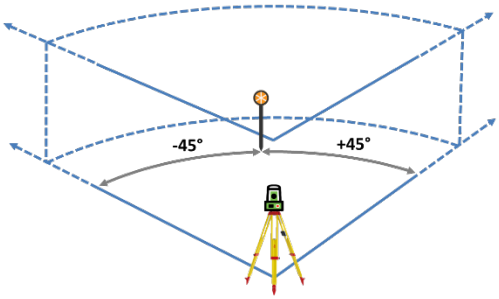


Рисунок 19 - Схема работы CubeSearch при неизвестном расстоянии до отражателя.

Ввод данных о расстоянии до отражателя увеличивает надежность работы процедуры повторного захвата потерянного объекта.

Заключение

В основу автоматической работы электронных тахеометров положен цикл поиск-захват-повторный захват. После осуществления захвата отражателя система может непрерывно измерять расстояние до отражателя и вычислять его трехмерные координаты. Специалистам, выполняющим съёмку, необходимо получать трехмерные координаты объектов с высокой точностью, частотой обновления и надежностью. ATRplus играет ключевую роль в осуществлении этого цикла автоматических измерений. Высокая производительность работы напрямую связана с продолжительностью удержания прибором захвата отражателя.

Эксплуатационные характеристики ATRplus обеспечиваются в первую очередь динамическим управлением экспозицией, использованием журнала регистрации световых пятен, передовыми алгоритмами их идентификации, процедурой поиска объекта и повышением уровня синхронизации сенсоров. Установка ATRplus на электронные тахеометры и приборы MultiStation последнего поколения является решающим фактором, который переводит степень их автоматизации на новый уровень.

Применение ATRplus устраняет некоторые источники возможных ошибок, такие как неверная настройка прибора пользователем, и расширяет возможности автоматического выполнения съёмок благодаря увеличению допустимых значений расстояния до наблюдаемых объектов и скорости их перемещения. Совместное использование ATRplus, фильтра PowerSearch и процедур CubeSearch значительно повышает производительность съёмки подвижных и неподвижных объектов.

Список литературы

Grimm, D. E. and Hornung, U. (2015). Leica ATRplus - Leistungssteigerung der automatischen Messung und Verfolgung von Prismen. AVN, стр. 269–276.

Maar, H. and Zogg, H.-M. (2014). WFD – Wave Form Digitizer Technology. Технический отчет, Leica Geosystems AG.

Stempfhuber, W. and Kirschner, H. (2008). Kinematische Leistungsfähigkeit von zielverfolgenden Tachymetern – Ein Beitrag zum Stand der Technik am Beispiel des Leica TPS1200+. AVN, стр. 216–224.

Leica Geosystems – when it has to be right

На протяжении почти 200 лет Leica Geosystems радикально меняет мир геодезических и измерительных технологий, создавая законченные решения, которые используют специалисты всей планеты. Превосходная продукция и инновационные разработки принесли Leica Geosystems известность, поэтому специалисты самых разных отраслей, таких как аэрокосмическая, оборонная, охрана правопорядка и обеспечение безопасности, строительство и производство, доверяют решение своих геопространственных задач компании Leica Geosystems. Поставляя высокоточные приборы, разрабатывая передовое программное обеспечение и оказывая качественные услуги, Leica Geosystems день вносит свой вклад в работу тех, кто создаёт будущее нашего мира.

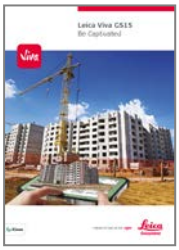
Leica Geosystems является дочерней компанией Hexagon (Nasdaq Стокгольм: HEXA B; hexagon.com), ведущего мирового поставщика информационных технологий, которые повышают качество и производительность геопространственного и промышленного программного обеспечения.

Swiss Technology
by Leica Geosystems

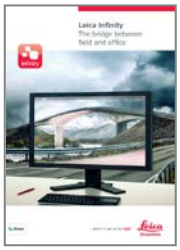
Производитель оставляет за собой право изменять внешний вид, технические характеристики и другие свойства своей продукции. Все права защищены. Правообладатель Leica Geosystems AG, Хербруг, Швейцария, 2015. 10.15 – INT

Leica Nova MS60

Leica Viva TS16



Leica Viva GS15



Leica Infinity

www.navgeocom.ru
www.leica-geosystems.com

- when it has to be right

Leica Geosystems