



Adquisición de datos 3D – 1

Lectura

Autor(es)/Organización(es):

Vlado Cetl (UNIN)

Sanja Šamanović (UNIN)

Danko Markovinović (UNIN)

Licencia



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Versión

Version 2.0

Fecha: 2025-05-02

Resultados de aprendizaje

Al final de esta clase, se espera que el alumno sea capaz de

Explicar las tecnologías de adquisición de datos geoespaciales en 3D

- Describir las formas de utilizar los datos adquiridos con diferentes sensores (UAV, ALS, TLS, Taqueometría)

Competencias esperadas al ingresar a la clase magistral

No se requieren requisitos previos específicos.



Cofinanciado por
la Unión Europea



BIRGIT – training on Building InfoRmation
models integrated with Geographical
InformaTion

Con el apoyo del Programa Erasmus+ de la Unión Europea Asociaciones Estratégicas N° 2021-1-SE01-KA220-VET-000028000

Financiado por la Unión Europea. Las opiniones y puntos de vista expresados solo comprometen a su(s) autor(es) y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea o los de la Agencia Ejecutiva Europea de Educación y Cultura (EACEA). Ni la Unión Europea ni la EACEA pueden ser considerados responsables de ellos.

Resumen

La conferencia explica las tecnologías de topografía de adquisición de datos geoespaciales en 3D: taquimetría y fotogrametría.

Carga de trabajo esperada

24 diapositivas con contenido de aprendizaje del curso, 2 horas



Cofinanciado por
la Unión Europea



Contents

Introducción	4
Tacherometría	4
Fotogrametría	7
Referencias	16



Introducción

Existen diferentes métodos de topografía para los métodos de topografía de adquisición de datos 3D. Los más utilizados son: Tacheometría, Fotogrametría y Escáneres Láser 3D.

Adquisición de datos 3D - 1 Las notas de clase cubren la taqueometría y la fotogrametría.

Tacherometría

La topografía taqueométrica es uno de los métodos de topografía angular en la que se utiliza un taqueómetro electrónico o una estación total (Figura 1) para determinar la distancia horizontal y vertical entre dos puntos.



Figura 1. Taquímetro (Estación Total)

La taqueometría es el proceso de medir el ángulo horizontal, el ángulo vertical y la distancia de pendiente para calcular las coordenadas polares tridimensionales de un objeto que describe la posición del punto a través del ángulo y las distancias (Figura 2).

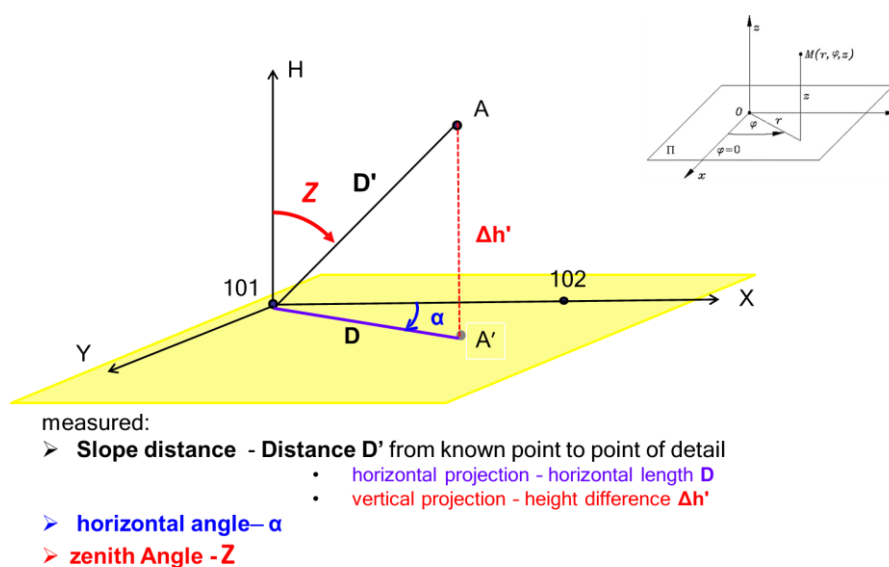


Figura 2. Tacherometría

Los levantamientos taqueométricos generalmente se realizan para medir la ubicación 3D de puntos en el paisaje y los edificios (Figura 3) para producir planos de contorno y detalles para trabajos posteriores, o para producir coordenadas para cálculos de área y volumen.

