

Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Band: 121 (2023)

Heft: 7-8

Artikel: Leica GS18 I : ein GNSS mit visueller Positionierungstechnologie =
Leica GS18 I : un mobile GNSS avec positionnement par l'image =
Leica GS18 I : un GNSS con tecnologia di posizionamento visivo

Autor: Zaccone, Davide

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1050250>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Leica GS18 I: ein GNSS mit visueller Positionierungstechnologie

Im Rahmen meiner Projektarbeit zum Erlangen des Abschlusses als Geomatiktechniker durfte ich mich mit dem Leica GS18 I auseinandersetzen. Vor über zwei Jahren hat die Hexagon AB den neuen Leica GS18 I-GNSS-RTK-Rover vorgestellt. Durch die Kombination aus GNSS- und IMU-Sensoren in Verbindung mit einer Kamera entsteht eine visuelle Positionierungstechnologie. Diese soll das Einsatzgebiet des GNSS noch einmal erweitern, um Punkte zu messen, die bis dato mit einem GNSS-Empfänger nicht so einfach zugänglich waren und nicht präzise erfasst werden konnten. Das Ziel der Projektarbeit lag darin, zu eruieren, in welchen Bereichen der Geomatik diese Innovation der Leica Geosystems AG einsetzbar ist und wie sie den Arbeitsalltag erleichtern kann.

D. Zaccone

Funktionalität des Messsystems

Die wichtigste Funktion des GS18 I ist die visuelle Positionierungstechnologie, welche es erlaubt, Bildgruppen aufzunehmen und Punkte aus diesen zu messen. Mög-

lich macht das die Integration von GNSS, IMU und einer Kamera. Um eine optimale Funktionalität zu erreichen, sind die passenden Algorithmen jedoch unumgänglich. Dieses Zusammenspiel der Sensoren in einem GNSS-Rover ist in dieser Form eine weltweite Neuheit.

Der GS18 I erfasst die Bilder mit einer Geschwindigkeit von 2 Hz. Mit dieser Bildrate gewährleistet er eine optimale

Bildüberlappung und Geometrie. Nach dem Stoppen der Aufnahme werden die Bilder von dem auf der Software Captivate laufenden Algorithmus verarbeitet. Dieser Schritt passiert automatisch. Nach dieser Verarbeitung können die aufgenommenen Bilder zur Punktbestimmung verwendet werden.

Technologie Pointmatching

Die Möglichkeit, mit dem Leica GS18 I aus Bildern zu messen, basiert auf der Grundlage der Photogrammetrie. Diese Technologie beschreibt die Wissenschaft der Vermessung von Bildern. Dabei kann die Position eines Objektpunktes aus zuvor aufgenommenen Bildern ermittelt werden. Die Position wird in diesem Fall durch die Schnittpunkte der Bildstrahlbündeln definiert. In Abbildung 2 wird der photogrammetrische Vorwärtsschnitt veranschaulicht.

Der zu messende Objektpunkt kann an einem beliebigen Punkt entlang des Bildstrahls liegen. Um die genaue Position des Objektpunktes zu berechnen, benötigt es jedoch mindestens zwei räumlich getrennte Bildstrahlen, die sich an einem Punkt schneiden. Diese Strahlen müssen durch zwei verschiedene Bilder definiert sein. Die Positionsgenauigkeit wird mit jedem weiteren Bildstrahl höher.

Einsatzbereiche

In welchen Situationen die visuelle Positionierungstechnologie eingesetzt werden kann, wurde von der Produktingenieurin in einem Beitrag erläutert. Die Einsatzbereiche, welche sich mit der visuellen Positionierung besonders eignen, sind die folgenden:

- Mapping von hunderten Punkten
- Messungen in gefährlichen Bereichen
- Messungen von Punkten, welche durch Signalbehinderungen nicht messbar waren
- Zusätzliche Messungen, ohne den Standort erneut aufzusuchen
- Generierung einer Punktwolke des erfassten Objektes



Abb. 1: Der neue Leica GS18 I GNSS-RTK-Rover mit integrierter Kamera. Quelle: Leica Geosystems AG (2020).

Fig. 1: Le nouveau Leica GS18 I GNSS-RTK-Rover avec appareil photo intégré. Source: Leica Geosystems AG (2020).

Fig. 1: Il nuovo rover Leica GS18 I GNSS RTK con fotocamera integrata. Fonte: Leica Geosystems AG (2020).

