



ANÁLISIS ESPACIAL

Herramientas de análisis

Textos e imágenes adquiridas de la información publicada por la Empresa ESRI

ESRI: www.esri.com

Los textos e imágenes han sido seleccionados y ordenados por el Agrimensor Edgardo Monteros, como material de información para los alumnos de la materia Sistemas de Información Geográfica II (70.42)

Vista general de la caja de herramientas de Spatial Analyst

- Conjunto de herramientas de Spatial Analyst

La extensión Spatial Analyst de ArcGIS proporciona un amplio conjunto de herramientas de análisis y modelado espaciales tanto para datos ráster (basados en celda) como de entidades (vectoriales).

Las capacidades de Spatial Analyst se separan en categorías o grupos de funcionalidades relacionadas. Si conoce las categorías podrá identificar qué herramienta en particular utilizar. La tabla al final de esta sección enumera todos los conjuntos de herramientas disponibles y cuenta con una descripción de las capacidades que ofrecen las herramientas de cada uno de los conjuntos.

Hay varias maneras de acceder a la funcionalidad de Spatial Analyst. Con el geoprocésamiento, las operaciones de la caja de herramientas de Spatial Analyst se pueden realizar mediante un cuadro de diálogo Herramienta, con Python (ya sea en una interfaz de línea de comandos interactiva o con un script) o con un modelo. Las operaciones tradicionales y los flujos de trabajo que utilizan Álgebra de mapas también se pueden realizar en el entorno de Python. También existe una Calculadora ráster disponible para introducir expresiones de Álgebra de mapas simples que generan un ráster de salida.

Conjunto de herramientas	Descripción
Condicional	<p>Las herramientas de Condicional permiten controlar los valores de salida según las condiciones establecidas en los valores de entrada. Las condiciones que se pueden aplicar son de dos tipos, consultas sobre los atributos o una condición basada en la posición de la declaración condicional en una lista.</p>
Densidad	<p>Con las herramientas de Densidad, puede calcular la densidad de las entidades de entrada dentro de una vecindad alrededor de cada celda de ráster de salida.</p>
Distancia	<p>Las herramientas de distancia permiten ejecutar el análisis de distancia de las siguientes formas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distancia euclidiana (en línea recta) • Distancia con coste ponderado • Distancia con coste ponderado que permite restricciones verticales y horizontales del movimiento • Rutas y corredores entre los orígenes con el menor coste de viaje
Extracción	<p>Las herramientas de Extracción permiten extraer un subconjunto de celdas de un ráster mediante los atributos de celda o su ubicación espacial. También puede obtener los valores de celda para ubicaciones específicas como un atributo de una clase de entidad de puntos o como una tabla.</p>
Generalización	<p>Las herramientas de análisis de generalización se utilizan para limpiar pequeños datos erróneos del ráster o para generalizar los datos y así deshacerse de los detalles innecesarios y obtener un análisis más general.</p>
Agua subterránea	<p>Las herramientas de Agua subterránea se pueden utilizar para realizar un modelado de advección-dispersión rudimentario de los componentes del flujo de agua subterránea. Los siguientes temas proporcionan información general sobre los aspectos teóricos de las herramientas y algunos ejemplos de su implementación.</p> <p>Las herramientas de Agua subterránea se pueden aplicar de forma individual o se pueden utilizar en secuencia para modelar y analizar el flujo de agua subterránea.</p>

Hidrología	<p>Las herramientas de Hidrología se utilizan para modelar el flujo de agua a través de una superficie.</p> <p>Las herramientas de Hidrología se pueden aplicar de forma individual o utilizar en secuencia para crear una red de corrientes o delinear cuencas hidrográficas.</p>
Interpolación	<p>Las herramientas de interpolación crean una superficie continua (o predicción) a partir de valores de punto muestreados.</p> <p>La representación de la superficie continua de un dataset ráster representa algunas medidas, como la altura, la concentración o la magnitud (por ej. elevación, acidez o nivel de ruido). Las herramientas de interpolación de superficie hacen predicciones a partir de mediciones de muestra para todas las ubicaciones en un dataset ráster de salida, ya sea que se haya tomado una medición en la ubicación o no.</p>
Local	<p>Las herramientas locales son aquellas donde el valor en cada ubicación de celda en el ráster de salida es una función de los valores de todas las entradas de esa ubicación.</p> <p>Con las herramientas locales puede combinar los rústeres de entrada, calcular sus estadísticas o evaluar un criterio para cada celda en el ráster de salida, según los valores de cada celda desde varios rústeres de entrada.</p>
Álgebra de mapas	<p>El Álgebra de mapas es una forma de realizar un análisis espacial mediante la creación de expresiones en un lenguaje algebraico. Con la herramienta Calculadora ráster puede crear y ejecutar fácilmente expresiones de Álgebra de mapas que producen como salida un dataset ráster.</p>
Matemática (general)	<p>Las herramientas de Matemática general aplican una función matemática a la entrada. Estas herramientas se dividen en varias categorías. Las herramientas aritméticas realizan operaciones matemáticas básicas, como adición y multiplicación. Existen herramientas que realizan varios tipos de operaciones de potenciación, incluidas las operaciones exponenciales y logarítmicas además de las operaciones de potencia básicas. Las herramientas restantes se utilizan para la conversión de signos o para la conversión entre tipos de datos enteros y de punto flotante.</p>

Matemática nivel de bits	a	Las herramientas de matemática bitwise calculan la representación binaria de los valores de entrada.
Matemática lógica		Las herramientas de Matemática lógica evalúan los valores de las entradas y determinan los valores de salida según la lógica booleana. Las herramientas se agrupan en cuatro categorías principales: Booleana, Combinatoria, Lógica y Relacional.
Matemática trigonométrica		Las herramientas de Matemática trigonométrica realizan varios cálculos trigonométricos en los valores en un ráster de entrada.
Multivariante		El análisis estadístico multivariado permite la exploración de relaciones entre varios tipos diferentes de atributos. Existen dos tipos de análisis multivariado: Clasificación (Supervisada y No supervisada) y Análisis de componentes principales (PCA).
Vecindad		Las herramientas de vecindad crean valores de salida para cada ubicación de celda según el valor de la ubicación y los valores identificados en una vecindad especificada. La vecindad puede ser de dos tipos: radio de movimiento o de búsqueda.
Superposición		La herramienta de análisis Superposición le permite aplicar ponderaciones a varias capas de entrada y combinarlas en una única salida y, según las especificaciones de distribución y forma, identificar ubicaciones preferidas dentro de ese resultado. Normalmente, estas herramientas se utilizan para los modelos de adecuación.
Creación de ráster		Las herramientas de Creación de ráster generan nuevos rásteres en donde los valores de salida están basados en una constante o una distribución estadística.
Reclasificar		Las herramientas de reclasificación proporcionan una variedad de métodos que permiten reclasificar o cambiar los valores de celda de entrada a valores alternativos.
Radiación solar		Las herramientas de análisis de radiación solar permiten representar cartográficamente y analizar los efectos del sol sobre un área geográfica durante períodos de tiempo específicos.

Segmentación y clasificación	Con las herramientas de Segmentación y clasificación puede preparar rásteres segmentados para utilizarlos a la hora de crear datasets ráster clasificados.
Superficie	Con las herramientas de Superficie, puede cuantificar y visualizar una forma de suelo de terreno representada por un modelo de elevación digital.
Zonal	Las herramientas Zonal permiten realizar un análisis donde la salida es el resultado de cálculos realizados en todas las celdas que pertenecen a cada zona de entrada. Una zona se puede definir como un área simple de un valor en particular, pero también puede estar compuesta por varios elementos o regiones desconectados, todos con el mismo valor. Las zonas se pueden definir mediante datasets de entidades o ráster. Los rásteres deben ser de tipo entero y las entidades deben tener un campo de atributo entero o de cadena de caracteres.

¿Qué es la extensión ArcGIS Spatial Analyst?

- [Aplicaciones de muestra](#)

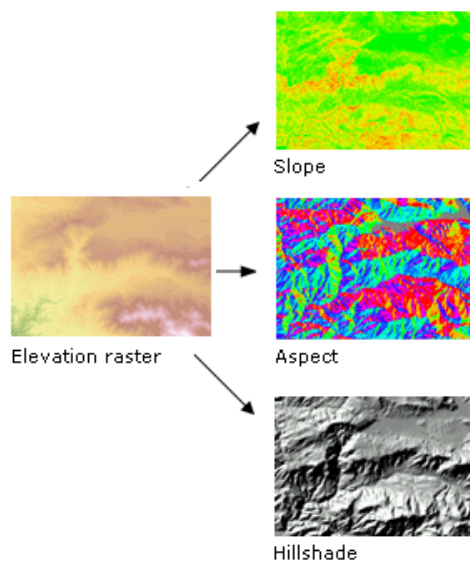
La extensión ArcGIS Spatial Analyst proporciona una amplia variedad de recursos eficaces para el análisis y el modelado espacial. Podrá crear, consultar, trazar mapas y analizar datos de rásteres basados en celdas; llevar a cabo un análisis integrado del ráster/vector; obtener información nueva de los datos existentes; consultar la información a través de varias capas de datos; así como integrar completamente los datos de rásteres basados en celdas con fuentes de datos vectoriales tradicionales.

Aplicaciones de muestra

Entre algunos ejemplos de las funciones que puede realizar en Spatial Analyst se incluyen:

- **Obtener información nueva de los datos existentes.**

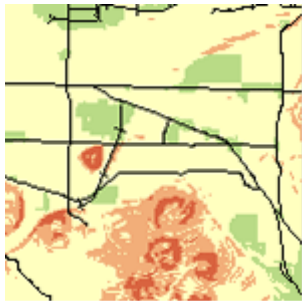
Entre algunos de los ejemplos de funciones que puede realizar se incluyen la obtención de la distancia a partir de puntos, polilíneas o polígonos; el cálculo de la densidad de población a partir de cantidades medidas en puntos concretos; la reclasificación de los datos existentes en clases de adecuación; o la creación de resultados de pendiente, orientación o sombreados a partir de los datos de elevación.



- **Hallar ubicaciones adecuadas.**

Halle las áreas más adecuadas para determinados objetivos (por ejemplo: el emplazamiento de un nuevo edificio o el análisis de las zonas de alto riesgo de inundación o corrimientos de tierra) mediante la combinación de capas de información.

Por ejemplo, basándose en un conjunto de criterios de entrada que definen que las áreas con más suelo disponible con el terreno con menor pendiente y que se encuentran más próximas a las carreteras son las más adecuadas para un proyecto de desarrollo, el siguiente gráfico muestra las ubicaciones más adecuadas en verde, aquellas de adecuación media en amarillo y las menos adecuadas de color marrón.

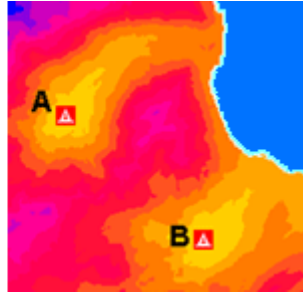
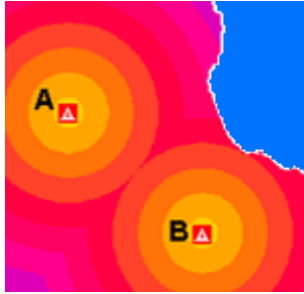


Identificar las ubicaciones adecuadas

- **Llevar a cabo los análisis de distancia y coste del trayecto.**

Cree superficies de distancia euclidiana para conocer la distancia en línea recta existente de una ubicación a otra, o bien cree las superficies de distancia con coste ponderado para conocer los costes del trayecto de una ubicación a otra, según el conjunto de criterios de entrada que especifique.

Puede calcular la distancia en línea recta existente desde una ubicación (celda) al origen más cercano, o bien puede calcular el coste del trayecto de una ubicación al origen más cercano.

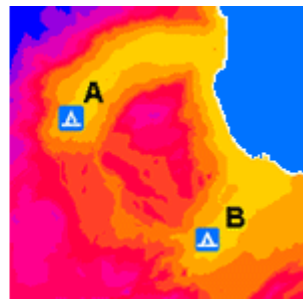


Análisis de distancia y coste del trayecto

trayecto

- **Identificar la mejor ruta existente entre ubicaciones.**

Identifique la mejor ruta o los corredores óptimos para carreteras, red de tuberías o trashumancia, tomando en consideración criterios como los económicos, medioambientales, etc. La ruta más corta no siempre ha de ser la más económica y existen diversos corredores alternativos que podrían tomarse en cuenta.

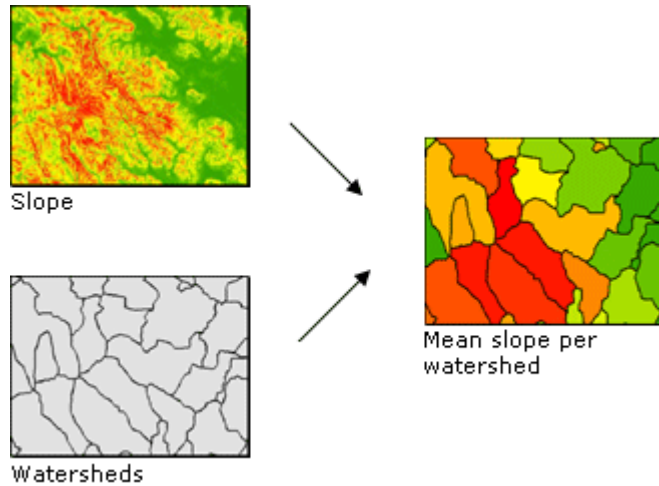


Identifique los corredores o las mejores rutas existentes entre ubicaciones

mejores rutas existentes entre ubicaciones

- **Llevar a cabo análisis estadísticos según el entorno local, los vecindarios pequeños o las zonas predeterminadas.**

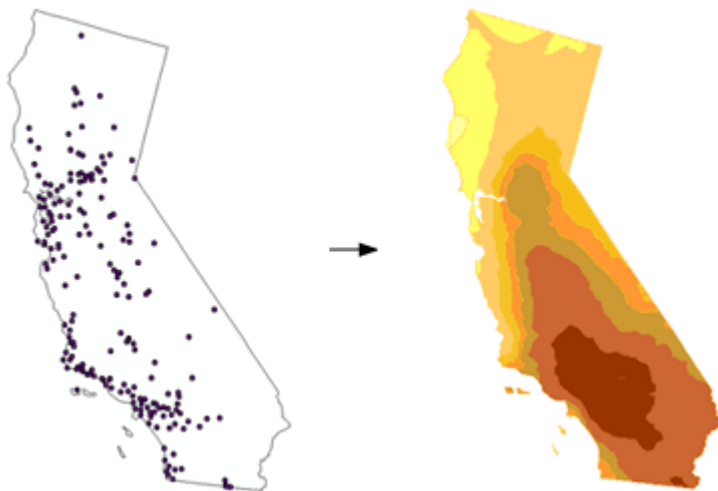
Realice cálculos a nivel de celda entre los diversos rásteres, como el cálculo del valor medio de la productividad de los cultivos en un periodo de 10 años. Estudie una vecindad calculando, por ejemplo, la variedad de especies que en ella habitan. Determine el valor medio de cada zona, como la elevación media de cada zona forestal.



Realice cálculos zonales, como la pendiente media de la forma de suelo por cada cuenca hidrográfica.

- **Interpolar valores de datos para un área de estudio basado en muestras.**

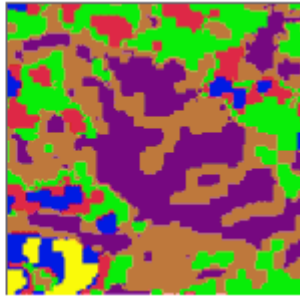
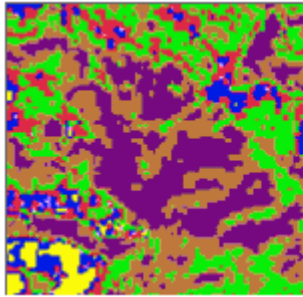
Mida un fenómeno en ubicaciones de muestra estratégicamente dispersas y prediga los valores para el resto de las ubicaciones mediante la interpolación de valores de datos. Cree superficies de ráster continuo a partir de puntos de muestra de elevación, contaminación o ruido. Con un conjunto de alturas de puntos y de datos de curvas de nivel vectoriales, cree una superficie de elevación hidrológicamente correcta.



Interpolar datos de muestra de puntos en una superficie de ráster continuo

- **Limpie una amplia variedad de datos un análisis o visualización adicionales.**

Limpie los datasets rásteres que contengan datos que sean erróneos, irrelevantes de cara al análisis a realizar o más detallados de lo que necesita.



Generalizar un ráster de entrada

Recorrido rápido por Spatial Analyst

La extensión ArcGIS Spatial Analyst proporciona un extenso conjunto de herramientas y funciones para llevar a cabo un análisis espacial integral basado en ráster. Con esta extensión, puede emplear una amplia variedad de formatos de datos para combinar datasets, interpretar datos nuevos y realizar operaciones de ráster complejas. Entre los ejemplos de los análisis que puede realizar con Spatial Analyst se incluyen análisis de terreno, modelado de superficie, interpolación de superficie, modelado de adecuación, análisis hidrológico, análisis estadístico y clasificación de imágenes.

A continuación, se ofrecen descripciones breves de los principales componentes de Spatial Analyst:

- La manera más común de acceder a la funcionalidad de Spatial Analyst es con las herramientas de geoprocésamiento. Este entorno variado permite organizar y ejecutar de manera rápida y fácil las herramientas necesarias para completar las tareas analíticas, y proporcionar un mecanismo para automatizar, documentar y compartir los flujos de trabajo.