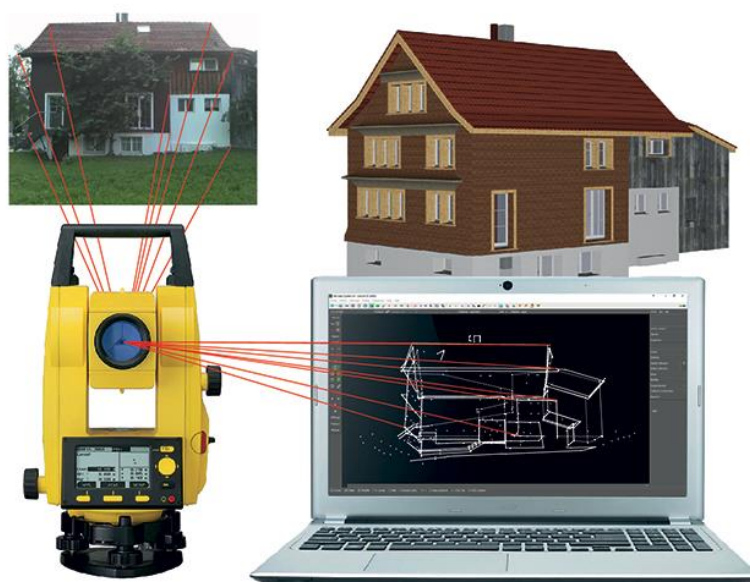


Figura 3. Aplicación de levantamiento taqueométrico

La taquimetría en BIM se utiliza para el replanteo de edificios antes de los trabajos de construcción y también para el levantamiento As-built (Figura 4).

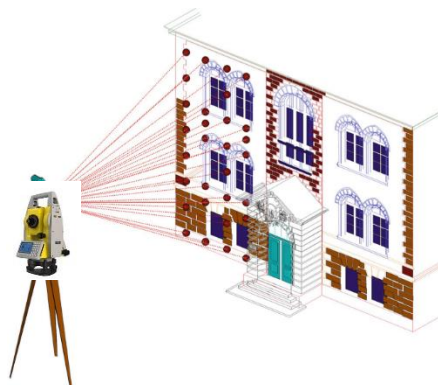


Figura 4. Replanteo con taquímetro y levantamiento As-built

Fotogrametría

La fotogrametría es ampliamente reconocida como un campo destacado dentro de las Ciencias de la Computación Aplicada. Colabora activamente con disciplinas adyacentes, como se representa visualmente en la Figura 5

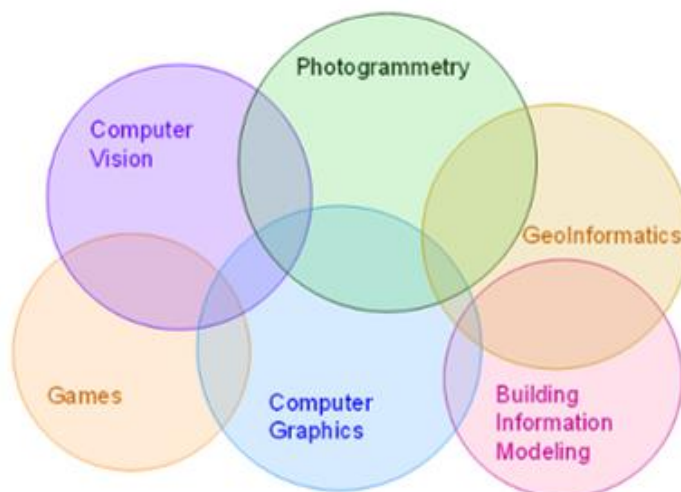


Figura 5. Fotogrametría y otras disciplinas

La fotogrametría se clasifica en dos tipos: fotogrametría aérea y fotogrametría terrestre. La fotogrametría aérea y terrestre se utiliza para cuestiones relacionadas con la cartografía y la medición. La aérea es de largo alcance y la terrestre es la fotogrametría de corto alcance.