Durchführung der Testmessungen

Überprüft wurden die Bildpunktmes-
sung, die relative Distanzmessung und
die Genauigkeit einer von den Bildgrup-
penaufnahmen generierten Punktwolke.
Die Auswertung der gesamten Testmes-
sung erfolgte über die Leica Infinity
Software. Die Kontrollmessungen wur-
den mit der Leica Nova MS60 durchge-
führt.

Überprüfung Bildpunktmes- sung

Um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit
der Bildpunktmesung des Leica GS18 I
und seiner Bildgruppenerfassung zu über-
prüfen, wurde eine Gebäudekante er-
fasst. Die Erfassung erfolgte aus verschie-
denen Distanzen.

Überprüfung relative Distanz

Die Überprüfung der relativen Distanz-
messung erfolgte nach dem gleichen
Prinzip wie die Bildpunktmesungsüber-
prüfung. Anstelle eines Eckpunktes wur-
den zwei Zielmarken am Objekt befestigt,
welche ebenfalls aus verschiedenen Dis-
tanzen erfasst wurden. Die beiden Ziel-
marken werden aus jeder Distanz abge-
griffen und es wird jeweils die relative
Distanz daraus ermittelt.

Überprüfung Punktwolke

Um eine Punktwolkenüberprüfung zu
ermöglichen, wurde entschieden, eine
Fassade des Testobjekts mit mehreren
Bildgruppen zu erfassen. Die Bildgruppen
werden innerhalb der Idealdistanz aufge-
nommen. Zu beachten war hierbei, dass
zum Schluss die gesamte Test-Fassade
ersichtlich ist.

Vergleich Bildpunktmesung

Beim Vergleich der Bildpunktmesung
werden sämtliche Punkte, die mittels
Bildgruppenaufnahme definiert wurden,
mit den tachymetrisch bestimmten Punk-
ten verglichen. Die Punktkoordinaten, die
Qualität, die Anzahl Bilder der verwen-
deten Bildgruppe und die jeweilige Koordi-
natendifferenz zum Referenzpunkt sind
in Tabelle 1 dargestellt.

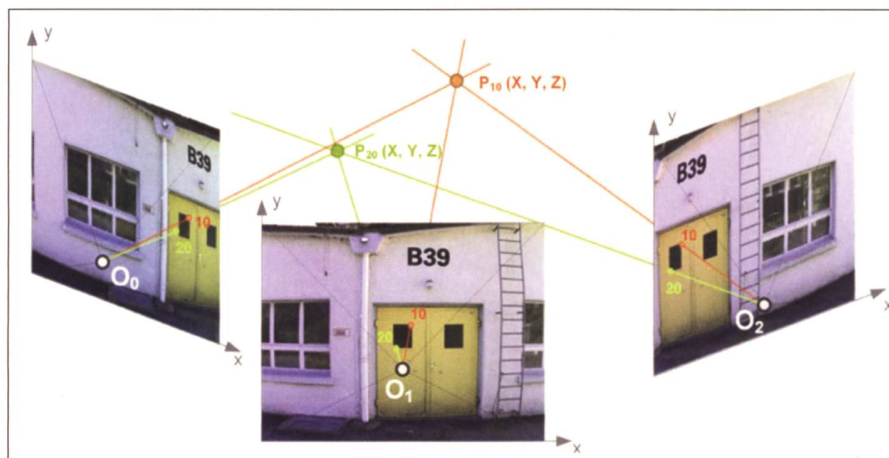


Abb. 2: Photogrammetrischer Vorwärtsschnitt zur Objektpunktmessung der Punkte P_{10} und P_{20} . Quelle: Majeric (2020).

Fig. 2: Intersection par photogrammétrie mesure du point objet des points P_{10} et P_{20} . Source: Majeric (2020).

Fig. 2: Sezione di avanzamento fotogrammetrico per misurare il punto dell'oggetto dei punti P_{10} e P_{20} . Fonte: Majeric (2020).

Beim Vergleich der Bildpunktmesung
über die Distanzen von zwei bis 16 Metern
werden mit der steigenden Distanz auch
grössere Abweichungen sichtbar. Die Er-
gebnisse der Messungen, welche im
ausgewiesenen Idealbereich aufgenom-
men wurden, weisen alle Abweichungen
im 2D- und 3D-Bereich unter 5 cm auf.

Vergleich relative Distanz

Bei diesem Vergleich werden ebenfalls
aus allen erfassten Bildgruppen die bei-
den Zielmarken definiert. Aus den daraus

resultierenden Punkten wurde die Distanz
ermittelt. Diese wird mit der Referenzdis-
tanz aus der MS60 Aufnahme verglichen
und in Tabelle 2 dargestellt.