En el marco de geoprocésamiento, puede realizar operaciones de ArcGIS Spatial Analyst de las maneras siguientes:

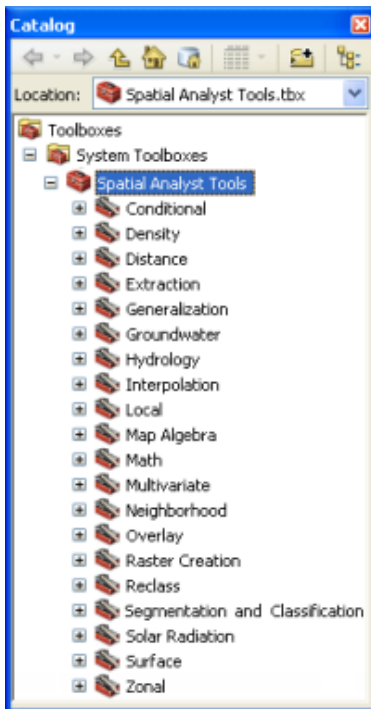
- Ejecutar cuadros de diálogo de herramientas individuales
- Combinar las herramientas con ModelBuilder para automatizar flujos de trabajo y crear modelos espaciales
- Automatizar flujos de trabajo y crear nuevas herramientas con Python
- Álgebra de mapas es un lenguaje algebraico potente para realizar análisis ráster. En ArcGIS 10, el Álgebra de mapas está ahora totalmente integrada en el entorno de Python.

También está la herramienta Calculadora ráster que permite crear expresiones de álgebra de mapas fácilmente en un cuadro de diálogo de la herramienta o en ModelBuilder.

- La barra de herramientas de análisis espacial proporciona algunas herramientas interactivas útiles para realizar una exploración sencilla de los datos ráster.
- Con la barra de herramientas Clasificación de imagen, puede tomar datos ráster multibanda, como fotos aéreas o imágenes de satélite, y crear rústeres clasificados como capas de uso del suelo o de cobertura de vegetación que se pueden utilizar en otros análisis o para crear mapas. Las herramientas que están disponibles para la creación, evaluación y edición de muestras de capacitación le ayudarán a obtener mejores resultados en el proceso de clasificación.

Herramientas de geoprocésamiento

Spatial Analyst proporciona más de 180 herramientas de geoprocésamiento para realizar operaciones de análisis espacial. Además de las herramientas puramente analíticas, las categorías generales de estas herramientas incluyen aquellas que realizan operaciones matemáticas y lógicas básicas, como también la creación y el procesamiento de datasets ráster. Las herramientas se organizan en grupos de funcionalidades relacionadas en 20 conjuntos de herramientas.



Conjuntos de herramientas de la caja de herramientas de análisis espacial

Álgebra de mapas y Python

Ahora, el álgebra de mapas está totalmente integrada en el entorno de Python. La sintaxis para crear expresiones de álgebra de mapas en Python es muy similar a aquello con lo que ya está familiarizado en las herramientas de geoprocésamiento Calculadora ráster, Álgebra de mapas de salida única (SOMA) y Álgebra de mapas de salidas múltiples (MOMA) en ArcGIS 9.x. El entorno de Python en ArcGIS 10 mejora la experiencia anterior al proporcionar un autocompletado total de comandos, mayor capacidad de creación de secuencias de comandos y ejecución diferida.



Barra de herramientas de Spatial Analyst

Con las herramientas interactivas de la barra de herramientas de Spatial Analyst, puede crear líneas de curvas de nivel en un ráster de superficie y explorar la distribución de los valores en una capa ráster mediante la creación de histogramas de los datos.



Si está familiarizado con la barra de herramientas de Spatial Analyst en la versión 9.3 y en versiones anteriores de ArcGIS, observará que la barra de herramientas de ArcGIS 10 ya no tiene la lista desplegable de ciertas operaciones individuales. Todas las herramientas de Spatial Analyst están disponibles por medio de las herramientas de geoprocésamiento y

Python, y ahora se pueden agregar a cualquier barra de herramientas mediante su personalización.

En lugar del cuadro de diálogo Calculadora ráster de 9.3 y versiones anteriores, las expresiones de álgebra de mapas se pueden introducir directamente en la ventana de Python.

Barra de herramientas Clasificación de imagen

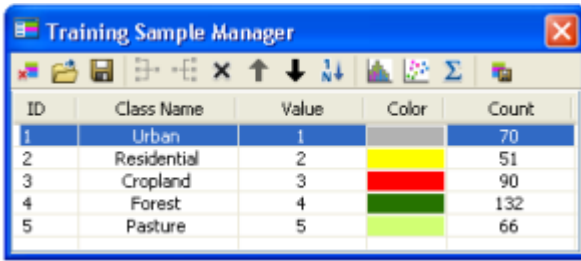
Con esta barra de herramientas puede realizar la clasificación de imagen de datasets ráster multibanda con herramientas de geoprocesamiento e interactivas.

La barra de herramientas Clasificación de imagen es una ubicación única para llevar a cabo la clasificación de imágenes. Proporciona herramientas interactivas y fáciles de usar para la creación y evaluación de muestras de capacitación necesarias para la clasificación supervisada. También puede acceder a varias herramientas de geoprocesamiento para el análisis multivariado.



El Administrador de muestras de referencia proporciona las siguientes funcionalidades que ayudan a realizar la clasificación:

- Listas de clases representadas por las muestras de capacitación
- Herramientas para administrar las muestras de capacitación
- Varias herramientas de evaluación de las muestras de referencia para crear y visualizar histogramas, diagramas de dispersión y estadísticas de las clases
- Permite crear un archivo de firma para utilizar en la clasificación



The image shows a software window titled "Training Sample Manager". It features a toolbar with various icons for file operations and data management. Below the toolbar is a table with the following data:

ID	Class Name	Value	Color	Count
1	Urban	1		70
2	Residential	2	Yellow	51
3	Cropland	3	Red	90
4	Forest	4	Green	132
5	Pasture	5	Light Green	66

Esta barra de herramientas hace que las tareas de clasificación de imágenes sean más rápidas y sencillas.

Acerca de los datos ráster en Spatial Analyst

- La forma de las celdas ráster

Cuando utilice la extensión ArcGIS Spatial Analyst para su procesamiento, tendrá que utilizar o crear datasets ráster. Un ráster está compuesto por un conjunto de celdas del mismo tamaño ordenadas en filas y columnas, en donde cada celda contiene un valor que representa información como elevación, temperatura o tipo de cobertura de tierra.

Es importante entender cómo está representado un dataset ráster en ArcGIS y las cuestiones que debe tener en cuenta al utilizar y crear rásteres. Para aprovechar al máximo las capacidades de Spatial Analyst, debe estar familiarizado con algunos aspectos fundamentales de los datos ráster. La sección Rásteres e imágenes de la documentación de **Administración de datos > Administración de datos geográficos** incluye una extensa información sobre los datos ráster disponibles.

Algunos conceptos particulares a tener en cuenta incluyen:

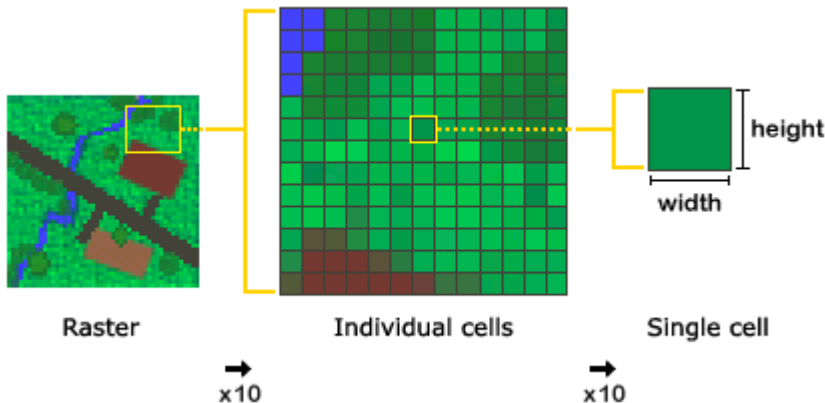
- Qué significa el tamaño de celda
- Qué son las bandas ráster
- Cómo se representan las entidades en un formato ráster
- La diferencia entre datos discretos y continuos
- Zonas y regiones en datos ráster
- Las tablas de atributos de datos ráster

También sería útil tener ciertos conocimientos de datasets ráster entre los que se incluirían:

- Formatos de archivo de dataset ráster compatibles
- Propiedades de dataset ráster
- Generación y administración de una base de datos ráster

La forma de las celdas ráster

Es importante tener en cuenta que Spatial Analyst solo lleva a cabo operaciones en celdas cuadradas. Por lo tanto, el tamaño de cada celda, conocido como su resolución, debe ser el mismo en todas las dimensiones.



Las operaciones de Spatial Analyst se basan en celdas ráster cuadradas (ancho de la celda = altura).

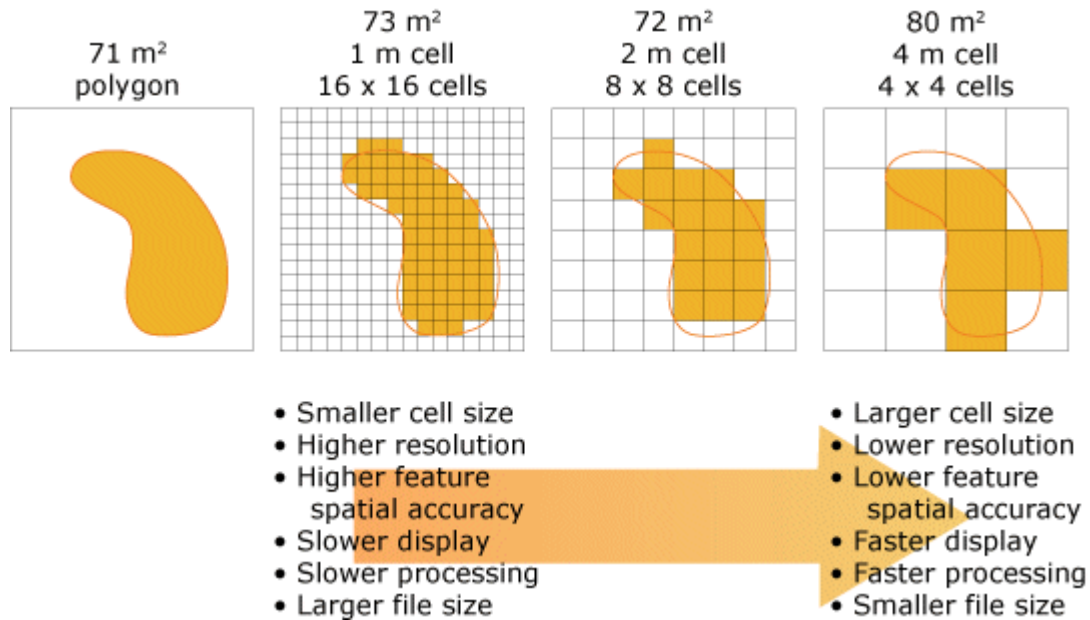
Si tiene datos ráster de entrada en formatos que admitan celdas que no sean cuadradas, antes de llevar a cabo la operación, el ráster primero se convertirá en celdas cuadradas.

Tamaño de celda de datos ráster

- Tipos de resolución
- Resolución espacial y escala

El nivel de detalle (de entidades/fenómenos) que representa un ráster depende, en general, del tamaño de la celda (píxel), o la resolución espacial, del ráster. La celda debe ser lo suficientemente pequeña para capturar el detalle necesario y lo suficientemente grande para realizar el análisis y el almacenamiento del equipo de manera eficiente. Con un ráster de tamaño de celda más pequeño se pueden representar más entidades, entidades más pequeñas o más detalle en la extensión de entidades. Sin embargo, con frecuencia, más no suele ser mejor. Los tamaños de celda más pequeños en datasets ráster más grandes representan una

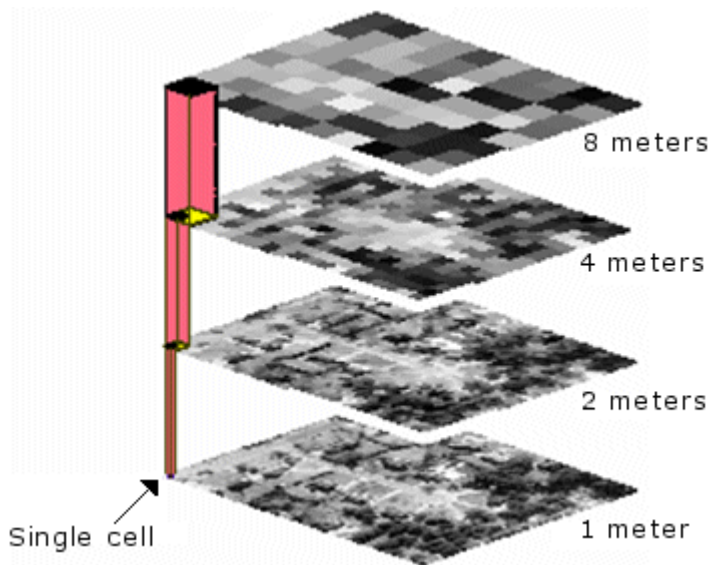
superficie completa, por lo tanto, se necesita un espacio de almacenamiento mayor, que implica más tiempo de procesamiento.



Comparar tamaños de celda pequeños frente a grandes

- Más información sobre la visualización de la resolución espacial de ráster en ArcMap

No siempre es sencillo seleccionar el tamaño de celda correcto. Debe equilibrar la necesidad de la aplicación de una resolución espacial con los requisitos prácticos para la visualización rápida, el tiempo de procesamiento y el almacenamiento. Esencialmente, en un SIG, los resultados serán igual de exactos que el dataset menos exacto. Si utiliza un dataset clasificado derivado de imágenes Landsat de resolución de 30 metros, entonces puede no ser necesario crear un modelo digital de elevación (DEM) u otros datos secundarios con una resolución mayor, como 10 metros. Cuanto más homogénea sea un área para las variables críticas, como topografía y uso del suelo, mayor será el tamaño de celda sin que afecte a la exactitud.



Comparación de la resolución espacial con el contenido de la información.

La determinación de un tamaño de celda adecuado es tan importante en las etapas de planificación de la aplicación SIG como la determinación de los datasets a obtener. Un dataset ráster siempre se puede remuestrear para tener un tamaño de celda más grande, sin embargo, no obtendrá más detalle si remuestrea el ráster para tener un tamaño de celda más pequeño. Según los planes que tenga para los datos, puede ser útil guardar una copia de los datos en el tamaño de celda más pequeño y exacto, mientras los remuestrea para que coincidan con el más grande y menos exacto. Esto puede aumentar la velocidad del procesamiento de análisis.

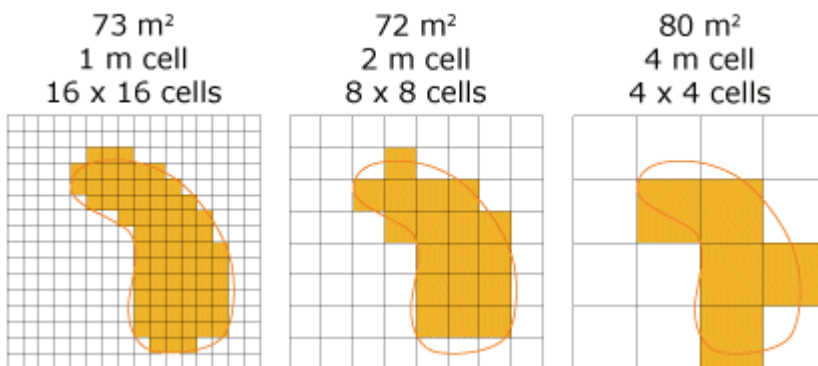
Los siguientes factores se deben considerar al especificar el tamaño de celda:

- La resolución espacial de los datos de entrada
- La aplicación y el análisis que se va a realizar
- El tamaño de la base de datos resultante en comparación con la capacidad de disco
- El tiempo de respuesta deseado

Tipos de resolución

Cuando se trabaja con datos ráster con imágenes, se deben tener en cuenta cuatro tipos de resolución: resolución espacial, resolución espectral, resolución temporal y resolución radiométrica.

En un SIG, se suele mostrar más preocupación por la **resolución espacial** de un dataset ráster, en especial cuando se visualizan o se comparan datos de ráster con otros tipos de datos, como los de un vector. En este caso, la resolución se refiere al tamaño de celda (el área cubierta en el terreno y representada por una única celda). Una mayor resolución espacial implica que hay más celdas por área de unidad, por lo tanto, el gráfico de la izquierda representa una mayor resolución espacial que el gráfico de la derecha.



La **resolución espectral** describe la capacidad de un sensor de distinguir entre intervalos de longitud de onda en el espectro electromagnético. Cuanto mayor es la resolución espectral, más se restringe el rango de longitud de onda para una banda en particular. Por ejemplo, una fotografía (imagen) aérea, de escala de grises y de banda única registra los datos de longitud de onda que se extienden sobre gran parte de la parte visible del espectro electromagnético, por lo tanto, tiene una resolución espectral baja. Una imagen a color (con tres bandas) básicamente captura datos de longitud de onda desde tres partes más pequeñas de la parte visible del espectro electromagnético, las partes roja, verde y azul. Por lo tanto, cada banda en la imagen a color tiene una mayor resolución espectral que la banda única en la imagen de escala de grises. Los sensores multiespectral e hiperspectral avanzados capturan datos de cientos de bandas espectrales muy restringidas a lo largo de las partes del espectro electromagnético, lo que hace que los datos tengan una resolución espectral muy alta.

La **resolución temporal** se refiere a la frecuencia a la cual se capturan las imágenes en el mismo lugar de la superficie de la tierra, también se denomina período de revisita, que es el término que se usa generalmente para los sensores satelitales. Así, un sensor que captura datos una vez por semana tiene una mayor resolución temporal que uno que captura datos una vez por mes.