El primer paso es tomar una foto del objeto o terreno con diferentes ángulos y posiciones. Estas imágenes deben tener una superposición para garantizar que el mismo objeto o entidad aparezca en varias imágenes. Después de eso, se identifican puntos o rasgos característicos en las imágenes. Estos puntos se utilizan para alinear las imágenes para crear la geometría 3D y calcular las coordenadas 3D de los puntos característicos utilizando pares de imágenes en los que aparecen estos puntos. Una vez calculadas las coordenadas 3D, se crean nubes de puntos que representan la distribución espacial 3D de los puntos en la superficie del objeto o terreno. Las nubes de puntos se pueden utilizar para crear un modelo 3D de la superficie del objeto. Utilizamos las imágenes originales para añadir colores y detalles al modelo 3D (texturizado), haciéndolo más atractivo y realista visualmente. En última instancia, el modelo 3D se puede visualizar en una computadora o en un entorno virtual. También puede analizarse, medirse y utilizarse para diversos fines, como el diseño, la preservación del patrimonio cultural, los juegos y la investigación científica.

Fotogrametría aérea:

Implica capturar fotografías desde una posición elevada



- Uso de aviones o drones
- Se utiliza para aplicaciones de cartografía, topografía y supervisión a gran escala
- Agrimensura, planificación urbana, vigilancia ambiental y agricultura
- Una forma rentable y eficiente de capturar datos 3D a gran escala en áreas extensas

Durante la fotogrametría aérea, el sensor montado en la aeronave recopila muchas fotografías de alta resolución de un área desde el aire. Estas fotos se superponen en un cierto porcentaje y, cuando se superponen, se debe tener cuidado de asegurarse de que un cierto detalle del área de interés sea visible en varias tomas. El resultado de esta técnica de imagen es una reconstrucción en 3D del área/objeto objetivo. Dicho modelo contiene información sobre la altura, la textura, la forma y el color del terreno de cada punto registrado. A partir de la superposición entre las imágenes, es posible obtener una ortofoto, una imagen aérea bidimensional, y un DMR, una representación 3D del área. Al combinar ortofoto y DMR, se crea un modelo 3D del área requerida.

Fotogrametría de corto alcance/fotogrametría terrestre

- Se refiere a situaciones en las que la cámara está relativamente cerca del objeto capturado
- Se suele utilizar para objetos o escenas de tamaño pequeño o mediano
- Se utiliza en entornos controlados
- Adecuada para aplicaciones que requieren mediciones detalladas y modelos 3D precisos
- Arqueología, documentación del patrimonio cultural, diseño de productos, medicina forense, ingeniería inversa, realidad virtual

La fotogrametría terrestre desempeña un papel importante en la conservación de los objetos del patrimonio cultural. La ventaja de este tipo de fotogrametría es la posibilidad de realizar mediciones en el interior de los propios objetos (por ejemplo, habitaciones de edificios). A diferencia de la fotogrametría aérea, en la que los productos finales se elaboran a partir de fotografías aéreas obtenidas, en la fotogrametría terrestre las imágenes fotográficas se recogen con una cámara de medición al nivel de la superficie terrestre (Figura 6). La fotogrametría terrestre también encuentra su aplicación en la

medición, es decir, en la determinación de **los desplazamientos dinámicos de los objetos**.