Im Gegensatz zur Bildpunktmesung sind
die Abweichungen der relativen Distan-
zen auch über den vorgegebenen Ideal-
bereichen der Aufnahme gering. Die
Resultate der Messungen ab zehn Metern
sind jedoch mit Vorsicht zu geniessen. Da
die Kamera des GS18 I einen festen Fokus
hat, sind die aufgenommenen Bilder sehr
unscharf und die Zielmarken konnten nur
schwer ermittelt werden.

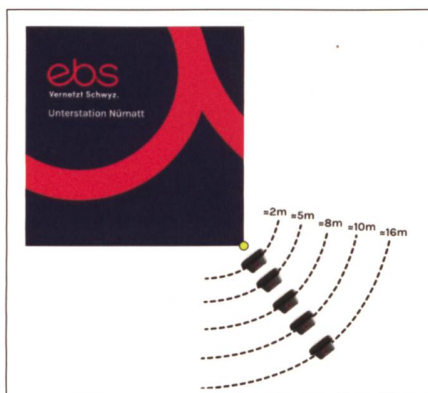


Abb. 3: Visualisierung Testkonzept Bildpunktmesung.

Fig. 3: Visualisation du concept de test mesure des pixels.

Fig. 3: Visualizzazione del concetto di test per la misurazione dei pixel.

Vergleich Punktwolke

Um die beiden Punktwolken zu verglei-
chen, wurde die aus den Bildgruppen des
GS18 I berechnete Punktwolke bereinigt.
Nach der Bereinigung und Reduzierung
auf die Testfassade wurde ein Differenz-
modell berechnet. Dazu diente die mit der
MS60 aufgenommene Punktwolke als
Referenz. Die obere sowie die untere
Toleranz wurden jeweils auf 5 cm festge-
legt.

Die Vergleichsergebnisse zeigen eine
Standardabweichung der Punkte von
5.5 cm. Insgesamt sind 45.3 Prozent der
418 000 gemessenen Punkte innerhalb
der Toleranz. Am Differenzmodell ist er-
sichtlich, dass die grössten Abweichun-

gen jeweils bei Vertiefungen der Fassade auftreten.

Beurteilung der Ergebnisse

Durch die Kombination einer direkten Messung mit dem GNSS-Lotstock und den bildbasierten Aufnahmen werden mit dem GS18 I viele Bereiche der Vermessung abgedeckt. Aus den Ergebnissen der Vergleichsmessungen wurde jedoch ersichtlich, dass der GS18 I hinsichtlich den von der MS60 erreichten Genauigkeiten wie erwartet nicht mithalten kann. Die Messergebnisse liefern jedoch eine zuverlässige Genauigkeit, sodass sie auch in der Amtlichen Vermessung eingesetzt werden können. In der Toleranzstufe 2 der Amtlichen Vermessung, bei welcher ein exakt definierter Punkt der Bodenbedeckung eine Genauigkeit von 10 cm (1 Sigma) hat, ist somit die Anwendbarkeit gegeben. Die erreichten Genauigkeiten der relativen Distanzmessungen lässt ebenfalls daraus schliessen, dass das Messsystem zuverlässige Ergebnisse lie-

fert. Festzuhalten ist die Tatsache, dass die von der Leica angegebene Genauigkeit von 2 bis 4 cm nur bei idealen Umständen erreichbar ist.

Die Berechnung von Punktwolken anhand der bildbasierten Aufnahmen des GS18 I ist ausschliesslich mit der Infinity Software möglich. Der Punktwolkenvergleich der beiden Aufnahmemethoden zeigt deutlich die Grenzen des GS18 I auf.

Fazit

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben deutlich gemacht, dass die bildbasierte Aufnahme des Leica GS18 I die Einsatzmöglichkeiten eines GNSS-Systems massgebend erweitern. Die erzielten Genauigkeiten von rund 5 cm legen dar, in welchen Genauigkeitsbereichen das System angewendet werden kann.

Eine weitere wichtige Erkenntnis ist der Einfluss von Licht, Merkmalen und der Objektdistanz. Je mehr Merkmale in einer Bildaufnahme definiert werden können, desto einfacher kann der Algorithmus die

Bildgruppe zusammenfügen und berechnen. Vor allem bei Aufnahmen im Nahbereich hat sich dieser Einfluss verdeutlicht, da bei einer Fassade mit wenig Struktur und Merkmalspunkten die Aufnahme abgebrochen wird. Falls das Objekt viele Merkmale hat, sind auch Aufnahmen im Nahbereich kein Problem.