La **resolución radiométrica** describe la capacidad de un sensor de distinguir objetos visualizados en la misma parte del espectro electromagnético; esto es sinónimo de la cantidad de valores de datos posibles en cada banda. Por ejemplo, una banda Landsat comprende, típicamente, datos de 8 bits, y una banda IKONOS comprende, típicamente, datos de 11 bits, por lo tanto, los datos IKONOS tienen mayor resolución radiométrica.

Resolución espacial y escala

La **resolución espacial** se refiere a la dimensión del tamaño de celda que representa el área cubierta en el terreno. Por lo tanto, si el área cubierta por una celda es de 5 x 5 metros, la resolución será de 5 metros. Cuanto **mayor** sea la resolución de un ráster, **más pequeño** será el tamaño de celda, y por lo tanto, mayor será el detalle. Esto es lo opuesto de lo que ocurre con la escala. Cuanto **más pequeña** sea la escala, **menor** será el detalle. Por ejemplo, una ortofotografía que se visualiza a una escala de 1:2.000 muestra más detalles (aparece cerca) que una que se visualiza a una escala de 1:24.000 (aparece lejos). Sin embargo, si esta misma ortofoto tiene un tamaño de celda de 5 metros, la resolución permanecerá igual sin importar la escala a la que se visualiza, ya que el tamaño de la celda física (el área cubierta en el terreno y representada por una única celda) no cambia.

Debajo, la escala de la imagen de la izquierda (1:50.000) es más pequeña que la escala de la imagen de la derecha (1:2.500); sin embargo, la resolución espacial (tamaño de celda) de los datos es la misma.



Scale 1:50,000
Cell size: 61 cm



Scale 1:2,500
Cell size: 61 cm

Efecto de aumentar la escala con una resolución espacial constante.

Debajo, la resolución espacial de los datos que se utilizaron en la imagen de la izquierda es inferior que la resolución espacial de los datos que se utilizaron en la imagen de la derecha. Esto significa que el tamaño de celda de los datos en la imagen de la izquierda es mayor que la de los datos en la imagen de la derecha; sin embargo, la escala a la que se muestra cada una es la misma.



Scale 1:20,000
Cell size: 15 m



Scale 1:20,000
Cell size: 15.24 cm

Efecto de la resolución de datos aumentada con la constante de escala.

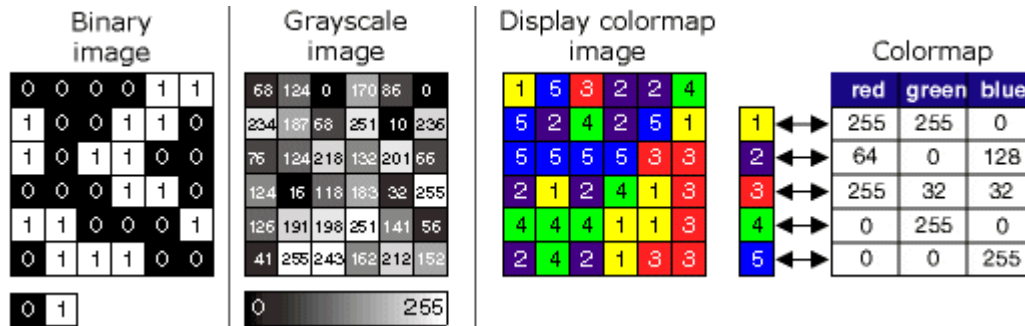
Bandas de ráster

Algunos rásteres tienen una banda única, o capa (una medida de una sola característica) de datos, mientras que otros tienen múltiples bandas. Básicamente, una banda se representa con una sola matriz de valores de celda, y un ráster con múltiples bandas contiene múltiples matrices de valores de celda que coinciden espacialmente y que representan la misma área espacial. Un ejemplo de dataset ráster de banda única es un modelo digital de elevación (DEM). Cada celda en un DEM contiene solamente un valor que representa la elevación de superficie. También puede tener una ortofoto de banda única, que a veces se llama imagen pancromática o de escala de grises. La mayoría de las imágenes de satélite tiene múltiples bandas, que por lo general contiene valores dentro de un rango o banda del espectro electromagnético.

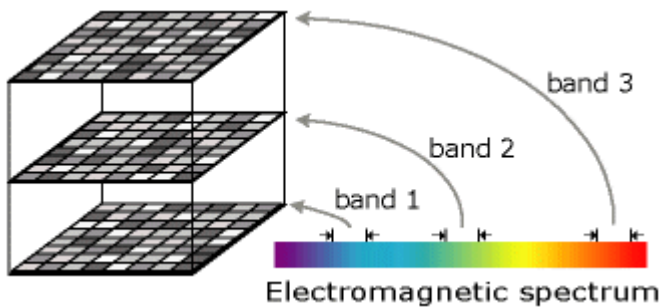
Hay tres formas principales de visualizar (representar) datasets ráster de banda única:

- Utilizar dos colores: en una imagen binaria, cada celda tiene un valor de 0 ó 1 y por lo general se visualiza en blanco y negro. Este tipo de visualización a veces se utiliza para mostrar mapas escaneados con trabajo de línea simple, como mapas de parcela.
- Escala de grises: en una imagen de escala de grises, cada celda tiene un valor de 0 a otro número, como 255 ó 65535. Estos se utilizan a veces para fotografías aéreas en blanco y negro.
- Mapa de color: una forma de representar los colores en una imagen es con un mapa de color. Se codifica un conjunto de valores para que coincida con un conjunto definido de valores de rojo, verde y azul (RGB). Para obtener más información, consulte Conceptos clave de mapas de color de dataset ráster.

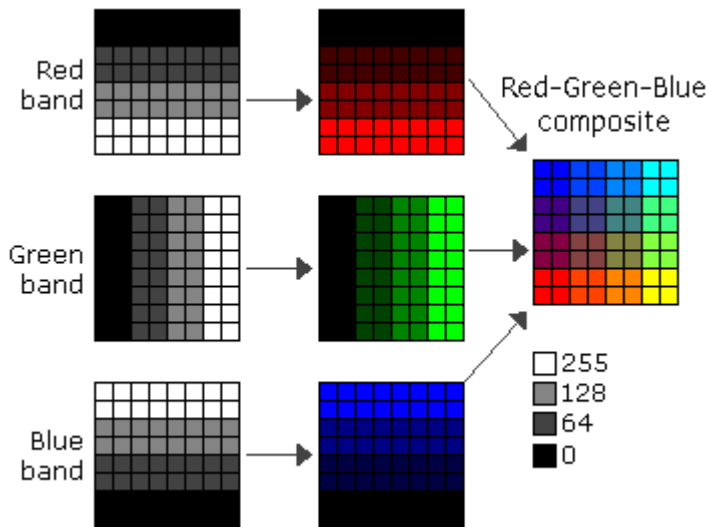
A continuación, se muestran las tres formas principales de visualizar datasets ráster de banda única.



Cuando hay múltiples bandas, cada ubicación de celda tiene más de un valor asociado. Con múltiples bandas, cada banda por lo general representa un segmento del espectro electromagnético recopilado por un sensor. Las bandas pueden representar cualquier porción del espectro electromagnético, incluidos los rangos no visibles a simple vista, como las secciones infrarrojas o ultravioletas. El término banda se originó a partir de la referencia a la banda de color en el espectro electromagnético.



Cuando crea una capa de mapa a partir de una imagen ráster, puede elegir mostrar una banda única de datos o formar una composición de color a partir de múltiples bandas. Una combinación de cualquiera de las tres bandas disponibles en un dataset ráster multibanda se puede utilizar para crear composiciones RGB. Al visualizar bandas juntas como composiciones RGB, a veces se puede recabar más información del dataset que si fuese a trabajar con sólo una banda.



Una imagen de satélite, por ejemplo, por lo general tiene múltiples bandas que representan distintas longitudes de onda desde las porciones ultravioleta hasta las visibles e infrarrojas del espectro electromagnético. Las imágenes Landsat, por ejemplo, son datos recopilados desde siete bandas distintas del espectro electromagnético. Las bandas 1-7, incluida la 6, representan datos de las regiones visibles, casi infrarrojas e infrarrojas media. La banda 6 recopila datos de la región infrarroja termal. Otro ejemplo de una imagen multibanda es una ortofoto de color verdadero en la que hay tres bandas, cada una representa rojo, verde o celeste.

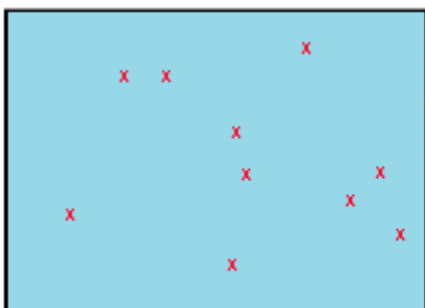
Cómo se representan las entidades en un ráster

- Puntos
- Líneas
- Polígonos

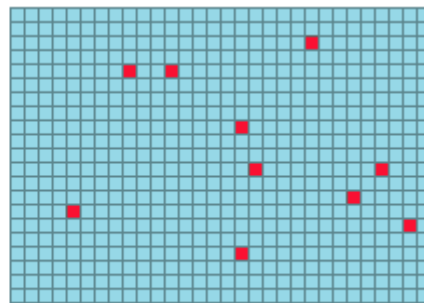
En los datos ráster, la celda por lo general representa la entidad o fenómeno predominante del área cubierta por una celda, mientras que los datos vectoriales pueden delinear o identificar con precisión entidades individuales. Como resultado, cuando se representan entidades geográficas en un dataset ráster, se convierten en grupos de celdas con los mismos valores de atributo pero pierden las identidades únicas. Los datos ráster se utilizan mejor cuando la principal preocupación es con las relaciones de ubicación de los fenómenos representados por las entidades geográficas y no las entidades en sí.

Puntos

Un punto se representa con una coordenada x,y explícita en formato de vector, pero como un ráster, se representa como una celda simple, la unidad más pequeña de un ráster. Por definición, un punto no tiene área pero se convierte en una celda que representa un área. Por lo tanto, cuanto menor es el tamaño de celda, menor es el área y, por lo tanto, más próxima es la representación de la entidad de puntos. Por ejemplo, se asume que un pozo, un poste de teléfono o la ubicación de una planta en peligro ocupa toda el área cubierta por una celda.



Point features



Raster point features

Con una representación de celda de los datos de punto, hay alguna generalización de los datos originales. En general, si dos o más puntos caen dentro de la extensión de una celda, ArcGIS selecciona aleatoriamente uno de los puntos cuando se asigna un valor a la celda. Sin embargo, cuando utiliza la herramienta De punto a ráster, puede elegir el tipo de asignación de valor de celda. Es posible tener menos celdas con valores que puntos a convertirse.

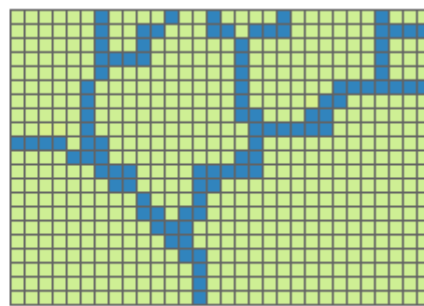
Las entidades de datos de punto se convertirán en el tamaño de la celda. Por lo tanto, debe elegir un tamaño de celda apropiado para la entidad que representa el punto. Debe hacer que el tamaño de celda sea lo suficientemente pequeño para capturar puntos de entrada suficientes para el análisis deseado.

Líneas

En el formato de vector, una línea es una lista ordenada de coordenadas x,y, pero en formato ráster, se representa como una cadena de celdas conectadas espacialmente con el mismo valor. Cuando hay un corte entre la cadena de celdas del mismo valor, representa un corte en la entidad de línea, que podría representar distintas entidades como dos carreteras o dos ríos que no se intersecan.



Line features



Raster line features

Convertir datos lineales en un dataset ráster es similar a convertir datos de punto en un ráster. Para cualquier línea que pase dentro de la extensión de una celda, esa celda recibirá el valor del atributo identificado en la conversión. Si múltiples líneas pasan a través de una sola celda, ArcGIS seleccionará aleatoriamente una de las líneas a utilizar para representar esa ubicación de celda en el dataset ráster de salida.

Al igual que con los datos de puntos, las entidades lineales se convertirán en el ancho de la celda. Por ejemplo, si las entidades lineales que se convierten representan carreteras y el tamaño de celda es 1 kilómetro, la carretera tendrá 1 kilómetro de ancho en el dataset ráster de salida. Obviamente, una carretera no tiene 1 kilómetro de ancho; por lo tanto, debe elegir un tamaño de celda que sea apropiado para la entidad lineal que representa. Si el tamaño de celda es 1 metro, la carretera debería tener 1 metro de ancho.

Polígonos

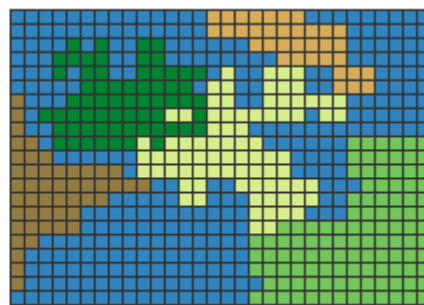
Un polígono vectorial es un área acotada definida por una lista ordenada de coordenadas x,y en la que las primeras y las últimas coordenadas son las mismas, que representan el área. En cambio, un polígono ráster es un grupo de celdas contiguas con el mismo valor que representan en forma más precisa la forma del área.

Los datos poligonales o de área se representan mejor mediante una serie de celdas conectadas. Los ejemplos de entidades poligonales incluyen edificios, lagunas, tierras, bosques, pantanos y campos

La exactitud de la representación ráster a continuación depende de la escala de los datos y del tamaño de la celda. Cuanto mejor sea la resolución de la celda y mayor sea el número de celdas que representan áreas pequeñas, más precisa será la representación.



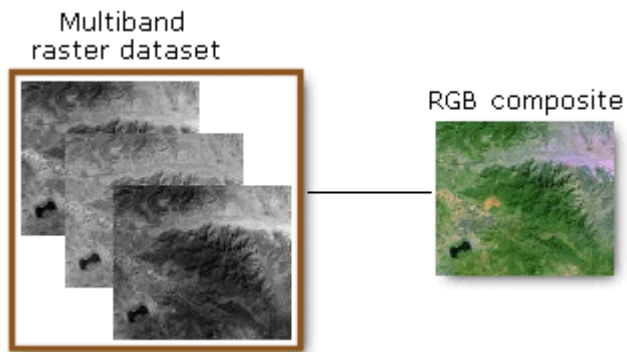
Polygon features



Raster polygon features

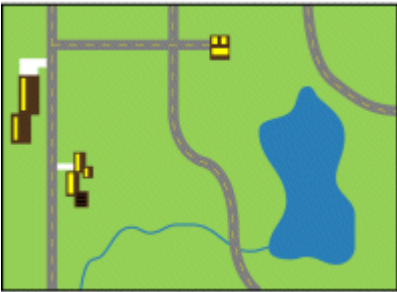
Si los datos de entrada son poligonales, a cada celda en el dataset ráster de salida resultante del proceso de conversión se le asigna el valor de la entidad que rellena la mayoría de la celda

o que se encuentra en el proceso de escaneo dentro de la celda (cuando se utiliza la extensión de Extensión ArcGIS Spatial Analyst).

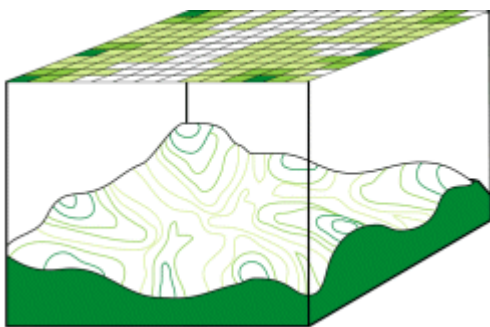


Datos continuos y discretos

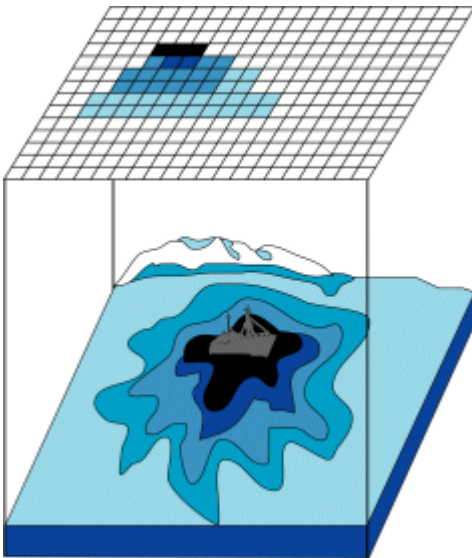
Los datos discretos, que a veces se llaman datos temáticos, categóricos o discontinuos, la mayoría de las veces representan objetos en los sistemas de almacenamiento de datos ráster y de entidad (vector). Un objeto discreto tiene límites conocidos y definibles: es fácil definir con precisión dónde comienza el objeto y dónde termina. Un lago es un objeto discreto dentro del paisaje que lo rodea. Se puede establecer definitivamente dónde el borde del agua alcanza la tierra. Otros ejemplos de objetos discretos incluyen edificios, carreteras y parcelas. Los objetos discretos por lo general son sustantivos.



Una superficie continua representa fenómenos en los que cada ubicación de la superficie es una medida del nivel de concentración o de su relación a partir de un punto fijo en el espacio o de una fuente de emisión. A los datos continuos se les suele conocer también como datos de campo, no discretos o de superficie. Un tipo de superficie continua deriva de aquellas características que definen una superficie, en la que cada ubicación se mide desde un punto de registro fijo. Estas incluyen elevación (el punto fijo que es el nivel del mar) y orientación (el punto fijo que es la dirección: Norte, Este, Sur y Oeste).