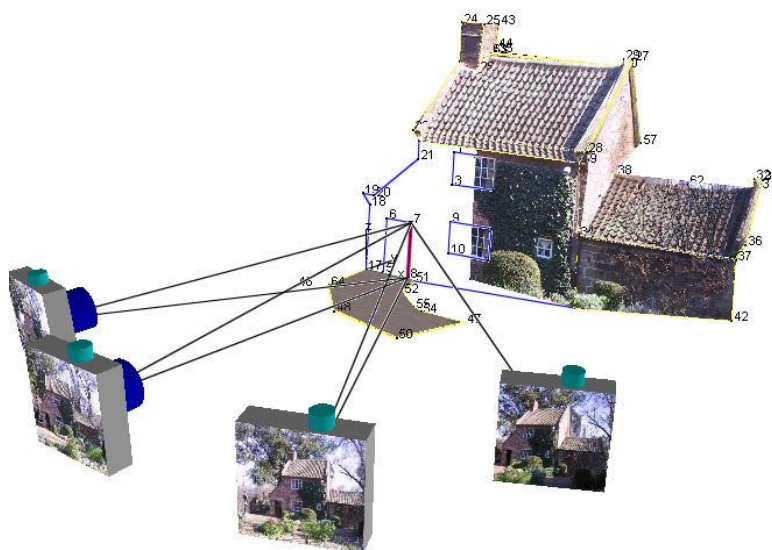


Figura 6. Fotogrametría terrestre

La fotogrametría de corto alcance es una técnica utilizada para crear modelos 3D precisos o mediciones de objetos y escenas utilizando fotografías tomadas desde una distancia relativamente corta. Tiene una amplia gama de aplicaciones en diversos campos, como la arquitectura y la construcción, la preservación del patrimonio cultural, la arqueología, la investigación forense, el diseño industrial y la fabricación, la realidad virtual y los juegos, la medicina y la sanidad, el cine y la animación.

Figura 7 muestra la comparación de la topografía aérea con una aeronave tripulada o utilizando UAV en **fotogrametría aérea**.

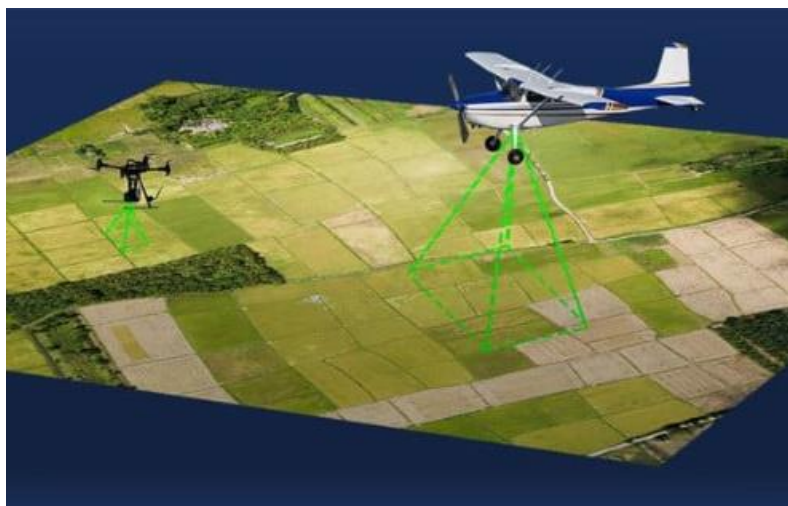


Figura 7. Topografía aérea con aeronaves tripuladas o utilizando UAV

La decisión de emplear aeronaves tripuladas, vehículos aéreos no tripulados (UAV) o una combinación de ambos depende de varios factores. Los avances significativos en los vehículos aéreos no tripulados (UAV) han ampliado en gran medida las opciones de topografía, fotografía, medición y mapeo en diferentes terrenos en comparación con las aeronaves tradicionales. Esta innovación también ha llevado a una mayor eficiencia y ahorro de costos para organizaciones de todos los tamaños. La elección entre los dos es una consideración clave en los proyectos de topografía, ya que las organizaciones sopesan si reemplazar las aeronaves tripuladas por vehículos aéreos no tripulados.

En algunos casos, una plataforma puede ser la opción superior o la única opción viable, pero la mayoría de las veces, ambos tipos de plataformas aéreas se complementan entre sí. Las aeronaves tripuladas se destacan por cubrir rápidamente áreas extensas y transportar sensores pesados debido a su mayor resistencia. Por otro lado, los vehículos aéreos no tripulados son mejores en áreas donde las aeronaves tripuladas no pueden operar de manera segura, como cerca de edificios o torres de telefonía celular. Los vehículos aéreos no tripulados son la primera opción para lugares donde las aeronaves tripuladas no pueden volar en absoluto, incluidas las calles estrechas, debajo de los puentes o dentro de estadios cerrados. También son la mejor solución para realizar estudios repetitivos de áreas más pequeñas, como monitorear el progreso del sitio de construcción.