Die besten Bedingungen für eine Messung sind demnach Tageslicht ohne direkte Sonneneinstrahlung. Sobald die Kamera direkt bestrahlt wird, zeigt sich die Schwäche des Systems. Die Kamera kann nicht fokussiert und an Distanz oder den Lichtverhältnissen angepasst werden. Der GS18I erweist sich als gute Ergänzung zu den bestehenden Messsystemen und kann in diversen Bereichen eingesetzt werden.

Davide Zaccone
Geomatiktechniker FA
Acherhofstrasse 7a
CH-6430 Schwyz
d.zaccone@geoinfra.ch

Leica GS18 I: un mobile GNSS avec positionnement par l'image

Lors de mon travail de projet pour l'obtention du diplôme de Technicien en géomatique, j'ai utilisé le Leica GS18 I. Il y a plus de deux ans, Hexagon AB avait présenté le nouveau GNSS Leica GS18 I-RTK-Rover: un appareil combinant les technologies GNSS et UMI dans le but de compenser automatiquement l'inclinaison, et doté du positionnement par l'image. La promesse d'une telle innovation est d'élargir le champ d'application du GNSS: désormais, il s'avère possible de capturer avec un récepteur GNSS des points qu'il était auparavant difficile d'atteindre et dont la saisie précise était impossible. Mon travail vise à déterminer les domaines de la géomatique dans lesquels ce système de Leica Geosystems AG pourrait trouver son application et dans quelle mesure son utilisation facilite le travail quotidien.

D. Zaccone

Fonctionnalités du système de mesure

L'apport majeur du GS18 I réside dans le positionnement par l'image, qui permet de capturer des groupes d'images et de mesurer des points à partir de ces groupes d'images. Tout cela grâce à l'intégration combinée du GNSS, de l'IMU et d'un appareil photo. Toutefois, pour un fonctionnement optimal, le recours aux algorithmes est inévitable. Un tel mix de capteurs dans un mobile GNSS-Rover est une première mondiale.

Le GS18 I saisit les images à une fréquence de 2 Hz. Une telle fréquence de trames garantit un chevauchement optimal d'images et une bonne géométrie. Après l'arrêt de la prise de vue, les images sont traitées automatiquement par l'algorithme intégré au logiciel de terrain Cap-

Vergleichstabelle Bildpunktmessung HE1

Beschreibung	Nr.	Anzahl Bilder	Qualität Bildgruppe	E	N	H	2D-Qualität	3D-Qualität
Referenzpunkt	HE1-REF			2690115.617	1209718.825	452.905	-	-
Bildgruppe 2m	HE1-2m	10	0.042	2690115.606	1209718.806	452.878	0.020	0.034
Bildgruppe 5m	HE1-5m	19	0.037	2690115.635	1209718.849	452.892	0.015	0.026
Bildgruppe 8m	HE1-8m	28	0.026	2690115.611	1209718.790	452.890	0.039	0.039
Bildgruppe 10m	HE1-10m	37	0.054	2690115.639	1209718.791	452.885	0.020	0.030
Bildgruppe 16m	HE1-16m	12	0.035	2690115.640	1209718.798	452.820	0.028	0.030
Differenzen				dY	dX	dH	2D-fs	3D-fs
HE1-Ref - HE1-2m				0.011	0.019	0.027	0.022	0.023
HE1-Ref - HE1-5m				-0.018	-0.024	0.013	0.030	0.037
HE1-Ref - HE1-8m				0.006	0.034	0.020	0.035	0.038
HE1-Ref - HE1-10m				-0.022	0.034	0.015	0.040	0.045
HE1-Ref - HE1-16m				-0.023	0.027	0.085	0.036	0.073

Tab. 1: Comparaison mesure des pixels/points d'images HE1-Ref.

Tab. 1: Vergleich Bildpunktmessung HE1-Ref.

Tab. 1: Confronto della misurazione dei pixel HE1-Ref.

tivate. Après analyse, les images capturées sont utilisées pour déterminer les points.

Technologie Pointmatching

Pour mesurer des points à partir d'images, le Leica GS18 s'appuie sur la photogrammétrie, une technologie consistant à effectuer des mesures à partir de photographies. La position d'un point objet peut ainsi être déterminée à partir d'images ayant déjà été capturées. En l'occurrence, la position est définie au moyen des intersections des faisceaux d'images. L'illustration (fig. 2) illustre l'intersection photogrammétrique.

Le point objet à mesurer peut se situer à n'importe quel endroit le long du faisceau d'images. Cependant, pour calculer avec précision sa position, il faut au moins deux faisceaux d'images séparés dans l'espace qui se croisent en un point. Ces faisceaux doivent être définis par deux images différentes. Chaque faisceau d'images supplémentaire accroît la précision.