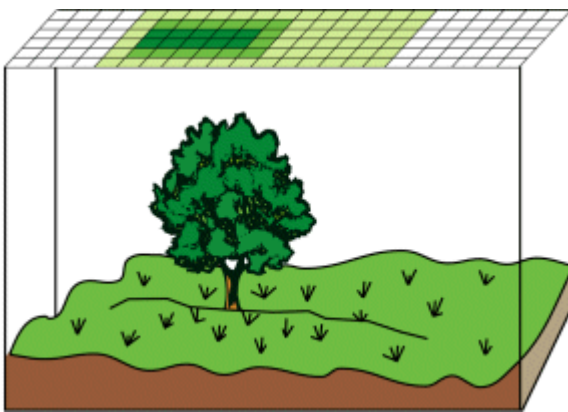
Otro tipo de superficie continua incluye fenómenos que varían progresivamente a medida que se mueven por una superficie desde un origen. Algunas ilustraciones de datos continuos que varían progresivamente son el movimiento de líquido y aire. Estas superficies se caracterizan por el tipo o la manera en la se mueve el fenómeno. El primer tipo de movimiento es a través de la difusión o cualquier otra locomoción en la que el fenómeno se mueve desde áreas con alta concentración a aquellas con menos concentración hasta que el nivel de concentración se nivela. Las características de superficie de este tipo de movimiento incluyen la concentración de sal que se mueve a través del suelo o el agua, el nivel de contaminación que sale de un derrame peligroso o un reactor nuclear, y el calor de un incendio forestal. En este tipo de superficie continua, tiene que haber una fuente. La concentración siempre es mayor cerca de la fuente y disminuye en función de la distancia y del medio en el que se mueve la sustancia.



En la superficie de concentración de origen anterior, la concentración del fenómeno en cualquier ubicación se realiza en función de la capacidad del evento para moverse por el medio. Otro tipo de superficie de concentración se determina por las características inherentes del fenómeno que se mueve. Por ejemplo, el movimiento del ruido de una explosión de bomba se determina por las características inherentes del ruido y el medio en el que se mueve. El modo de locomoción también puede limitar y afectar directamente la concentración de una entidad en la superficie, como es el caso con la dispersión de semillas de una planta. Los medios de locomoción, como las abejas, el hombre, el viento o el agua,

afectan la concentración de la dispersión de semillas de la planta en la superficie. Otras superficies de locomoción incluyen la dispersión de poblaciones animal, posibles clientes de una tienda (autos que son el medio de locomoción y el tiempo que es el factor restrictivo) y la propagación de una enfermedad.

Para varios objetos, los límites se pueden representar y modelar como continuos o discretos. Se crea una secuencia al representar entidades geográficas, en la que los extremos son entidades discretas puras y continuas puras. La mayoría de las entidades caen en algún lugar entre los extremos. Algunas ilustraciones de entidades que caen a lo largo de la secuencia son los tipos de suelo, los bordes de bosques, los límites de suelo húmedo y los mercados geográficos influenciados por una campaña publicitaria televisiva.



El factor determinante para saber dónde cae una entidad en la secuencia continua a discreta es la facilidad de definir los límites de la entidad. Sin importar dónde cae la entidad en la secuencia, el almacenamiento en celda de cuadrícula puede representarla con mayor o menor precisión.

Es importante entender el tipo de datos que modela, ya sean continuos o discretos, cuando toma decisiones basadas en los valores resultantes. El sitio exacto para un edificio no se debe basar solamente en el mapa de suelos. El área cuadrada de un bosque no puede ser el factor principal al determinar el hábitat disponible del venado. Una campaña de ventas no se debe basar solamente en la influencia del mercado geográfico de un exceso publicitario televisivo. Se debe comprender la validez y la precisión de los límites de los datos de entrada.

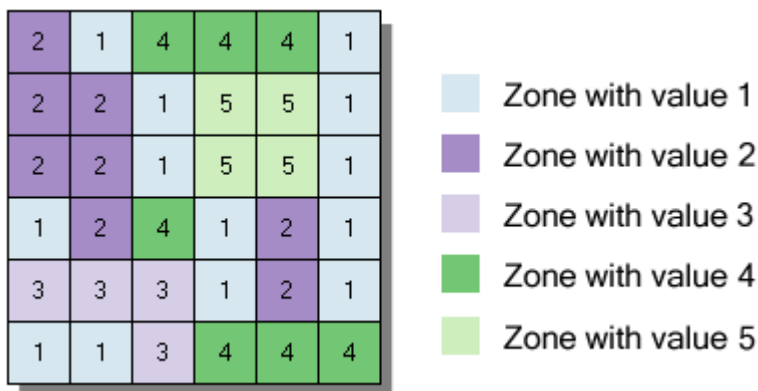
Zonas y regiones del dataset ráster

- Zonas
- Regiones

Zonas

Dos o más celdas con el mismo valor pertenecen a la misma zona. Una zona puede consistir en celdas que son adyacentes, discontinuas o ambas. Las zonas cuyas celdas son adyacentes por lo general representan una única entidad de un área, como un edificio, carretera o cuerpo hídrico. Los ensamblados de entidades, como las masas forestales en un estado, los tipos de suelo en un condado o casas de familias simples en una ciudad, son entidades de un área que probablemente se representarán con zonas compuestas por varios grupos desconectados de celdas conectadas (regiones).

Cada celda de un ráster pertenece a una zona. Algunos datasets ráster contienen solo algunas zonas, mientras que otros contienen muchas.



Regiones

Cada grupo de celdas conectadas en una zona se considera una región. Una zona que consta de un único grupo de celdas conectadas tiene solamente una región. Las zonas pueden estar compuestas por las regiones que sean necesarias para representar una entidad; la cantidad de

celdas que componen una región no tienen límites prácticos. La extensión de Extensión ArcGIS Spatial Analyst proporciona las herramientas necesarias para convertir regiones en zonas individuales. En el ejemplo de dataset ráster anterior, la Zona 2 consta de dos regiones, la Zona 4 de tres regiones y la Zona 5 de una región.

Tablas de atributos de dataset ráster

- Tabla de atributos de ráster para los datasets ráster en un catálogo de ráster.

Los datasets ráster que contienen tablas de atributos suelen tener valores de celdas que representan o definen una clase, un grupo, una categoría o una pertenencia. Por ejemplo, es posible que se haya realizado un análisis de clasificación de la imagen de satélite para crear un dataset ráster que define los usos del suelo. Algunas de las clases de clasificación de uso de suelo pueden ser suelo de bosque, suelo húmedo, suelo de cultivos y urbano. Cada número representa qué valor de celda en el dataset ráster definiría el uso del suelo:

1 Forestland

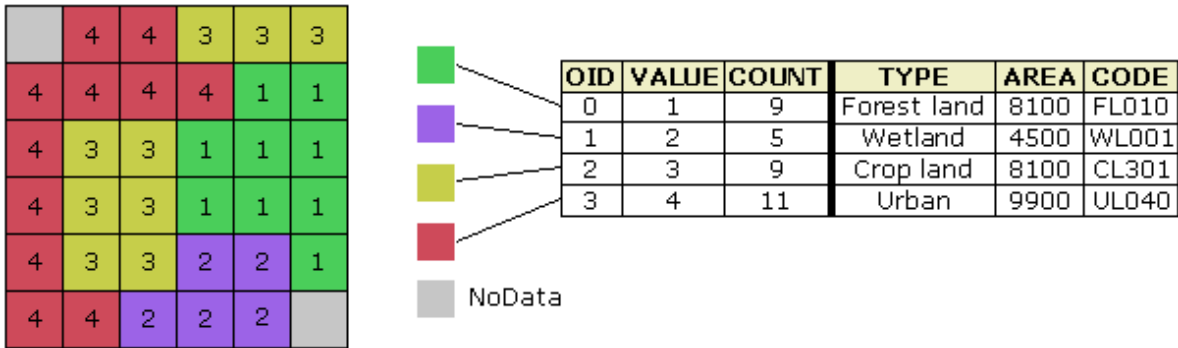
2 Wetland

3 Cropland

4 Urban

Al construir una tabla de atributos de ráster se puede mantener la información de atributos de la tabla con este dataset ráster clasificado, como también definir campos adicionales para almacenar en ella. Por ejemplo, puede haber códigos específicos asociados con esas clases o más descripciones de lo que representan esas clases. También puede realizar cálculos con la información en esta tabla. Por ejemplo, puede guardar registros del área total representada por aquellas clases multiplicando la cantidad de celdas por el área que cada celda representa. También puede unir la tabla de atributos de ráster a otras tablas.

El gráfico a continuación muestra un dataset ráster con una tabla de atributos. Allí se ve que los valores NoData no se calculan en la tabla de atributos de ráster. También puede ver las tres columnas que se calculan por defecto; las otras columnas se pueden agregar de manera individual o a través de una operación de unión.



Cuando se genera una tabla de atributos de ráster, se crean tres campos predeterminados en la tabla: **OID**, **VALUE** y **COUNT**. No es posible editar el contenido en estos campos. El ObjectID (**OID**) es un número identificador de objeto exclusivo definido por el sistema para cada fila de la tabla. **VALUE** es una lista de cada valor de celda exclusivo en los datasets de ráster (en una cuadrícula, es un entero). **COUNT** representa el número de celdas en el dataset ráster con el valor de celda en la columna **VALUE**. Los valores de celda que representa NoData no se calculan en la tabla de atributos de ráster.

Fuera de una geodatabase, para un dataset ráster basado en archivo, la tabla de atributos de ráster se guarda en la misma carpeta o en el mismo nivel de directorio que el ráster, usando el mismo nombre que el ráster y adjuntando una extensión **.vat.dbf**. Por ejemplo, para el ráster SanDiego.tif, la tabla de atributos de ráster será SanDiego.tif.vat.dbf. Dentro de una geodatabase, la tabla de atributos de ráster se guarda dentro del dataset ráster y se oculta del usuario. Dentro de una cuadrícula, la tabla de atributos de ráster se guarda como un archivo **vat.sdf** dentro de la carpeta de cuadrícula.

En el caso de las cuadrículas, se genera una tabla de atributos de ráster de forma predeterminada para cualquier cuadrícula de enteros resultante de una expresión si el rango de valores en el ráster es menor de 100.000 o si el número de valores exclusivos en el ráster es menor de 500. Si el rango es menor de 100.000, el número de valores exclusivos en el ráster puede llegar a 100.000. Si el rango es mayor que 100.000, se seguirá generando una tabla de atributos de ráster si el número de valores exclusivos es menor de 500. Si el rango de valores es mayor que 100.000 y el número de valores exclusivos es mayor de 500, no se generará automáticamente ninguna tabla de atributos de ráster.

Por defecto, el tamaño de una tabla de atributos de ráster se limita a 65.535 valores únicos. Puede aumentar este número en el cuadro de diálogo **Opciones** haciendo clic en la pestaña **Dataset ráster** de la sección **Ráster**.

Si hace una copia del dataset ráster con una tabla de atributos de ráster, la tabla de atributos de ráster se mantendrá en el dataset ráster que se copió. Por tanto, si copia una cuadrícula que contenga una tabla de atributos, se copiará en el nuevo dataset ráster, como un archivo **.img**.

Puede trabajar con tablas de atributos de ráster de modo similar a como lo hace con tablas normales. Esto es, puede obtener una vista previa de ellas en **ArcCatalog** y editarlas en **ArcMap**. También puede unir otras tablas, calcular campos, ordenar campos y exportarlos.

Tabla de atributos de ráster para los datasets ráster en un catálogo de ráster.

Cada dataset ráster en un catálogo de ráster puede tener su propia tabla de atributos. El método de almacenamiento es simple y fácil de administrar, sin embargo, puede terminar con demasiadas tablas en la base de datos, algunas de las cuales pueden ser idénticas (por ejemplo, si los datasets ráster en el catálogo tienen los mismos atributos).

County_1990**Catalog**

OBJECTID	Shape	Raster	Name	Shape_Length	Shape_Area
1	1	1	Soil.tif	51.09	28.65
2	2	2	Land.tif	51.14	28.66
3	3	3	Slope.tif	51.12	28.65

→ **Slope.tif.vat.dbf**

OID	VALUE	COUNT	Class
0	1	522	1 degree
1	2	556	2 degrees
...

**Raster Attribute
Tables**→ **Land.tif.vat.dbf**

OID	VALUE	COUNT	Class
0	1	804	Water
1	2	951	Forest
...

→ **Soil.tif.vat.dbf**

OID	VALUE	COUNT	Class	Suitability	Erosion
0	1	253	Silt	Excellent	4
1	2	196	Clay	Good	2
...

Orientación

- [Resumen](#)
- [Ilustración](#)
- [Uso](#)
- [Sintaxis](#)
- [Muestra de código](#)
- [Entornos](#)
- [Información sobre licencias](#)

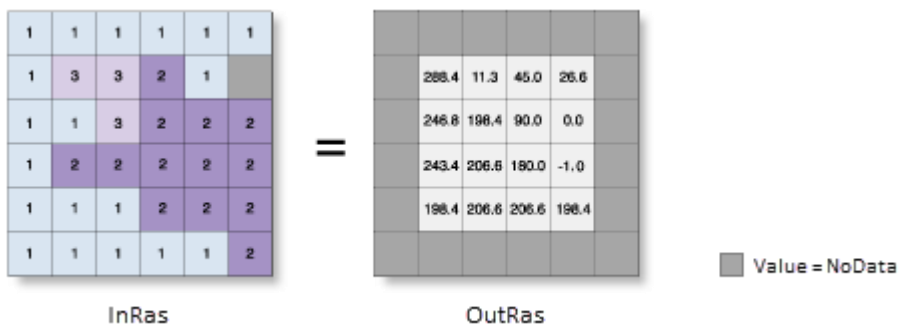
Resumen

Calcula la orientación de cada celda a partir de una superficie ráster.

La orientación identifica la dirección de brújula a la que apunta la pendiente descendente en cada ubicación.

[Más información sobre cómo funciona la Orientación](#)

Ilustración



Aspect(InRas1)

OutRas =

Uso

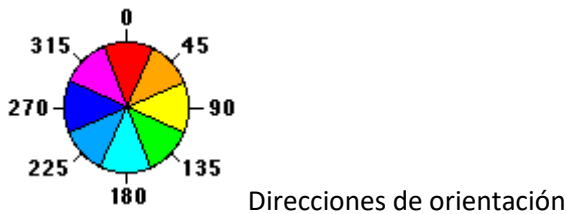
- Esta herramienta utiliza una ventana móvil de celda de 3 por 3 para procesar los datos. Si la celda de procesamiento es NoData, la salida para esa ubicación será NoData.

- Esta herramienta requiere que de las ocho celdas vecinas a la celda de procesamiento, al menos siete de ellas tengan un valor válido. Si hay menos de siete celdas válidas, el cálculo no se realizará y la salida en esa celda de procesamiento será NoData.
- Las celdas de las filas y columnas más exteriores del ráster de salida serán NoData. Esto se debe a que esas celdas no tienen suficientes vecinos válidos a lo largo del límite del dataset de entrada.
- La orientación se expresa en grados positivos de 0 a 360, medidos en el sentido de las agujas del reloj desde el norte.
- A las celdas del ráster de entrada que son planas, sin pendiente, se les asigna una orientación de -1.
- En el método geodésico, es importante especificar la unidad z de una superficie para garantizar la precisión de la salida. El parámetro **Unidad z** solo estará habilitado cuando se seleccione el método geodésico.
- Si hay una unidad z disponible en el [sistema de coordenadas verticales](#) del ráster de entrada, se aplicará automáticamente. Se recomienda que defina una unidad z para el ráster de entrada si falta esta unidad. Puede usar la herramienta [Definir proyección](#) para especificar una unidad z. Si no se ha definido, se utilizará el metro de manera predeterminada.
- Cuando el ráster de entrada se deba remuestrear, se utilizará la técnica bilineal. Un ejemplo en el que se debe remuestrear un ráster de entrada se produce cuando el sistema de coordenadas de salida, la extensión o el tamaño de celda es diferente del de entrada.
- Esta herramienta se puede agilizar mediante una GPU al calcular la orientación geodésica. Esto significa que, si en el sistema está disponible un dispositivo de GPU (unidad de procesamiento de gráficos), se utilizará para mejorar el rendimiento del método geodésico.

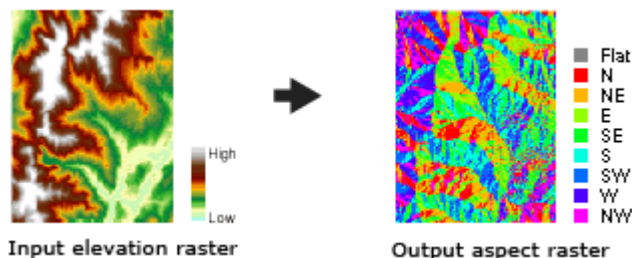
Cómo funciona Orientación

- ¿Por qué debo usar la herramienta Orientación?
- Métodos de cálculo y el efecto del borde
- Método planar
- Método geodésico
- Utilización de una GPU
- Referencias

La herramienta **Orientación** identifica la dirección de la pendiente descendente. Los valores de cada celda del ráster de salida indican la dirección de brújula a la que apunta la superficie en esa ubicación. Se mide en el sentido de las agujas del reloj en grados de 0 (hacia el norte) a 360 (hacia el norte, nuevamente), formando un círculo completo. Las áreas planas que no tienen dirección de pendiente descendente tienen un valor de -1.



En las imágenes siguientes se muestra un dataset de elevación de entrada y el ráster de orientación de salida.



¿Por qué debo usar la herramienta Orientación?