La selección entre aeronaves tripuladas y vehículos aéreos no tripulados depende de los requisitos específicos del proyecto y, a menudo, una combinación estratégica de ambas plataformas resulta ser el enfoque más efectivo.

Un levantamiento aéreo estándar basado en imágenes implica los pasos esenciales de la planificación del vuelo y, si es necesario, la medición de los puntos de control en tierra (GCP) para una georreferenciación precisa. Después de la adquisición de datos, las

imágenes pueden servir para múltiples propósitos, incluida la unión de imágenes y el mosaico, o se pueden utilizar como entradas para el proceso fotogramétrico. En este último caso, las etapas iniciales implican la calibración de la cámara y la triangulación de imágenes para facilitar la generación de un Modelo Digital de Superficie (DSM) o un Modelo Digital del Terreno (DTM). Estos productos resultantes se pueden emplear para diversas aplicaciones, como la producción de ortoimágenes, la realización de tareas de modelado 3D o la extracción de información adicional. El flujo de trabajo general se muestra en la figura, con los parámetros de entrada resaltados en verde y los pasos individuales del flujo de trabajo detallados en amarillo (Figura 8).

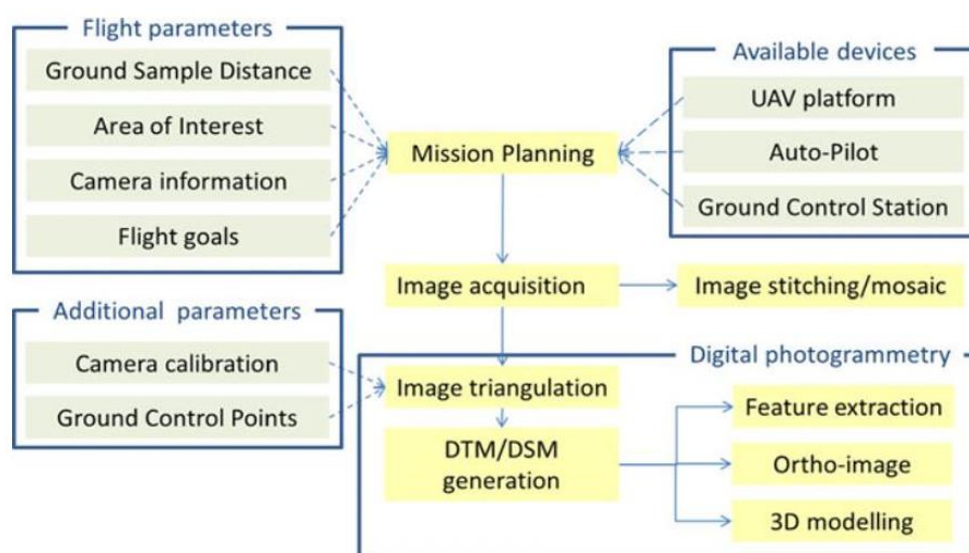


Figura 8. Flujo de trabajo de fotogrametría aérea

Después de la adquisición de datos, las imágenes pueden servir para múltiples propósitos, incluida la unión de imágenes y el mosaico, o se pueden utilizar como entradas para el proceso fotogramétrico. En este último caso, las etapas iniciales implican la calibración de la cámara y la triangulación de imágenes para facilitar la generación de un Modelo Digital de Superficie (DSM) o un Modelo Digital del Terreno (DTM). Estos productos resultantes se pueden emplear para diversas aplicaciones, como la producción de ortoimágenes, la realización de tareas de modelado 3D o la extracción de información adicional. El flujo de trabajo general se muestra en la figura, con los parámetros de entrada resaltados en verde y los pasos individuales del flujo de trabajo detallados en amarillo