Champs d'utilisation

L'ingénieur-produit a précisé dans la notice les situations dans lesquelles cette technologie de positionnement par

l'image peut s'appliquer. Le positionnement par l'image s'avère utile pour les besoins suivants:

- Cartographier des centaines de points;
- Effectuer des levés dans des endroits dangereux;
- Capturer des points impossibles à mesurer du fait d'une obstruction du signal;
- Effectuer des mesures supplémentaires en évitant les revisites;
- Générer un nuage de points de l'objet saisi.

Mesures de test

Les opérations suivantes ont été contrôlées: mesure des pixels, mesure de la distance relative et la précision d'un nuage de points généré à partir d'une des prises de vue de groupe. Les mesures de contrôle ont été effectuées à l'aide du Leica Nova MS60, tandis que les opérations de mesure ont été évaluées dans leur intégralité à l'aide du logiciel Leica Infinity.

Contrôle de la mesure des pixels

Pour évaluer la précision, la fiabilité de la mesure des pixels du Leica GS18 I et la prise de vue de groupe d'images, une arête d'un édifice a été saisie à différentes distances.

Contrôle de la distance relative

Ce contrôle s'est effectué de la même manière que le contrôle précédent. Au lieu d'un point d'angle, deux cibles ont été fixées à l'objet. Elles ont également été saisies à différentes distances. Les deux cibles ont été préalablement pointées à chaque distance et pour chaque cible la distance relative a été calculée.

Contrôle du nuage de points

Ici, il a été décidé de saisir une façade de l'objet-test à l'aide de plusieurs groupes d'images. Les groupes d'images ont été saisis à l'intérieur de la distance idéale. Il fallait veiller à ce que l'intégralité de la façade-test soit visible à la fin de l'opération.

Comparaison mesure des pixels

Pour comparer la mesure des points-images, tous les points préalablement définis à l'aide de captures de groupes d'images sont comparés avec les points saisis au tachéomètre. Les coordonnées de points, leur qualité, le nombre d'images du groupe d'images utilisé ainsi que la différence respective par rapport au point de référence figurent dans le tableau 1. Pour la comparaison de la mesure des pixels sur des distances de 2 à 16 mètres, des écarts plus importants apparaissent

Vergleichstabelle relative Distanz				
Beschreibung	Nr.	Anzahl Bilder	Qualität [m]	Distanz [m]
Referenzdistanz	ZM1Ref-ZM2Ref			2.389
Bildgruppe 2m	ZM1-ZM2	20	0.033	2.367
Bildgruppe 5m	ZM1.1-ZM2.1	16	0.037	2.393
Bildgruppe 10m	ZM1.2-ZM2.2	31	0.021	2.410
Bildgruppe 12m	ZM1.3-ZM2.3	19	0.040	2.399
Bildgruppe 16m	ZM1.4-ZM2.4	30	0.025	2.366
Distanz				Differenzen zu Referenzdistanz [m]
ZM1-ZM2 zu Referenzdistanz				0.022
ZM1.1-ZM2.1 zu Referenzdistanz				-0.004
ZM1.2-ZM2.2 zu Referenzdistanz				-0.021
ZM1.3-ZM2.3 zu Referenzdistanz				-0.010
ZM1.3-ZM2.3 zu Referenzdistanz				0.023

Tab. 2: Tableau de comparaison de la distance relative.

Tab. 2: Vergleichstabelle relative Distanz.

Tab. 2: Tabella di confronto della distanza relativa.

à mesure que la distance s'accroît. Les résultats des mesures effectuées dans la plage de données affichée présentent toutes des écarts de moins de 5 cm en 2D et en 3D.

Comparaison distance relative

Lors de cette comparaison, les deux cibles ont également été définies à partir de tous les groupes d'images saisis. À partir de ces points, la distance a ensuite été calculée puis comparée à la distance de référence issue de la saisie du MS60. Ses chiffres figurent dans le tableau 2.

Contrairement à la mesure des pixels, les écarts des distances relatives sont faibles, même au-dessus des zones idéales prédéfinies de la prise de vue. Toutefois, les résultats des mesures effectuées à partir d'une distance de dix mètres doivent être analysés avec prudence. Comme l'appareil photo du GS18, I possède une mise au point fixe, les images saisies sont très floues. Déterminer les repères cibles était donc assez difficile.

Comparaison nuage de points

Pour comparer les deux nuages de points, le nuage de points calculé à partir des groupes d'images du GS18 I a été nettoyé. Après le nettoyage et la réduction à la façade-test, un modèle différentiel a été calculé. Pour ce faire, le nuage de points saisi avec le MS60 a servi de réfé-

rence. Les tolérances maximale et minimale ont été fixées respectivement à 5 cm.