Con la herramienta Orientación, puede hacer lo siguiente:

- Buscar todas las pendientes mirando al norte en una montaña, como parte de una búsqueda de las mejores pendientes para hacer esquí.
- Calcular la iluminación solar para cada ubicación de una región como parte de un estudio para determinar la diversidad de vida en cada sitio.
- Buscar todas las pendientes hacia el sur en una región montañosa para identificar las ubicaciones donde es posible que la nieve se derrita primero, como parte de un estudio para identificar las ubicaciones residenciales que son propensas a ser afectadas primero por la escorrentía.
- Identificar áreas de terreno plano para descubrir un área en donde pueda aterrizar un aeroplano en caso de emergencia.

Métodos de cálculo y el efecto del borde

Para calcular la orientación hay dos métodos disponibles. Puede elegir entre realizar cálculos **Planares** o **Geodésicos** con el parámetro de **Método**.

Con el método planar, el cálculo se realizará en un plano liso proyectado utilizando un sistema de coordenadas cartesianas 2D. Con el método geodésico, el cálculo se realizará en un sistema de coordenadas cartesianas 3D teniendo en cuenta la forma de la Tierra como un elipsoide.

Tanto los cálculos planares como geodésicos se realizan utilizando una vecindad de celdas de 3 x 3 (ventana móvil). Para cada vecindad, si la celda de procesamiento (central) es NoData, la salida es no NoData. El cálculo también requiere que al menos siete celdas vecinas a la celda de procesamiento sean válidas. Si hay menos de siete celdas válidas, el cálculo no se realizará y la salida en esa celda de procesamiento será NoData.

Las celdas de las filas y columnas más exteriores del ráster de salida serán NoData. Esto se debe a que esas celdas no tienen suficientes vecinos válidos a lo largo del límite del dataset de entrada.

Método planar

El método planar es el método tradicional para calcular la orientación.

Algoritmo de orientación planar

Una ventana de 3 x 3 móvil visita cada celda del ráster de entrada y, para cada celda en el centro de la ventana, se calcula un valor de orientación mediante un algoritmo que incorpora los valores de las ocho vecinas de la celda. Las celdas se identifican como letras, de la *a* a la *i*, con la letra *e* representando la celda para la cual se calcula la orientación.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Ventana de superficie

La tasa de cambio en la dirección x de la celda *e* se calcula con el siguiente algoritmo:

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i)*4/wght1 - (a + 2d + g)*4/wght2) / 8$$

- donde:

wght1 y *wght2* son los recuentos ponderados horizontales de las celdas válidas.

Por ejemplo:

- si *c, f* e *i* tienen valores válidos, $wght1 = (1+2*1+1) = 4$.
- si *i* es NoData, $wght1 = (1+2*1+0) = 3$.
- si *f* es NoData, $wght1 = (1+2*0+1) = 2$.

Se aplica una lógica similar a *wght2*, salvo que las ubicaciones vecinas sean *a*, *d* y *g*.

La tasa de cambio en la dirección y de la celda *e* se calcula con el siguiente algoritmo:

$$[dz/dy] = ((g + 2h + i)*4/wght3 - (a + 2b + c)*4/wght4) / 8$$

- donde:

wght3 y *wght4* son el mismo concepto que en cálculo de $[dz/dx]$.

Tomando la tasa de cambio en la dirección x e y de la celda *e*, la orientación se calcula utilizando:

$$\text{orientación} = 57.29578 * \text{atan2} ([dz/dy], -[dz/dx])$$

El valor de orientación después se convierte a valores de dirección de brújula (de 0 a 360 grados), de acuerdo a la siguiente regla:

$$\text{if aspect} < 0 \quad \text{cell} = 90.0 - \text{aspect}$$

$$\text{else if aspect} > 90.0 \quad \text{cell} = 360.0 - \text{aspect} + 90.0 \quad \text{else} \quad \text{cell} = 90.0 - \text{aspect}$$

Ejemplo de cálculo de orientación planar

En este ejemplo, se calcula el valor de la orientación planar de la celda central de la ventana móvil.

101	92	85
101	92	85
101	91	84

Entrada de ejemplo de orientación

La tasa de cambio en la dirección x de la celda central e es:

$$\begin{aligned} [dz/dx] &= ((c + 2f + i)*4/wght1 - (a + 2d + g)*4/wght2) / 8 &= ((85 + \\ 170 + 84)*4/(1+2+1) - (101 + 202 + 101)*4/(1+2+1)) / 8 &= -8.125 \end{aligned}$$

La tasa de cambio en la dirección y de la celda e es:

$$\begin{aligned} [dz/dy] &= ((g + 2h + i)*4/wght3 - (a + 2b + c)*4/wght4) / 8 &= ((101 + \\ 182 + 84)*4/(1+2+1) - (101 + 184 + 85)*4/(1+2+1)) / 8 &= -0.375 \end{aligned}$$

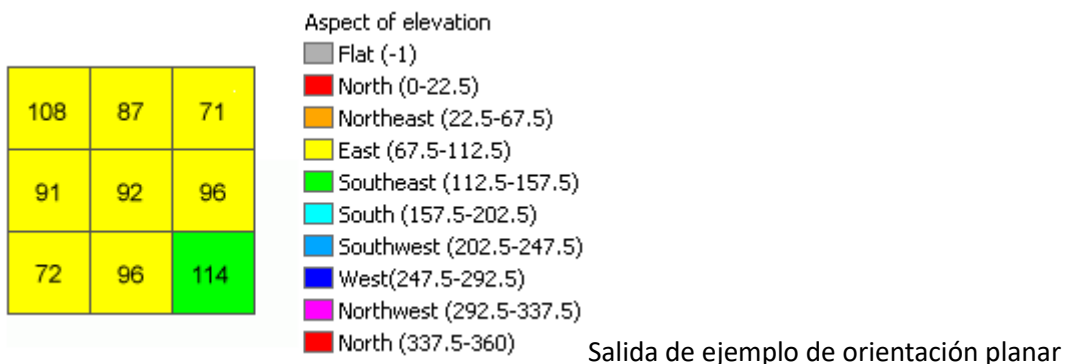
La orientación se calcula como:

$$\begin{aligned} \text{aspect} &= 57.29578 * \text{atan2} ([dz/dy], -[dz/dx]) &= 57.29578 * \text{atan2} (- \\ 0.375, 8.125) &= -2.64 \end{aligned}$$

Como el valor calculado es menor que cero, la regla final se aplicará como:

$$\text{cell} = 90.0 - \text{aspect} = 90 - (-2.64) = 90 + 2.64 = 92.64$$

El valor de 92,64 de la celda central e indica que su orientación está en la dirección este.



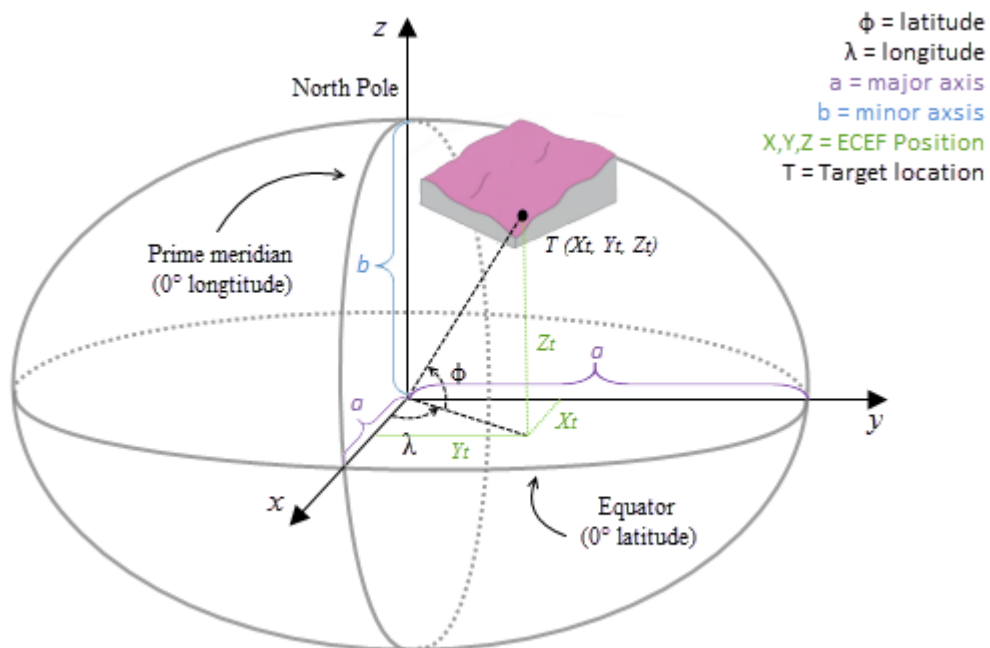
Método geodésico

El método geodésico mide la orientación de la superficie en un sistema de coordenadas 3D geocéntricas, también llamado sistema de coordenadas centrado en la Tierra, Tierra fija (ECEF), teniendo en cuenta la forma de la Tierra como un elipsoide. La forma en que esté

proyectado el dataset no afectará al resultado del cálculo. Se utilizarán las unidades z del ráster de entrada si están definidas en la referencia espacial. Si la referencia espacial de la entrada no define las unidades z, deberá hacerlo con el parámetro de unidad z. El método geodésico produce una orientación más exacta que el método planar.

Transformación de coordenadas geodésicas

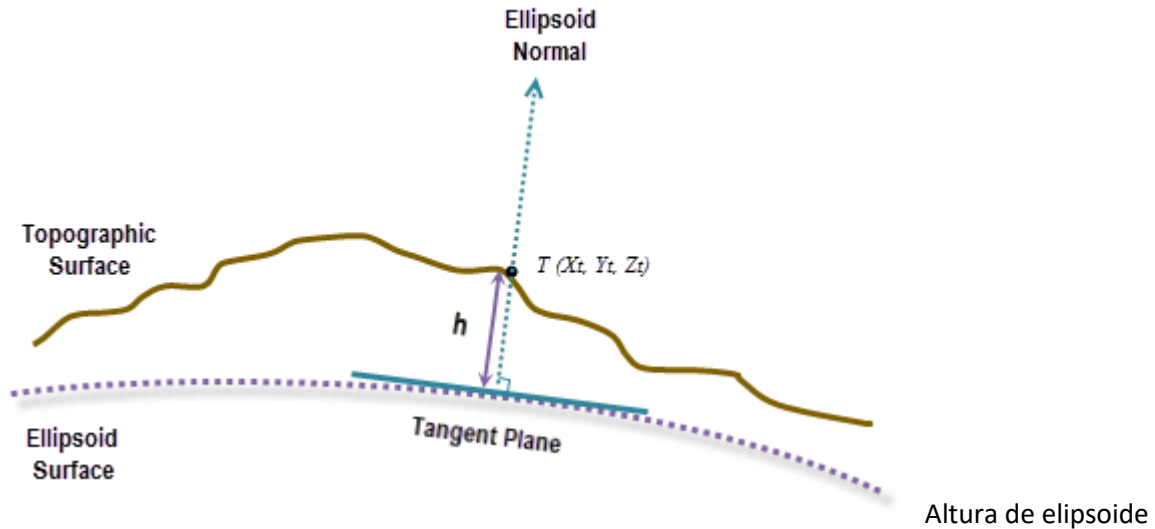
El sistema de coordenadas de ECEF es un sistema de coordenadas cartesianas dextrógiro 3D cuyo origen es el centro de la Tierra, donde cualquier ubicación se representa mediante coordenadas X, Y y Z. Consulte la figura siguiente para ver un ejemplo de una ubicación de destino T expresada con coordenadas geocéntricas.



El ráster de la superficie se transforma desde el sistema de coordenadas de entrada en un sistema de coordenadas geocéntricas 3D.

El cálculo geodésico utiliza una coordenada X, Y, Z que se calcula según sus coordenadas geodésicas (latitud ϕ , longitud λ , altura h). Si el sistema de coordenadas del ráster de superficie de entrada es un sistema de coordenadas proyectadas (PCS), el ráster se re proyecta primero a un sistema de coordenadas geográficas (GCS) donde cada ubicación tiene una coordenada geodésica y, a continuación, se transforma en el sistema de coordenadas de

ECEF. La altura h (valor z) es la altura de elipsoide asociada a la superficie de elipsoide. Consulte el gráfico de la ilustración a continuación.



Para transformar a coordenadas de ECEF desde una coordenada geodésica (latitud φ , longitud λ , altura h), utilice las fórmulas siguientes:

$$X = (N(\varphi) + h) \cos\varphi \cos\lambda$$

$$Y = (N(\varphi) + h) \cos\varphi \sin\lambda$$

$$Z = (b^2/a^2 * N(\varphi) + h) \sin\varphi$$

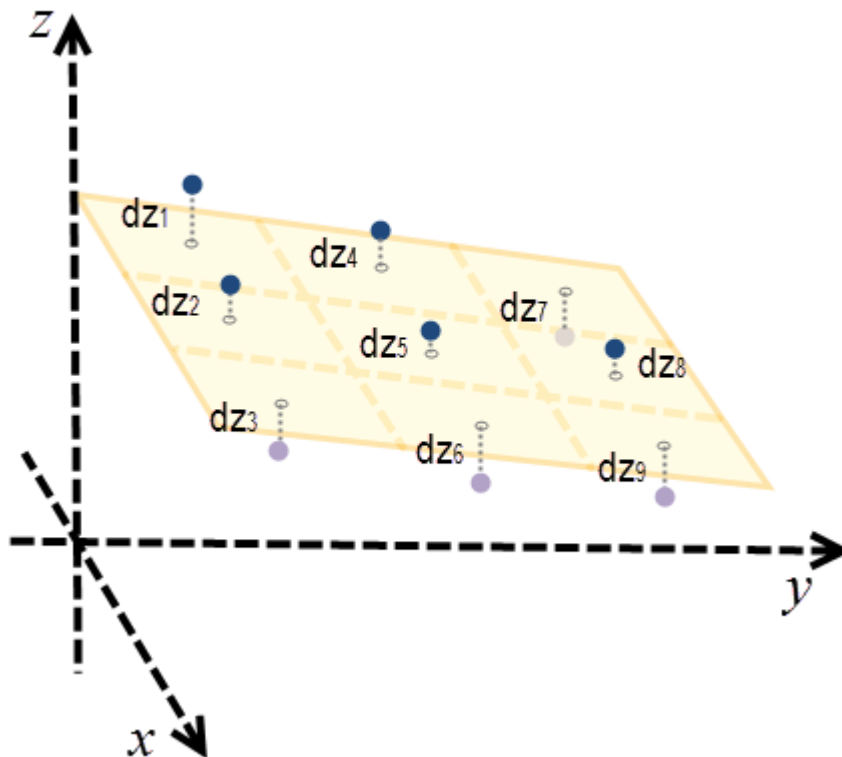
- donde:
 - $N(\varphi) = a^2 / \sqrt{a^2 \cos^2\varphi + b^2 \sin^2\varphi}$
 - φ = latitud
 - λ = longitud
 - h = altura de elipsoide
 - a = eje mayor del elipsoide
 - b = eje menor del elipsoide

La altura h de elipsoide se expresa en metros en las fórmulas anteriores. Si la unidad z de su ráster de entrada se especifica en otra unidad, se transformará internamente a metros.

Cálculo de la orientación

La orientación geodésica en una ubicación es la dirección de la pendiente descendente respecto al norte, en un plano paralelo a la superficie del elipsoide.

Para calcular la orientación en cada ubicación, se ajusta un plano vecino con celdas de 3 x 3 alrededor de cada celda de procesamiento utilizando el método por mínimos cuadrados. El mejor ajuste en el método por mínimos cuadrados minimiza la suma de la diferencia cuadrada (dz_i) entre el valor z real y el valor z ajustado. Consulte la ilustración a continuación para ver un ejemplo.



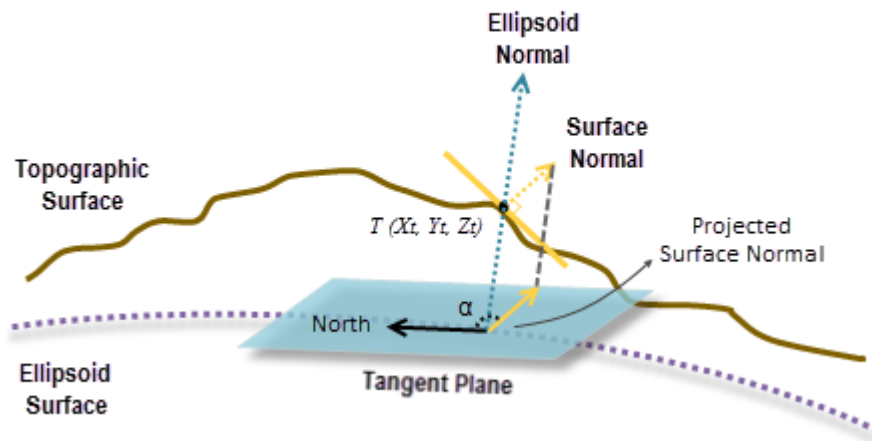
mínimos cuadrados

Ejemplo de ajuste por

Aquí, el plano se representa como $z = Ax + By + C$. Para cada centro de celda, dz_i es la diferencia entre el valor z real y el valor z ajustado.

El plano se ajusta mejor cuando $\sum_{i=1}^9 dz_i^2$ se minimiza.

Una vez ajustado el plano, se calcula una superficie normal en la ubicación de la celda. En la misma ubicación, también se calcula un elipsoide normal perpendicular al plano tangente de la superficie de elipsoide.



Cálculo de orientación geodésica

Dado que el plano tangente de la superficie elipsoide se considera el plano de referencia, la superficie normal se proyecta perpendicularmente en el plano. Finalmente, la orientación geodésica es calculada midiendo el ángulo α en el sentido de las agujas del reloj entre el norte y la proyección perpendicular de la superficie normal (consulte la ilustración de arriba).