Normalmente, la misión, que abarca tanto la planificación del vuelo (Figura 9) como la adquisición de datos, se prepara meticulosamente dentro de un entorno de software dedicado. Este proceso se inicia con una comprensión profunda del área de interés (AOI), la distancia de muestra del suelo (GSD) deseada o la huella, así como las especificaciones intrínsecas de la cámara digital integrada. La elección de la escala de

la imagen y la distancia focal de la cámara suele permanecer fija para determinar la altitud de vuelo óptima de la misión. Los centros de perspectiva de la cámara se calculan con precisión estableciendo porcentajes de superposición longitudinales y transversales, como la configuración comúnmente utilizada del 80%-60%. Vale la pena señalar que estos parámetros pueden variar significativamente dependiendo de los objetivos específicos del vuelo. En el caso de las misiones destinadas a generar modelos 3D complejos, se favorecen los solapamientos más altos y los vuelos a menor altitud para obtener GSD más finos. Por el contrario, los vuelos acelerados diseñados para estudios y gestión de emergencias requieren una cobertura más amplia en cuestión de minutos, aunque con una resolución más baja.

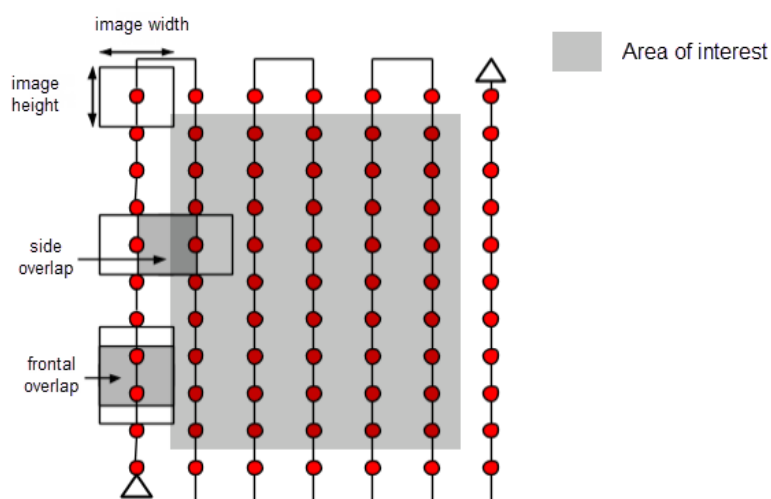


Figura 9. Plan de vuelo

El proyecto contiene un plan de vuelo y un plano de trazado para los puntos de orientación. El proyecto define las diferencias planificadas debidas a las diferencias de altura del terreno y a un solapamiento transversal que debe garantizar una conexión estereoscópica entre los conjuntos adyacentes.

La construcción de una ortofoto o mosaico requiere que las imágenes tengan un cierto solapamiento. La superposición de imágenes no es más que cuando las fotografías en diferentes posiciones geográficas tienen un punto en común. Por lo tanto, a través de los conceptos de geometría fotográfica, es posible realizar cálculos para generar el mosaico con mayor precisión. Entre los tipos de superposición, tenemos la superposición lateral y la superposición longitudinal, como se muestra en la Figura 10.

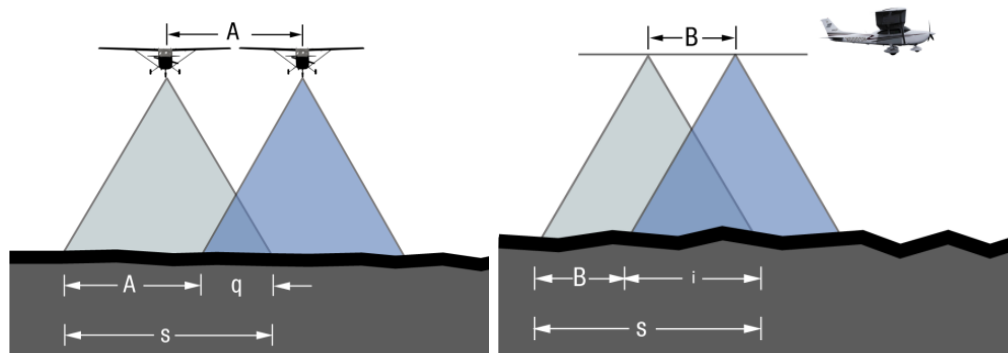


Figura 10. Superposición de imágenes

La aerotriangulación es un proceso de trabajo que se realiza con hardware y software fotogramétrico, cuyo objetivo es obtener coordenadas igualadas de los puntos de consigna básicos y puntos de conexión y elementos de orientación externa para cada toma individual, a partir de los cuales se pueden formar estereopares para la medición fotogramétrica o se puede crear una ortofoto digital.