Les résultats de la comparaison affichent un écart standard des points de 5.5 cm. Au total, 45.3% des 418 000 points levés se situent à l'intérieur de la zone de tolérance. Le modèle montre clairement que les écarts les plus significatifs apparaissent en cas de renforcements dans la façade.

Analyse des résultats

Les mesures directes avec la canne GNSS associées aux prises de vue à partir d'images rendent le GS18 I utilisable dans de nombreux domaines de la mensuration. Les résultats des mesures comparatives montrent toutefois que – comme on s'y attendait – le GS18 I ne peut rivaliser avec les précisions obtenues avec le MS60.

La précision des résultats est toutefois suffisamment fiable. On peut donc les utiliser dans le domaine de la mensuration officielle. Selon la mensuration officielle (NT 2), la précision planimétrique d'un point de couverture du sol défini avec exactitude s'élève à 10 cm (1 sigma). L'applicabilité est donc possible.

Les précisions obtenues des distances relatives permettent également de conclure que le système de mesure est

fiable, en gardant à l'esprit que la précision de 2 à 4 cm fournie par le Leica n'est donnée que dans des conditions idéales. Sur le GS18 I, le calcul des nuages de points à l'aide de levés effectués à partir d'images n'est possible qu'avec le logiciel Infinity. Pour les deux méthodes de capture, la comparaison des nuages de points montre les limites de cet appareil.

Conclusion

Les résultats de notre étude montrent clairement que la saisie à partir d'images du Leica GS18 I permet d'élargir considérablement les champs d'utilisation d'un mobile GNSS. Les valeurs de précision atteintes (environ 5 cm) confirment que son utilisation est pertinente dans différents domaines.

Autre constat important tiré de cette étude: la luminosité, les caractéristiques et la distance de l'objet ont un impact sur le processus. Plus la définition des caractéristiques d'une prise de vue est fine, plus il est facile pour l'algorithme d'assembler et de calculer le groupe d'images. Ce principe vaut surtout pour les prises de vue à courte distance, car la capture est interrompue lorsque la façade manque de structure et présente peu de points caractéristiques. Quand les caractéristiques de l'objet sont nombreuses, les prises de vue à courte distance s'avèrent aisées.

De ce fait, les conditions idéales de mesure sont la lumière du jour sans rayonnement solaire direct. Dès que l'appareil photo est exposé directement au rayonnement, le système montre ses limites. La mise au point de l'appareil photo ne peut se faire à distance et elle ne s'adapte pas aux conditions d'éclairage.

Le GS18I est donc un bon complément aux systèmes de mesure existants, car ses possibilités d'utilisation sont variées.

Davide Zaccone
Technicien en géomatique BF
Acherhofstrasse 7a
CH-6430 Schwyz
d.zaccone@geoinfra.ch

Leica GS18 I: un GNSS con tecnologia di posizionamento visivo

Nell'ambito del mio progetto di lavoro per il conseguimento del diploma di tecnico in geomatica mi sono occupato in modo approfondito del dispositivo Leica GS18 I. Oltre due anni fa, Hexagon AB ha presentato il nuovo rover Leica GS18 I-GNSS-RTK. La combinazione di sensori GNSS e IMU, abbinati a una fotocamera, è confluita in una tecnologia di posizionamento visivo, il cui obiettivo sta nell'estendere ulteriormente il campo d'applicazione del GNSS per misurare i punti che in passato non erano facilmente accessibili con un ricevitore GNSS e non potevano essere rilevati con precisione. L'obiettivo del mio lavoro di diploma consisteva nell'individuare in quali settori della geomatica si potesse impiegare quest'innovazione della Leica Geosystems AG, nell'intento di semplificare le operazioni quotidiane.

D. Zaccone

Funzionalità del sistema di misura

La funzione più importante del GS18 I risiede nella tecnologia di posizionamento visivo che permette di registrare gruppi di immagini e di misurarne i punti, grazie all'integrazione di GNSS, IMU e di una fotocamera. Tuttavia, non bisogna dimenticare che per ottenere una funzionalità ottimale, sono indispensabili gli algoritmi giusti. Va pure aggiunto che questa interazione di sensori in un rover GNSS costituisce una novità mondiale. Il GS18 I acquisisce immagini a una velocità di 2 Hz e con questa frequenza di fotogrammi, garantisce una sovrapposizione e una geometria ottimali delle immagini. Una volta ultimato il rilievo, le immagini sono elaborate dall'algoritmo nel software Captivate. Questa fase avviene in automatico e dopo quest'elaborazione, le immagini acquisite possono essere utilizzate per la determinazione dei punti.