Curvas de nivel

- [Resumen](#)
- [Uso](#)
- [Sintaxis](#)
- [Muestra de código](#)
- [Entornos](#)
- [Información sobre licencias](#)

Resumen

Crea una clase de entidad de curvas de nivel a partir de una superficie de ráster.

Uso

- Las curvas de nivel no se extienden más allá de la extensión espacial del ráster y no se generan en áreas de NoData; por lo tanto, las entradas de las curvas de nivel adyacentes primero deberían ajustar sus bordes en un dataset de entidades continuo. Como alternativa del ajuste de bordes, puede fusionar los rásteres adyacentes antes de computar las curvas de nivel.

Sin embargo, los polígonos se extrapolan al eje exterior del ráster cuando **Tipo de curva de nivel** no es igual que CONTOUR.

- Las curvas de nivel se pueden generar en áreas de valores de ráster negativos. Los valores de las curvas de nivel serán negativos en dichas áreas. No se permiten los intervalos negativos de las curvas de nivel.
- Se pueden obtener curvas de nivel más suaves pero menos precisas procesando previamente el ráster de entrada con una operación de [Estadísticas focalizadas](#) con la opción MEAN o con la herramienta [Filtro](#) con la opción LOW.

- Una curva de nivel base se usa, por ejemplo, cuando desea crear curvas de nivel cada 15 metros, comenzando a los 10 metros. Aquí, 10 se utilizará para la curva de nivel base y 15 será el intervalo de las curvas de nivel. Los valores en los que se generará una curva de nivel serán 10, 25, 40, 55 y así sucesivamente.
- Especificar una curva de nivel base no evita que las curvas de nivel se creen por encima o por debajo de ese valor.
- **Tipo de curva de nivel** se utiliza para generar líneas o polígonos de curvas de nivel. Por ejemplo, si tiene un ráster con valores entre el 0 y el 1.000 y su intervalo de curvas de nivel es 250, estas son las distintas clases de entidad de salida que se crearán:
 - **CONTOUR**: líneas en 250, 500, 750 y 1000
 - **CONTOUR_POLYGON**: polígonos entre 0-250, 250-500, 500-750 y 750-1000
 - **CONTOUR_SHELL**: polígonos entre 0-1000, 0-750, 0-500 y 0-250
 - **CONTOUR_SHELL_UP**: polígonos entre 0-1000, 250-1000, 500-1000 y 750-1000
- El parámetro **Máximo de vértices por entidad** se puede utilizar para subdividir una entidad. Solo se debe utilizar si las entidades de salida contendrán un número de vértices muy elevado (muchos millones). Este parámetro produce una salida similar a la creada por la herramienta [Subdividir](#).

Este parámetro se ha concebido como una forma de subdividir entidades extremadamente grandes que pueden causar problemas más adelante, por ejemplo, al almacenar, analizar o dibujar las entidades.

La elección de un límite depende de la memoria disponible en el equipo en el que se ejecuta la herramienta y el tamaño de la entidad (las entidades de mayor tamaño requieren más memoria). La mayoría de equipos modernos que ejecutan software de 64 bits normalmente no presentan problemas con entidades individuales que contienen cientos de miles o millones de vértices. Si detecta cualquier problema, configurar este parámetro con un valor grande, como 1 millón, podría solventar problemas debidos al tamaño de una entidad.

El parámetro de límite de vértices se puede utilizar para subdividir una entidad. Solo se debe utilizar si las entidades de salida contendrán un número de vértices muy elevado (muchos millones).

- Si se especifica [Extensión](#) en la configuración del entorno y la esquina inferior izquierda de la extensión de salida no coincide con la esquina de ninguna celda en el ráster de entrada, durante el procesamiento se realizará un desplazamiento de la alineación de la celda del ráster de entrada para que coincida con la extensión especificada. Este desplazamiento activará un remuestreo del ráster de entrada utilizando el método Bilineal. Por consiguiente, las entidades de salida también se desplazarán y puede que las entidades de salida resultantes no se superpongan exactamente con el ráster de entrada original. Puede evitar este desplazamiento utilizando el ráster de entrada como [Ráster de alineación](#) en el entorno.

Cómo funciona Curvas de nivel

- ¿Para qué crear curvas de nivel?
- Calidad de la curva de nivel
- Controlar la calidad de las curvas de nivel
- Problema de datos con USGS DEM

Las curvas de nivel son líneas que conectan ubicaciones de igual valor en un dataset de ráster que representa fenómenos continuos como: elevación, temperatura, precipitación, contaminación o presión atmosférica. Las entidades de línea conectan celdas de valor constante en la entrada. Las líneas de curvas de nivel, generalmente, se denominan isolíneas, pero también pueden tener términos específicos según lo que se esté midiendo. Algunos ejemplos son isobaras para la presión, isotermas para la temperatura e isoyetas para la precipitación.

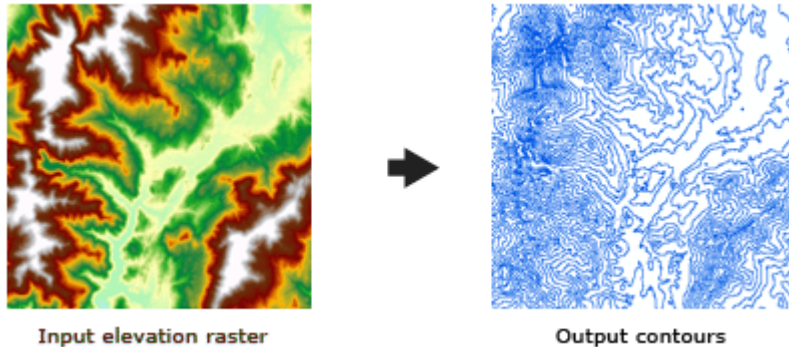
La distribución de las líneas de las curvas de nivel muestra cómo cambian los valores a través de una superficie. Cuando hay poco cambio en un valor, las líneas están más separadas entre sí. Cuando los valores suben o bajan rápidamente, las líneas están más juntas.

Las herramientas de creación de curvas de nivel, Curvas de nivel, Lista de curvas de nivel y Curvas de nivel con barreras, se utilizan para crear un dataset de entidad de polilínea desde un ráster de entrada.

¿Para qué crear curvas de nivel?

Siguiendo la polilínea de una curva de nivel determinada es posible identificar qué ubicaciones tienen el mismo valor. Las curvas de nivel también son una útil representación de la superficie, ya que permiten visualizar de manera simultánea las áreas planas y empinadas (distancia entre las curvas de nivel), así como crestas y valles (polilíneas convergentes y divergentes).

El siguiente ejemplo muestra un dataset de elevación de entrada y el dataset de curvas de nivel de salida. Las áreas donde las curvas de nivel están más cerca indican ubicaciones más pronunciadas. Se corresponden con las áreas de mayor elevación (en blanco en el dataset de elevación de entrada).



La tabla de atributos de curvas de nivel contiene un atributo de elevación para cada polilínea de curva de nivel.

Calidad de la curva de nivel

Las herramientas de curvas de nivel producen curvas de nivel de calidad de ingeniería, que representan una interpretación exacta de la superficie del ráster. La precisión general de la curva de nivel depende de qué tan bien los datos que se utilizaron para crear el ráster de entrada representan la superficie real.

El tamaño de las celdas ráster utilizadas afecta la apariencia de las curvas de nivel de salida. Un tamaño de celda grande puede resultar en curvas de nivel gruesas y toscas.

Ocasionalmente, las curvas de nivel de calidad de ingeniería pueden cruzar, parecer intersectar o formar una línea ramificada sin cerrar. Los cruces de curvas de nivel pueden ocurrir en collados que yacen exactamente sobre un intervalo de curvas de nivel. En otros casos, las curvas de nivel pueden pasar tan cerca de otras que parecen intersectarse. Las curvas de nivel ramificadas pueden ocurrir en casos de crestas que se intersectan y que caen exactamente en un intervalo de curvas de nivel. Éstas son todas interpretaciones válidas de

calidad de ingeniería de la superficie que los cartógrafos modifican, comúnmente, con fines estéticos.

Controlar la calidad de las curvas de nivel

Ocasionalmente, es posible crear curvas de nivel que tengan contornos cuadrados o toscos, que parezcan seguir los límites de la celda ráster. Esto puede ocurrir cuando los valores de ráster son números enteros y caen exactamente sobre una curva de nivel. Esto no es un problema, sino sólo una delineación exacta de la curva de nivel de los datos.

Si desea curvas de nivel más suaves, algunas formas de solucionar esta condición incluyen suavizar los datos de origen o ajustar la curva de nivel base.

Suavizar los datos

El enfoque de suavizado más sencillo sería procesar previamente el ráster de entrada con la herramienta Estadísticas focalizadas, utilizando la estadística Valor medio.

Otro método es ajustar levemente los valores z para que una curva de nivel ya no pase exactamente por los centros de las celdas del ráster. De nuevo, se utiliza la herramienta Estadísticas focalizadas, pero esta vez con un archivo kernel ponderado personalizado y la estadística Suma. La estructura del archivo kernel es:

3 3

.005 .005 .005

.005 .960 .005

.005 .005 .005

La precisión de la curva de nivel no se verá significativamente afectada porque el ajuste del valor z es pequeño y tiene una mayor ponderación en favor de la celda ráster central.

Ajustar la curva de nivel base

Ajustar la curva de nivel base implica desplazar la curva de nivel base de manera que las curvas de nivel ya no pasen exactamente por los centros de las celdas. El desplazamiento puede ser muy pequeño; valores tan bajos como 0,0001 han sido efectivos.

Nota:

Para aplicar esta técnica a la herramienta Lista de curvas de nivel, ajuste simplemente los valores de la lista de curvas de nivel. Por ejemplo, en vez de **600**, **650**, **700** y sucesivos, utilice en su lugar **600.001**, **650.001**, **700.001** y sucesivos.

Curva de nivel con barreras

- [Resumen](#)
- [Uso](#)
- [Sintaxis](#)
- [Muestra de código](#)
- [Entornos](#)
- [Información sobre licencias](#)

Resumen

Creación de curvas de nivel a partir de una superficie de ráster. La inclusión de entidades de barrera permite generar de forma independiente curvas de nivel a cada lado de la barrera.

Uso

- La versión actual de Curvas de nivel con barreras solo admite la salida de polilínea. Si se usa la opción de salida de polígono, se ignorará y se creará una salida de polilínea.
- Se pueden obtener curvas de nivel más suaves pero menos precisas procesando previamente el ráster de entrada con una operación de [Estadísticas focalizadas](#) con la opción MEAN o con la herramienta [Filtro](#) con la opción LOW.

- Las curvas de nivel se extienden a la celda NoData del ráster por una distancia de la mitad del tamaño de celda del ráster. Esto significa que las curvas de nivel se generan sobre celdas NoData únicas. Sin embargo, en un área de NoData de 3 celdas por 3 celdas, las curvas de nivel que se extienden a esta área son de la mitad de la distancia del tamaño de la celda.

- El campo **Tipo** de la clase de entidad de curvas de nivel de salida puede tener valores tales como:
 - 1 for contours

 - 2 for indexed contours

 - 3 for explicit contours

- Un intervalo de curvas de nivel indexadas se puede usar para generar curvas de nivel adicionales y el valor de **Tipo** se codificará como 2 en la clase de entidad de salida.

- Una curva de nivel base se usa, por ejemplo, cuando desea crear curvas de nivel cada 15 metros, comenzando a los 10 metros. Aquí, 10 se utilizará para la curva de nivel base y 15 será el intervalo de las curvas de nivel. Los valores en los que se generará una curva de nivel serán 10, 25, 40, 55 y así sucesivamente.

- Especificar una curva de nivel base no evita que las curvas de nivel se creen por encima o por debajo de ese valor.

- Un archivo de texto que contiene especificaciones del valor de curva de nivel puede incluir lo siguiente:
 - Cualquier línea que comienza con un valor no numérico se ignora y se trata como línea de comentario.
 - Una línea con un valor único se tratará como un valor de curva de nivel explícito.
 - Una línea que contenga tres valores será tratada como base, intervalo de curvas de nivel y curva de nivel indexada.

- Una línea con cuatro valores se trata como desde, hasta, por y curvas de nivel indexadas.

Por ejemplo, si un ráster tiene un valor mínimo de 102 y uno máximo de 500, entonces, un archivo de texto con:

```
# contour values and ranges
```

```
122.75
```

```
485 500 5 12
```

```
4 100 99
```

producirá curvas de nivel en:

```
122.75
```

```
104, 204, 304, 404
```

```
103, 202, 301, 400, 499
```

```
485, 490, 495, 500
```

```
497
```

- Si hay valores de celda del ráster dentro de una entidad poligonal de barrera, las líneas de la curva de nivel se dividirán en la barrera. Si los valores de celda dentro de la entidad poligonal se deben ignorar, cambie dichos valores a NoData.
- Si la superficie de ráster de entrada es muy grande o se solicitan muchas entidades de salida, se crea una gran cantidad de archivos temporales en la ubicación de archivos temporales del sistema operativo. Si ocurre algún problema como resultado de esto, debe hacer lo siguiente:
 - Aumentar el espacio en disco disponible para los archivos temporales.

- Reducir la cantidad de curvas de nivel especificadas, o dividir el rango de curvas de nivel y procesar cada grupo por separado y, después, combinar los resultados de cada rango en un resultado final.
 - Procesar los datos de entrada en secciones (teselas) y fusionar los resultados individuales en un dataset.
- Las entidades de curvas de nivel de salida se pueden etiquetar mediante la herramienta [Anotación de curva de nivel](#).

Curvatura

Resumen

Calcula la curvatura de una superficie de ráster e incluye, opcionalmente, la curvatura del perfil y del plano.

Uso

- La salida principal es la curvatura de la superficie celda por celda, ajustada a través de esa celda y sus vecinos circundantes. La curvatura es la derivada segunda de la superficie, o la pendiente de la pendiente. Existen dos tipos de curvatura de salida opcionales posibles: la curvatura del perfil está en la dirección de la pendiente máxima y la curvatura del plano es perpendicular a la dirección de la pendiente máxima.
- Una curvatura positiva indica que la superficie es convexa hacia arriba en esa celda. Una curvatura negativa indica que la superficie es cóncava hacia arriba en esa celda. Un valor 0 indica que la superficie es plana.
- En la salida del perfil, un valor negativo indica que la superficie es convexa hacia arriba en esa celda. Un perfil positivo indica que la superficie es cóncava hacia arriba en esa celda. Un valor 0 indica que la superficie es plana.
- En la salida del plano, un valor positivo indica que la superficie es convexa hacia arriba en esa celda. Un plano negativo indica que la superficie es cóncava hacia arriba en esa celda. Un valor 0 indica que la superficie es plana.
- Las unidades del ráster de curvatura de salida, así como las unidades del ráster de curvatura de perfil de salida opcional y el ráster de curvatura plana de salida son una centésima parte (1/100) de una unidad z. Los valores razonablemente esperados de los tres rásteres de salida de un área accidentada (relieve moderado) pueden variar de -0,5 a 0,5; mientras que para montañas

empinadas y escarpadas (relieve extremo), los valores pueden variar entre -4 y 4. Tenga en cuenta que es posible exceder este rango para ciertas superficies de ráster.

- Cuando el ráster de entrada se deba remuestrear, se utilizará la técnica bilineal. Un ejemplo en el que se debe remuestrear un ráster de entrada se produce cuando el sistema de coordenadas de salida, la extensión o el tamaño de celda es diferente del de entrada.
- Consulte Entornos de análisis y Spatial Analyst para obtener detalles adicionales sobre los entornos de geoprocésamiento que se aplican a esta herramienta.

Cómo funciona Curvatura

- [Interpretar los resultados de la herramienta Curvatura](#)
- [Referencias](#)

La herramienta [Curvatura](#) calcula el valor de la derivada segunda de la superficie de entrada celda por celda.

Para cada celda, una transformación polinómica de cuarto orden de la forma:

$$Z = Ax^2y^2 + Bx^2y + Cxy^2 + Dx^2 + Ey^2 + Fxy + Gx + Hy + I$$

es adecuada para una superficie compuesta por una ventana 3x3. Los coeficientes **a**, **b**, **c** y sucesivos se calculan desde esta superficie.

A continuación, se incluyen relaciones entre los coeficientes y los nueve valores de elevación de las celdas numeradas, como se muestra en el diagrama:

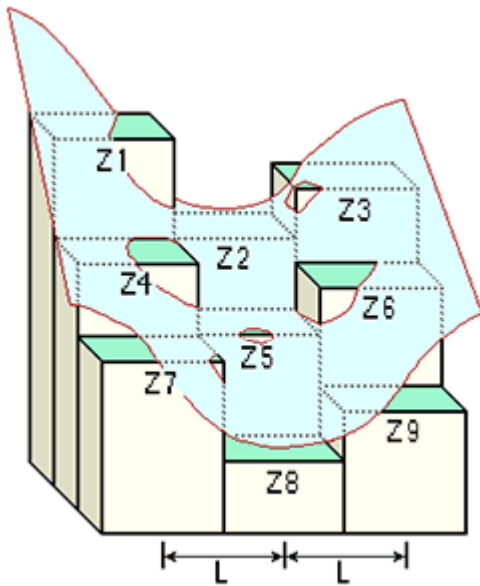


Diagrama de valores de curvatura

$$\begin{aligned}
 A &= [(Z1 + Z3 + Z7 + Z9) / 4 - (Z2 + Z4 + Z6 + Z8) / 2 + Z5] / L^4 \\
 B &= [(Z1 + Z3 - Z7 - Z9) / 4 - (Z2 - Z8) / 2] / L^3 \\
 C &= [(-Z1 + Z3 - Z7 + Z9) / 4 + (Z4 - Z6) / 2] / L^3 \\
 D &= [(Z4 + Z6) / 2 - Z5] / L^2 \\
 E &= [(Z2 + Z8) / 2 - Z5] / L^2 \\
 F &= (-Z1 + Z3 + Z7 - Z9) / 4L^2 \\
 G &= (-Z4 + Z6) / 2L \\
 H &= (Z2 - Z8) / 2L \\
 I &= Z5
 \end{aligned}$$

La salida de la herramienta Curvatura es la derivada segunda de la superficie, por ejemplo, la pendiente de la pendiente, de forma que:

$$\text{Curvature} = -2(D + E) * 100$$

Desde un punto de visualización aplicado, la salida de la herramienta se puede utilizar para describir las características físicas de una cuenca de drenaje para intentar entender los procesos de erosión y escorrentía. La pendiente afecta la tasa general de movimiento descendente. La orientación define la dirección del flujo. La curvatura del perfil afecta la aceleración y desaceleración del flujo y, por lo tanto, influye en la erosión y la sedimentación. La curvatura de la plataforma influye en la convergencia y divergencia del flujo.