Sensores

Los dispositivos utilizados para capturar imágenes o datos de la escena que se observa desempeñan un papel crucial en la fotogrametría y la teledetección. Estos dispositivos suelen montarse en diversas plataformas, como satélites, aviones, drones (UAV) o vehículos terrestres, para capturar imágenes o datos para su posterior análisis y modelado.

Un avance significativo en la teledetección y la fotogrametría modernas es la capacidad de utilizar múltiples sensores en una sola plataforma. Este enfoque permite la recopilación simultánea de diversos tipos de datos, lo que mejora la riqueza de la información recopilada. Por ejemplo, una sola plataforma aérea o satelital puede llevar sensores para capturar imágenes visibles, datos infrarrojos, datos LiDAR (Light Detection and Ranging) y más. Este enfoque multisensor permite un análisis y modelado exhaustivos del área observada, ya que proporciona datos de diferentes partes del espectro electromagnético y varias modalidades de sensores.

Los sensores a menudo se dividen en sensores activos y pasivos, cada uno de los cuales desempeña un papel clave en diferentes aplicaciones y disciplinas científicas.

Los sensores pasivos son dispositivos que registran la radiación electromagnética emitida o reflejada por cuerpos y objetos, sin utilizar sus propias fuentes de luz o señal. Este tipo de sensor desempeña un papel clave en la investigación científica, la tecnología y las aplicaciones cotidianas.



Los sensores activos emiten sus propias señales o luz hacia el objetivo y registran la retroalimentación. Son independientes de la fuente de luz natural y pueden proporcionar información más precisa en determinadas situaciones.

Ejemplos de sensores pasivos son:

- **GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite):** utiliza señales satelitales para determinar la ubicación geográfica y la hora precisa.
- **Sensores infrarrojos (IR):** detectan la radiación infrarroja emitida por el cuerpo y los objetos en función de su temperatura. Se utilizan en mediciones termodinámicas y meteorológicas y en visión nocturna.
- **Sensores de espectro visible:** detectan la luz en el espectro visible de la radiación electromagnética. Estos sensores son ampliamente utilizados en fotografía, videovigilancia y diversos dispositivos ópticos.
- **Sensores multiespectrales/hiperespectrales:** utilizan radiación pasiva que el cuerpo refleja o emite en un rango mucho más amplio del espectro electromagnético que la luz visible. Esto permite realizar análisis más detallados del material y del entorno. Applications include agriculture, mineral exploration and remote sensing.

Ejemplos de sensores activos son:

- **LiDAR (Light Detection and Ranging):** envía pulsos láser hacia la superficie y mide el tiempo que tarda en regresar la señal de luz reflejada. LiDAR se utiliza para crear modelos digitales de terreno de alta precisión y para el escaneo 3D.
- **SAR (Radar de Apertura Sintética):** utiliza la radiación de microondas para obtener imágenes de la superficie de la Tierra. El SAR es útil en todas las condiciones meteorológicas y permite la observación de la superficie incluso a través de las nubes y de noche.

Modelos 3D (Productos)

Un modelo digital de elevación (DEM) es una representación digital de la superficie del terreno de la Tierra. Es un conjunto de datos 3D que describe la elevación o altura de la superficie de la Tierra en varios puntos de un área específica. Los DEM se utilizan en diversas aplicaciones, como la cartografía topográfica, la planificación del uso de la tierra, la hidrología y la modelización ambiental. Un modelo digital siempre representa algún tipo de superficie. Dependiendo de lo que se incluya en él de la superficie de la Tierra, distinguimos entre DTM y DSM. Podemos decir que la principal diferencia entre un Modelo Digital del Terreno (MDT) y un Modelo Digital de Superficie (DSM) radica en la información que representan y cómo se crean.