Tecnologia Pointmatching

La capacità di misurare dalle immagini con il Leica GS18 I è improntata sulla fotogrammetria, una tecnologia che descrive

la scienza della misurazione delle immagini. La posizione di un punto dell'oggetto può essere determinata da immagini scattate in precedenza. In questo caso, la posizione è definita dai punti di intersezione dei fasci di immagini. La figura 2 illustra la sezione di avanzamento fotogrammetrico.

Il punto dell'oggetto da misurare può essere situato in qualsiasi punto lungo il raggio dell'immagine. Tuttavia, per calcolare la posizione esatta del punto dell'oggetto sono necessari almeno due raggi dell'immagine, spazialmente separati, che si intersecano in un punto. Questi raggi devono essere definiti da due immagini diverse. La precisione della posizione aumenta con ogni raggio dell'immagine aggiuntivo.

Campi di applicazione

Le possibilità di utilizzo della tecnologia di posizionamento visivo sono state illustrate in un documento fornito dall'ingegnere di prodotto. Sono stati individuati i seguenti campi d'applicazione particolarmente indicati per il posizionamento visivo:

- mappatura di centinaia di punti
- misure in aree pericolose
- misure di punti che non rilevabili a causa di ostruzioni del segnale

- misure aggiuntive senza dover tornare sul posto
- generazione di una nuvola di punti dell'oggetto rilevato

Verifica delle misure di prova

In un primo tempo si è provveduto a verificare la misura del punto dell'immagine, la misura della distanza relativa e la precisione di una nuvola di punti generata dagli scatti del gruppo di immagini. La valutazione dell'intera misura di prova è stata eseguita con il software Leica Infinity e le misure di controllo sono state fatte con il Leica Nova MS60.

Verifica della misura dei pixel

Per verificare l'accuratezza e l'affidabilità della misura dei pixel del Leica GS18 I e del rilevamento dei gruppi di immagini è stato misurato l'angolo di un edificio partendo da distanze diverse.

Verifica della distanza relativa

Per il controllo della misura della distanza relativa si è seguito lo stesso procedimento già applicato per la misura dei pixel. Invece di un punto d'angolo, sono stati fissati all'oggetto due mire che sono state misurate da distanze diverse e da ognuna di esse si determina la distanza relativa.

Verifica della nuvola di punti

Per consentire una verifica della nuvola di punti si è deciso di fare il rilievo di una facciata dell'oggetto di prova con diversi gruppi di immagini che rilevati dalla distanza ideale. In questo processo era fondamentale che alla fine del rilievo fosse visibile tutta la facciata di prova.

Confronto della misura dei pixel di confronto

Per il confronto della misura dei pixel si prendono tutti i punti definiti mediante il rilievo del gruppo di immagini e li si confrontano con i punti determinati col tacheometro. Le coordinate dei punti, la qualità, il numero di immagini del gruppo di immagini utilizzate e la rispettiva differenza di coordinate rispetto al punto di rife-

rimento sono riportate nella tabella 1. Confrontando le misurazioni dei pixel su distanze comprese tra 2 e 16 metri, appare evidente con l'aumentare della distanza appaiono più deviazioni. I risultati delle misurazioni effettuate nell'intervallo ideale designato mostrano tutte deviazioni, nell'intervallo 2D e 3D, inferiori a 5 cm.

Confronto della distanza relativa

Durante questo confronto, le due mire sono state anch'esse definite partendo da tutti i gruppi di immagini rilevati. La distanza è stata determinata dai punti risultanti. Questa è poi confrontata con la distanza di riferimento dell'immagine con il MS60 e riportata nella tabella 2. A differenza della misura dei pixel, le deviazioni delle distanze relative sono minime anche al di sopra degli intervalli ideali del rilievo. Tuttavia, i risultati delle misurazioni al di sopra dei 10 metri devono essere presi con cautela poiché la fotocamera del GS18 I ha una messa a fuoco fissa, le immagini scattate sono molto sfocate ed è difficile indicare le mire.

Confronto tra nuvole di punti

Per confrontare le due nuvole di punti, si è deciso di aggiustare la nuvola di punti calcolata dai gruppi di immagini del GS18 I. Dopo l'aggiustamento e la riduzione alla facciata di prova, si è provveduto a calcolare un modello differenziato. A questo scopo, la nuvola di punti acquisita con il MS60 è servita come riferimento. Le tolleranze superiori e inferiori sono state impostate a 5 cm ciascuna. I risultati del confronto mostrano una deviazione standard dei punti di 5,5 cm. In totale, il 45,3% dei 418 000 punti misurati rientra nella tolleranza. Il modello differenziato mostra che le deviazioni principali si verificano in presenza delle rientranze della facciata.