Visualizar curvas de nivel sobre un ráster puede ayudar a comprender e interpretar los datos resultantes de la ejecución de la herramienta Curvatura. El siguiente es un ejemplo del proceso:

Interpretar los resultados de la herramienta Curvatura

Mostrar las curvas de nivel sobre un ráster puede ayudar a comprender e interpretar los datos que resultan de ejecutar la herramienta. El siguiente es un ejemplo del proceso.

1. Cree un ráster de curvatura:

Ráster de entrada : elev_ras

Ráster de curvatura de salida : curv_ras

Factor z : 1

Ráster de curvatura de perfil de salida : profile_ras

Ráster de curvatura plana de salida : plan_ras

2. Cree curvas de nivel del ráster de superficie:

Ráster de entrada : elev_ras

Entidades de polilíneas de salida : cont_lines

Intervalo de curvas de nivel : 100

Curvas de nivel base : ""

Factor z : 1

3. Cree un ráster de pendiente:

Ráster de entrada : elev_ras

Ráster de salida : slope_ras

Medición de salida : DEGREE

Factor z : 1

4. Después cree curvas de nivel de la pendiente:

Ráster de entrada : slope_ras

Entidades de polilíneas de salida : cont_slope

Intervalo de curvas de nivel : 5

Curvas de nivel base : ""

Factor z : 1

5. Agregar el ráster de curvatura como una capa de ArcMap. Superponga los dos datasets de entidades de curva de nivel recién creados y aplique una simbología de colores diferente para cada uno.

Corte/relleno

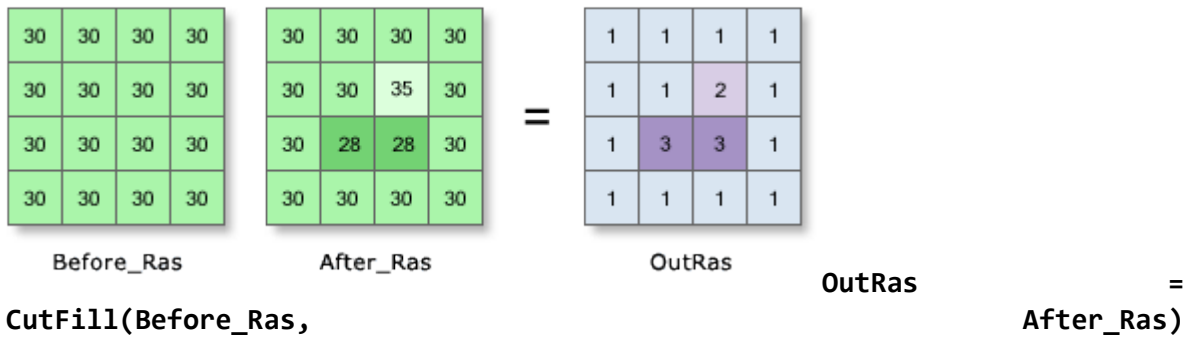
- Resumen
- Ilustración
- Uso
- Sintaxis
- Muestra de código
- Entornos
- Información sobre licencias

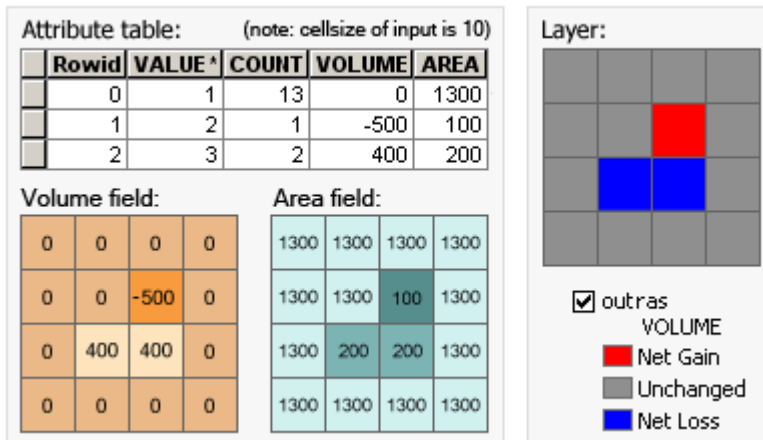
Resumen

Calcula el cambio de volumen entre dos superficies. Se utiliza comúnmente para las operaciones de corte y relleno.

Más información sobre cómo funciona Cortar/Rellenar

Ilustración





Al realizar la operación de Cortar/Rellenar, se aplica a la capa, por defecto, un renderizador especializado que resalta las ubicaciones de corte y relleno. El determinante es la tabla de atributos del ráster de salida, que considera que el volumen positivo está donde se cortó (quitó) material y el volumen negativo está donde se rellenó (agregó) material.

Uso

- La herramienta Cortar/Rellenar le permite crear un mapa basado en dos superficies de entrada (antes y después), visualizando las áreas y los volúmenes de los materiales de superficie que se modificaron al quitar o agregar material de superficie.
- Ambas superficies del ráster de entrada deben ser coincidentes. Es decir, deben tener un origen común, la misma cantidad de filas y columnas de celdas y el mismo tamaño de celda.
- Para obtener resultados exactos, las unidades z deben ser las mismas que las unidades x,y de terreno. Esto garantiza que los volúmenes resultantes sean medidas cúbicas significativas (por ejemplo, metros cúbicos). Si no son las mismas, utilice un factor z para convertir las unidades z en unidades x,y. Por ejemplo, si las unidades x,y son metros y las unidades z son pies, podría especificar un factor z de 0,3048 para convertir los pies a metros.

Otra alternativa es usar la herramienta matemática Multiplicación para crear un ráster de superficie en el que los valores z se hayan ajustado para coincidir con las unidades de terreno.

- La tabla de atributos del ráster de salida presenta los cambios en los volúmenes de superficie tras la operación de corte/relleno. Los valores positivos de la diferencia de volumen indican las

regiones del ráster de superficie previo que fueron recortadas (se quitó material). Los valores negativos indican las áreas que fueron rellenadas (se agregó material). Consulte *Cómo funciona Cortar/Rellenar* para obtener más detalles sobre cómo se calculan los resultados.

- Cuando la operación de corte/relleno se realiza desde la herramienta, se aplica un renderizador especializado por defecto que resalta las ubicaciones de corte y de relleno. El renderizador dibuja las áreas que se cortaron en color azul y las áreas que se rellenaron en rojo. Las áreas que no se modificaron se visualizan en gris.
- Cuando el ráster de entrada se deba remuestrear, se utilizará la técnica bilineal. Un ejemplo en el que se debe remuestrear un ráster de entrada se produce cuando el sistema de coordenadas de salida, la extensión o el tamaño de celda es diferente del de entrada.

[examples/output/outcutfill01"\)](#)

Cómo funciona Cortar/Rellenar

- Aplicaciones
- Vista
- Usar la herramienta Corte/Relleno para analizar la morfología de los ríos
- Cálculos
- Tabla de atributos

Una operación de corte y relleno es un procedimiento en el que la elevación de una superficie de forma del suelo se modifica añadiendo o quitando materiales de superficie.

La herramienta Cortar/Rellenar resume las áreas y volúmenes de cambio desde una operación de corte y relleno. Al tomar superficies de una ubicación determinada en dos períodos de tiempo diferentes, se identifican las regiones en donde se quitó material de superficie, en donde se agregó material de superficie y donde no se modificó la superficie.

Aplicaciones

Con la herramienta Cortar/Rellenar, puede hacer lo siguiente:

- Identificar regiones de erosión y sedimentación en el valle de un río.
- Calcular los volúmenes y las áreas del material de superficie que se debe quitar y las áreas que se deben rellenar para nivelar un sitio a fin de construir un edificio.
- Identificar áreas que se inundan con frecuencia con materiales de superficie durante un alud de lodo en un estudio para ubicar áreas seguras de terreno estable para construir casas.

Vista

Cuando se ejecuta la herramienta Cortar/Rellenar, se aplica, por defecto, un renderizador especializado que resalta las ubicaciones de corte y relleno. El determinante es la tabla de atributos del ráster de salida y considera que el volumen positivo está donde se cortó (quitó) material y el volumen negativo está donde se rellenó (agregó) material.

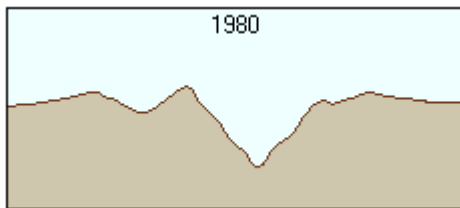
Consulte la Ilustración de la documentación de herramienta para ver un ejemplo.

Usar la herramienta Corte/Relleno para analizar la morfología de los ríos

Utilizando la morfología del río como ejemplo para rastrear la cantidad y la ubicación de los fenómenos de erosión y sedimentación en el valle de un río, se debe tomar una serie de secciones transversales a lo largo del valle para realizarles un relevamiento topográfico con regularidad a fin de identificar las regiones de erosión y sedimentación.

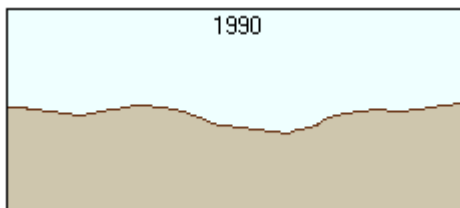
En los siguientes gráficos se muestra el perfil lateral de una de las secciones transversales de la superficie que experimentó cambios donde se quitó material de algunas áreas y se agregó en otras.

En el primer gráfico se muestra la superficie en su estado original:



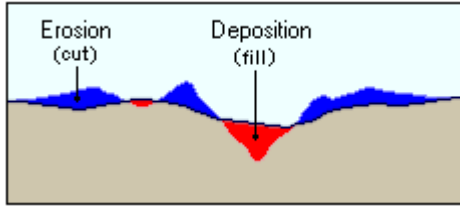
Perfil de superficie anterior

En el segundo gráfico se muestra la superficie después de un período de tiempo en el que actuaron las fuerzas de la erosión y la sedimentación.



Perfil de superficie posterior

El tercer gráfico muestra cómo la herramienta Cortar/Rellenar identifica las áreas donde el material se ha eliminado (cortado) y donde se ha incrementado (rellenado):



Erosión y sedimentación de corte/relleno

Cálculos

El ráster de salida retiene varias propiedades del cambio en su tabla de atributos.

Áreas conectadas por bordes identificadas

Primero, desde la esquina superior derecha, se asigna un valor secuencial a cada área única conectada por bordes de corte, relleno o sin cambios.

Los diferentes tipos de conectividad se muestran en el siguiente gráfico:



Cálculo de volumen

El volumen se calcula para cada región de corte/relleno. En el caso de una celda única, la fórmula para obtener el volumen es:

$$\text{Vol} = (\text{cell_area}) * \Delta Z$$

- donde:

$$\Delta Z = Z_{\text{Antes}} - Z_{\text{Después}}$$

Por ejemplo, una celda en particular tiene un valor z inicial de 235 y un tamaño de celda de 10 metros. Si se excava 3 metros en la ubicación, el volumen será:

$$\text{Vol} = (10\text{m} * 10\text{m}) * (235\text{m} - 232\text{m}) = 100\text{m}^2 * 3\text{m}$$

$$= 300\text{m}^3$$

Nota:

A partir de la fórmula, en áreas donde se ha cortado material, el volumen será positivo (**valor más grande - valor más pequeño** > 0). Cuando se ha agregado material, el volumen será negativo (**valor más pequeño - valor más grande** < 0).

Cálculo del área

El área se calcula para cada región de corte/relleno. Ésta es, simplemente, la cantidad de celdas de la región (conteo) multiplicado por el tamaño de celda del ráster.

Tabla de atributos

A continuación, se muestra un ejemplo de la tabla de atributos para el ráster de salida:

ObjectID	Value	Count	Volume	Area
0	1	55819	0.000	258107056
1	2	707	-137415060.250	3269168
2	3	65	-114913516.625	300560
3	4	810	1235057106.000	3745440

Los valores positivos de volumen indican áreas donde se cortó (quitó) material y los valores de volumen negativos son las áreas donde se rellenó (agregó) material.

Sombreado

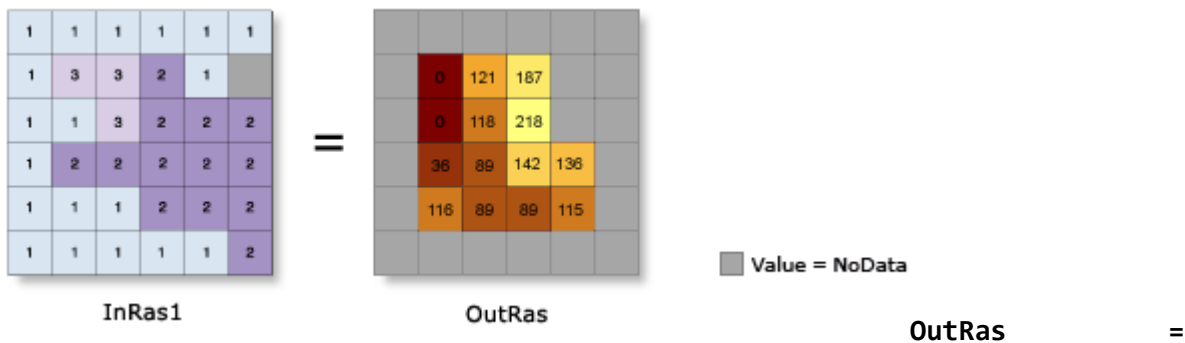
.Resumen

- Ilustración
- Uso
- Sintaxis
- Muestra de código
- Entornos
- Información sobre licencias

Resumen

Crea un relieve sombreado a partir de un ráster de superficie teniendo en cuenta el ángulo de la fuente de iluminación y las sombras.

Ilustración



Hillshade(InRas1, 99, 33)

Uso

- La herramienta Sombreado crea un ráster de relieve sombreado a partir de un ráster. Se considera que la fuente de iluminación está en el infinito.
- El ráster de sombreado tiene un rango de valores enteros de 0 a 255.

- Es posible obtener como salida dos tipos de rásteres de relieve sombreado. Si la opción **Modelar sombras** está deshabilitada (desactivada), el ráster de salida solo considera el ángulo de iluminación local. Si está habilitada (activada), el ráster de salida considera los efectos del ángulo de iluminación local y la sombra.
- El análisis de las sombras se lleva a cabo teniendo en cuenta los efectos del horizonte local en cada celda. A las celdas ráster que están en la sombra se les asigna un valor de cero.
- Para crear un ráster de las áreas de sombra solamente, utilice la herramienta Evaluación condicional, Reclassificar o Extraer por consulta de atributos para separar el valor cero de los demás valores del sombreado. La opción **Sombras de modelo** debe estar activada para crear este resultado.
- Si el ráster de entrada es un sistema de coordenadas esféricas, como el de grados decimales, el sombreado resultante puede verse de manera peculiar. Esto se debe a la diferencia en la medición entre las unidades de suelo horizontales y las unidades z de elevación. Dado que la longitud de un grado de longitud cambia con la latitud, necesitará especificar un factor z apropiado para esa latitud. Si las unidades x,y son grados decimales y las unidades z son metros, algunos factores z apropiados para las latitudes particulares son:

Latitude	Z-factor
0	0.00000898
10	0.00000912
20	0.00000956
30	0.00001036
40	0.00001171
50	0.00001395

- 60 0.00001792
- 70 0.00002619
- 80 0.00005156

- Es posible crear vistas tridimensionales espectaculares de la superficie sombreada a través de la superposición del ráster de salida en ArcGIS ArcScene.
- Cuando el ráster de entrada se deba remuestrear, se utilizará la técnica bilineal. Un ejemplo en el que se debe remuestrear un ráster de entrada se produce cuando el sistema de coordenadas de salida, la extensión o el tamaño de celda es diferente del de entrada.

Cómo funciona Sombreado

- Parámetros de sombreado
- Usar el sombreado para la visualización
- Usar el sombreado para el análisis
- Cómo se calcula el sombreado
- Ejemplo de cálculo de sombreado
- Referencias

La herramienta Sombreado obtiene la iluminación hipotética de una superficie determinando los valores de iluminación para cada celda de un ráster. Para esto, se configura la posición de una fuente de luz hipotética y se calculan los valores de iluminación de cada celda respecto de las celdas vecinas. Esto puede mejorar mucho la visualización de una superficie para su análisis o visualización gráfica, en especial cuando se utiliza la transparencia.

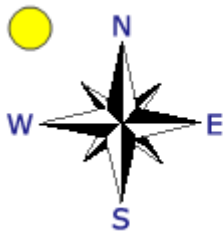
Por defecto, la sombra y la luz son tonos de grises asociados a números enteros, de 0 a 255 (aumenta de negro a blanco).