El Modelo Digital del Terreno (MDT) representa la superficie desnuda de la Tierra, excluyendo cualquier vegetación, edificios u otras características sobre el suelo. Incluye la topografía del terreno, como montañas, valles, colinas y las variaciones de elevación

del terreno. Los DTM se utilizan a menudo en aplicaciones como la topografía, la ingeniería civil, la hidrología y el análisis del terreno. Para crear un DTM, todas las entidades sobre el suelo, como los edificios y la vegetación, se eliminan digitalmente o se "aplanan" de los datos, dejando solo el terreno subyacente.

El modelo digital de superficie (DSM) representa la superficie de la Tierra tal como aparece con todas las características de la superficie, incluidas las estructuras naturales y artificiales como edificios, árboles y otros objetos. Incluye tanto la topografía del terreno como cualquier entidad sobre el suelo en la superficie. Los DSM son útiles para aplicaciones como la planificación urbana, el modelado 3D, el análisis de la vegetación y el modelado de inundaciones, ya que capturan toda la complejidad de la superficie. La creación de un DSM suele implicar la conservación de todos los puntos de datos de elevación, incluidos los que representan edificios, vegetación y otras entidades sobre el suelo.

Tanto los DTM como los DSM proporcionan información de elevación, pero los DTM se centran únicamente en la topografía del suelo, excluyendo las entidades sobre el suelo, mientras que los DSM capturan toda la superficie, incluido el terreno y todos los objetos que hay en él. La elección entre utilizar un DTM o un DSM depende de la aplicación específica y de si necesita analizar el terreno natural o considerar todas las características de la superficie.

Las ortofotos y las ortofotos verdaderas son tipos de imágenes aéreas o satelitales que se utilizan en aplicaciones cartográficas y geoespaciales. El mosaico de ortofotos es uno de los productos más populares de la fotogrametría moderna. Es un producto que muestra explícitamente el terreno del suelo y los edificios construidos.

La principal diferencia entre las ortofotos y las ortofotos verdaderas radica en el tratamiento de las características sobre el suelo. Las ortofotos corrigen las distorsiones geométricas, pero incluyen objetos sobre el suelo, mientras que las ortofotos verdaderas eliminan las características sobre el suelo, proporcionando una representación más precisa de la superficie desnuda de la Tierra.

La nube de puntos 3D es un conjunto de puntos de datos en un sistema de coordenadas 3D. Cada punto representa una única medida espacial en la superficie del objeto, coordenada de objetos. En conjunto, una nube de puntos representa toda la superficie externa de un objeto.

La nube de puntos 3D se compone de millones de puntos en las coordenadas X, Y y Z correctas con información de escala de grises o color asignada. Esta forma de captura de la realidad representa la condición precisa de un edificio o espacio y funciona mejor con software de modelado como Autodesk Revit. Las nubes de puntos se producen mediante fotogrametría o escáneres láser 3D, que miden las dimensiones físicas de las superficies visibles de los edificios y los objetos que los rodean.



A diferencia de los datos de la nube de puntos 3D, un modelo de información de construcción (BIM) proporciona una representación digital del edificio real. Esto se conoce como "gemelo digital". Los elementos del modelo 3D tienen tamaños y propiedades que se pueden programar y contar, y se puede adjuntar información de la base de datos para realizar un seguimiento de las especificaciones, el análisis de costes, la eficiencia energética, el mantenimiento y la reparación, y mucho más. Este modelo 3D se convierte en un recurso compartido de información sobre una instalación y constituye una base fiable para la toma de decisiones durante su ciclo de vida, desde la concepción del proyecto hasta su demolición.

Referencias

https://www.geoskola.hr/~gsurina/TAHIMETRIJA_2015_16.pdf

<https://bimlearningcenter.com/bim-101-total-station-measurement-methods/>

<https://www.cedengineering.com/userfiles/An%20Introduction%20to%20Survey%20Methods%20and%20Techniques%20R1.pdf>

<https://getbookblog.files.wordpress.com/2016/08/fundamentals-of-surveying-royengineersdaily-com.pdf>

<https://gisgeography.com/what-is-photogrammetry/>

<https://www.photogrammetry.com/>

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-8983-6_23

https://www.more-connect.eu/wp-content/uploads/2017/05/3rd_training_module_short.pdf

<https://gisgeography.com/dem-dsm-dtm-differences/>