Valutazione dei risultati

Combinando la misura diretta con l'asta GNSS e i rilievi basati su immagini, il GS18 I consente di rilevare tanti campi nel settore delle misurazioni. Tuttavia, dai risultati delle misurazioni comparative è emerso

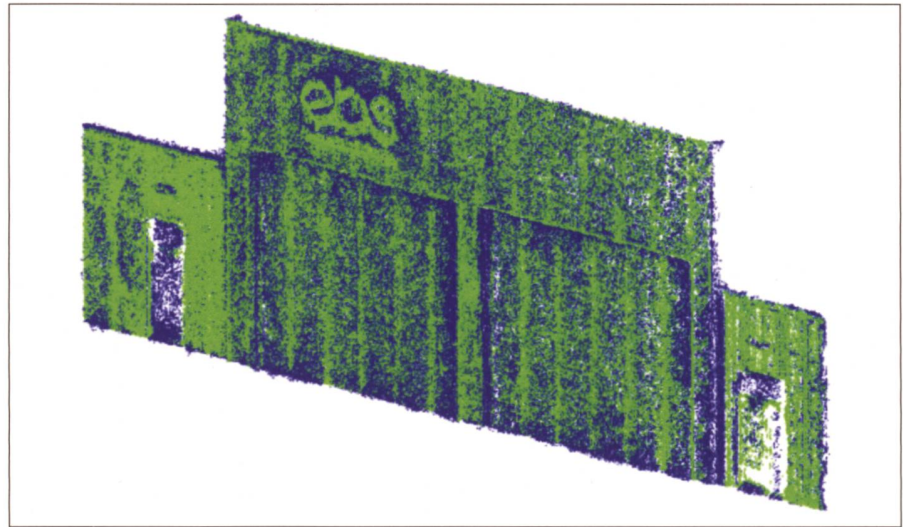


Fig. 4: Modello differenziato delle nuvole di punti.

Abb. 4: Differenzmodell der Punktwolken.

Fig. 4: Modèle différentiel des nuages de points.

che il GS18 I non è in grado – come anticipato – di tenere il passo con le precisioni ottenute con il MS60. Ciononostante, i risultati delle misure forniscono un'accuratezza affidabile, tanto da poter essere utilizzati anche nella Misurazione ufficiale. Per esempio, il dispositivo può essere usato per il livello di tolleranza 2 della Misurazione ufficiale, dove un punto esattamente definito della copertura del suolo ha un'accuratezza di 10 cm (1 sigma). Le precisioni raggiunte nelle misure della distanza relativa indicano inoltre che il sistema di misura fornisce risultati affidabili. Va notato che la precisione di 2–4 cm indicata dalla Leica è raggiungibile unicamente in circostanze ideali.

Il calcolo delle nuvole di punti in base ai rilievi delle immagini del GS18 I è possibile solo con il software Infinity. Il confronto delle nuvole di punti dei due strumenti di rilevamento mostra chiaramente le limitazioni del GS18 I.

Conclusione

I risultati di questo lavoro di diploma hanno dimostrato che il rilievo basato sulle immagini del Leica GS18 I amplifica notevolmente le possibilità di applicazione di un sistema GNSS. Le precisioni ottenute di circa 5 cm mostrano quali sono i livelli di precisione ottenibili con questo sistema.

Un altro riscontro importante riguarda l'influsso della luce, delle caratteristiche e della distanza dell'oggetto. Più caratteristiche si riesce a definire in un'immagine, più è facile sarà successivamente per l'algoritmo assemblare e calcolare il gruppo di immagini. Questo dato di fatto è stato evidenziato, in particolare, nelle riprese ravvicinate perché la ripresa si interrompe se la facciata è poco strutturata e ha pochi punti caratteristici. Se invece l'oggetto ha molte caratteristiche, le riprese ravvicinate non rappresentano un problema.

La condizione ottimale per la misurazione è con la luce del giorno, senza l'irraggiamento diretto del sole. Non appena la telecamera viene irradiata direttamente, diventa subito evidente la debolezza del sistema. La fotocamera non può essere messa a fuoco e regolata in base alla distanza o alle condizioni di illuminazione. Il GS18 I si rivela un'ottima integrazione ai sistemi di misurazione esistenti e può essere utilizzato in diversi settori.

Davide Zaccone
Tecnico di geomatica FA
Acherhofstrasse 7a
CH-6430 Svitto
d.zaccone@geoinfra.ch