Parámetros de sombreado

El factor principal al crear un mapa de sombreado para cualquier ubicación es la ubicación del sol en el cielo.

Acimut

El acimut es la dirección angular del sol, medida de 0 a 360 grados desde el Norte en sentido de las agujas del reloj. Un acimut de 90 grados es Este. El acimut predeterminado es 315 grados (NO).

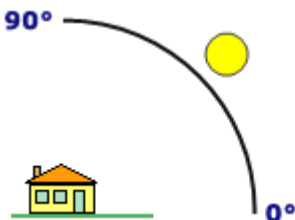


sombreado es 315°

El acimut predeterminado del sol (dirección) para el

Altitud

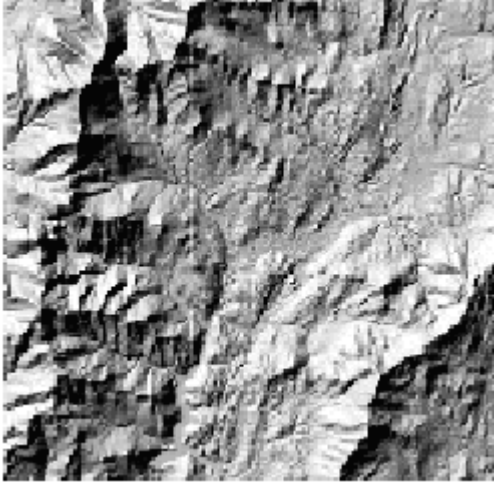
La altitud es la pendiente o el ángulo de la fuente de iluminación por encima del horizonte. Las unidades se expresan en grados, de 0 (en el horizonte) a 90 (arriba). El valor predeterminado es 45 grados.



La altitud predeterminada del sol para el sombreado es 45°

Ejemplo de sombreado

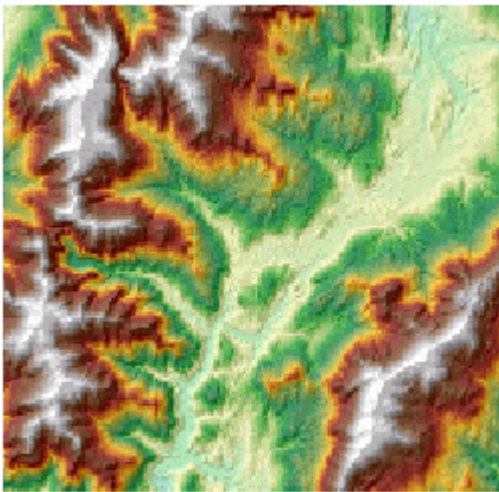
En el siguiente ejemplo de sombreado, el acimut es de 315 grados y la altitud es de 45 grados.



Ejemplo de salida de sombreado

Usar el sombreado para la visualización

Colocando un ráster de elevación sobre un ráster de sombreado y ajustando la transparencia del ráster de elevación, puede crear fácilmente un mapa de relieve visualmente atractivo de un paisaje.



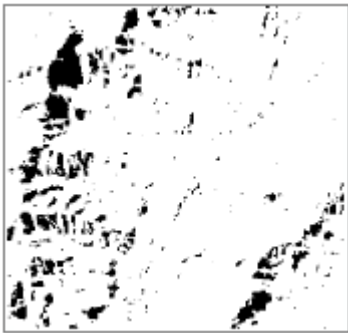
Cree un ráster de relieve sombreado combinando rásteres de elevación y sombreado con transparencia

Puede agregar otras capas, como tipos de uso del suelo, vegetación, carreteras o arroyos para aumentar aún más el contenido de información en la visualización.

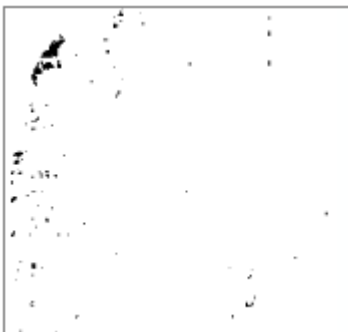
Usar el sombreado para el análisis

Al modelar el tono (la opción predeterminada), puede calcular la iluminación local y si la celda cae en una sombra o no.

Al modelar la sombra, puede identificar la celdas que estarán a la sombra de otra celda en un momento particular del día. Las celdas que se encuentran en la sombra de otra celda se codifican con 0; todas las otras celdas se codifican con números enteros desde 1 a 255. Puede clasificar todos los valores mayores que 1 a 1, produciendo un ráster de salida binario. En el ejemplo siguiente, las áreas negras están a la sombra. El acimut es el mismo en cada imagen, pero se modifica el ángulo (la altitud) del sol.



Sombras con bajo ángulo solar



Sombras con alto ángulo solar

Cómo se calcula el sombreado

Para calcular el valor del tono, primero se necesita la altitud y el acimut de la fuente de iluminación. Estos valores se procesan con los cálculos de pendiente y orientación para determinar el valor final de sombreado de cada celda del ráster de salida.

Algoritmo de sombreado

El algoritmo para calcular el valor de sombreado es el siguiente:

$$(1) \text{ Sombreado} = 255.0 * ((\cos(\text{Zenith_rad}) * \cos(\text{Slope_rad})) + (\sin(\text{Zenith_rad}) * \sin(\text{Slope_rad}) * \cos(\text{Azimuth_rad} - \text{Aspect_rad})))$$

Tenga en cuenta que si el cálculo del valor de sombreado es < 0 , el valor de la celda de salida será = 0.

Calcular el ángulo de iluminación

La altitud de la fuente de iluminación se especifica en grados por encima de la horizontal. Sin embargo, la fórmula para calcular el valor de sombreado requiere que el ángulo esté representado en radianes y que sea la desviación de la vertical. La dirección recta hacia arriba desde la superficie (directamente arriba) se denomina Cénit. El ángulo cénit se mide desde el punto del cénit hacia la dirección de la fuente de iluminación y es el complemento de 90 grados de la altitud. Para calcular el ángulo de iluminación, primero debe convertir el ángulo de altitud en ángulo cénit. Después convierta el ángulo a radianes.

Convertir la altitud a ángulo cénit:

$$(2) \text{ Zenith_deg} = 90 - \text{Altitud}$$

Convertir a radianes:

$$(3) \text{ Zenith_rad} = \text{Zenith} * \pi / 180.0$$

Calcular la dirección de iluminación

La dirección de la fuente de iluminación, el acimut, se especifica en grados. La fórmula de sombreado requiere que este ángulo se exprese en unidades de radianes. Primero, se cambia

el ángulo acimutal de su unidad geográfica (dirección de brújula) a una unidad matemática (ángulo recto). A continuación, el ángulo acimutal se convierte a radianes.

Cambiar la medida del ángulo acimutal:

$$(4) \text{ Azimuth_math} = 360.0 - \text{Acimut} + 90$$

Tenga en cuenta que si $\text{Azimuth_math} \geq 360,0$, entonces:

$$(5) \text{ Azimuth_math} = \text{Azimuth_math} - 360.0$$

Convertir a radianes:

$$(6) \text{ Azimuth_rad} = \text{Azimuth_math} * \pi / 180.0$$

Calcular la pendiente y la orientación

Una ventana de 3 x 3 móvil visita cada celda del ráster de entrada y, para cada celda en el centro de la ventana, se calcula un valor de orientación y de pendiente mediante un algoritmo que incorpora los valores de las ocho vecinas de la celda. Las celdas se identifican como letras, de la a a la i , con la letra e representando la celda para la cual se calcula la orientación.

La tasa de cambio en la dirección x de la celda e se calcula con el siguiente algoritmo:

$$(7) [dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (8 * \text{cellsize})$$

La tasa de cambio en la dirección y de la celda "e" se calcula con el siguiente algoritmo:

$$(8) [dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 * \text{cellsize})$$

La pendiente es el descenso cuesta abajo más empinado desde cada celda en la superficie. El algoritmo para calcular la pendiente en radianes, incorporando el factor z es:

$$(9) \text{ Slope_rad} = \text{ATAN} (z_factor * \sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)})$$

La orientación es la dirección hacia donde apunta la pendiente descendente más empinada. La orientación en radianes se define en el rango de 0 a 2pi, con el 0 hacia el este. La orientación se determina según las reglas del siguiente algoritmo:

(10) If [dz/dx] is non-zero:

```
Aspect_rad = atan2 ([dz/dy], -[dz/dx])      if Aspect_rad < 0 then
Aspect_rad = 2 * pi + Aspect_rad  If [dz/dx] is zero:
```

```
if [dz/dy] > 0 then      Aspect_rad = pi / 2      else if [dz/dy] < 0 then
Aspect_rad = 2 * pi - pi / 2      else      Aspect_rad = Aspect_rad
```

Ejemplo de cálculo de sombreado

En este ejemplo, se calcula el valor del sombreado de la celda central de la ventana móvil.

2450	2461	2483
2452	2461	2483
2447	2455	2477

Ráster de elevación de entrada

El tamaño de la celda es de 5 unidades. Se van a utilizar la *Altitud* predeterminada de 45 grados y un *Acimut* de 315 grados.

- Ángulo de iluminación

El cálculo del Ángulo cénit con la ecuación 2 es:

$$(2) \text{ Zenith_deg} = 90 - \text{Altitud} = 90 - 45 = 45$$

Y convertido a radianes con la ecuación 3 es:

$$(3) \quad \text{Zenith_rad} = \text{Zenith_deg} * \pi / 180.0 = 45 * 3.1428571429 / 180 = 0.7857142857$$

- Dirección de iluminación

El cálculo para convertir el ángulo acimutal de geográfico a matemático con la ecuación 4 es:

$$(4) \quad \text{Azimuth_math} = 360.0 - \text{Acimut} + 90 = 360.0 - 315 + 90 = 135 = 2.3571428571$$

La conversión del ángulo acimutal a radianes con la ecuación 6 es:

$$(6) \quad \text{Azimuth_rad} = \text{Azimuth_math} * \pi / 180.0 = 135 * 3.1438571429 / 180$$

- Pendiente y orientación

El cálculo de la tasa de cambio en la dirección x de la celda central e es:

$$(7) \quad [dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g)) / (8 * \text{cellsize}) = ((2483 + 4966 + 2477) - (2450 + 4904 + 2447)) / (8 * 5) = (9926 - 9801) / 40 = 3.125$$

El cálculo de la tasa de cambio en la dirección y de la celda central e es:

$$(8) \quad [dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 * \text{cellsize}) = (2447 + 4910 + 2477) - (2450 + 4922 + 2483) / (8 * 5) = (9834 - 9855) / 40 = -0.525$$

El cálculo del ángulo de la Pendiente es:

$$(9) \text{ Slope_rad} = \text{ATAN} (z_factor * \sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)} =$$

$$\text{atan}(1 * \text{sqrt}(3.125 * 3.125 + -0.525 * -0.525)) = 1.26511$$

El cálculo para el ángulo *Aspect_rad* desde la norma 10 es (dado que dz/dx es distinto de cero en este ejemplo):

$$\text{Aspect_rad} = \text{atan2} ([dz/dy], -[dz/dx]) = \text{atan2}(-0.525, -$$

$$3.125) = -2.9751469600412$$

Como el valor es menor que 0, se aplica esta parte de la regla:

$$\text{Aspect_rad} = 2 * \text{pi} + \text{Aspect_rad} = 2 * 3.1428571429 + -$$

$$2.9751469600412 = 3.310567$$

- Sombreado

El cálculo final del sombreado es:

$$\text{HHillshade} = 255.0 * ((\cos(\text{Zenith_rad}) * \cos(\text{Slope_rad})) +$$

$$(\sin(\text{Zenith_rad}) * \sin(\text{Slope_rad}) * \cos(\text{Azimuth_rad} - \text{Aspect_rad})))$$

$$= 255.0 * ((\cos(0.7857142857) * \cos(1.26511)) +$$

$$(\sin(0.7857142857) * \sin(1.26511) * \cos(2.3571428571 -$$

$$3.310567)))$$

$$= 153.82$$

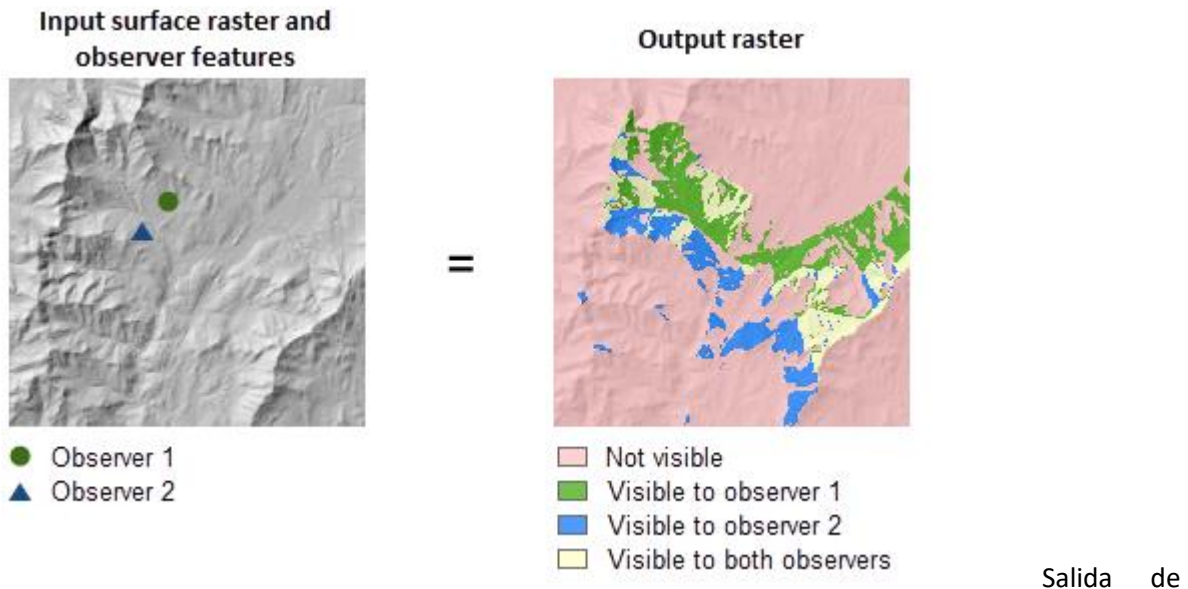
Dado que el ráster de salida es del tipo número entero, el valor de sombra para la celda central $e = 154$.

Puntos de observador

Resumen

Identifica qué puntos de observador son visibles desde cada ubicación de superficie de ráster.

Ilustración



puntos de observador mostrados en una superficie de elevación sombreada

Uso

- Determinar los puntos de observación es un proceso que requiere muchos recursos informáticos. El tiempo de procesamiento depende de la resolución. En los estudios preliminares, es posible que desee utilizar un tamaño de celda más grueso para reducir la cantidad de celdas de la entrada. Utilice el ráster de resolución completa cuando los resultados finales estén listos para ser generados.
- Si en el ráster de entrada hay ruido no deseado causado por los errores de muestreo, puede suavizar el ráster con un filtro de paso bajo, como la opción Media de Estadísticas focalizadas, antes de ejecutar esta herramienta.

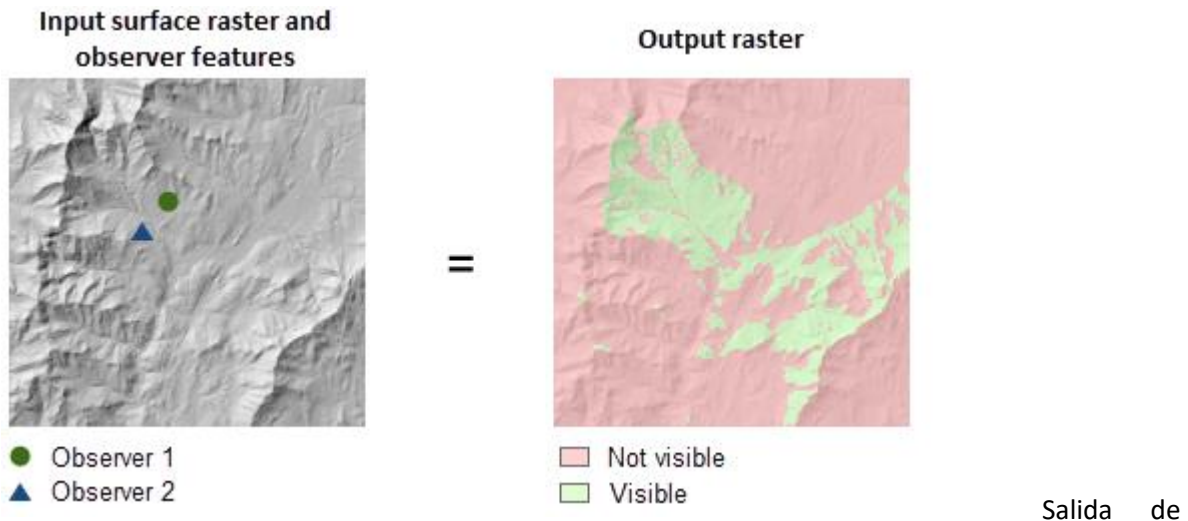
- La visibilidad de cada centro de celda se calcula comparando el ángulo de altitud hacia el centro de celda con el ángulo de altitud hacia el horizonte local. El horizonte local se obtiene teniendo en cuenta el terreno que interviene entre el punto de observación y el centro de la celda actual. Si el punto se encuentra por encima del horizonte local, se considera visible.
- La herramienta proporciona un ráster de salida sobre el nivel del suelo (AGL) opcional. Cada celda del ráster de salida AGL registra la altura mínima que se debe agregar a esa celda para que resulte visible al menos para un observador.

Cuando las entidades de observador de entrada contienen varios observadores, el valor de salida es el mínimo de los valores de AGL de todos los observadores individuales.

- Cuando el ráster de entrada se deba remuestrear, se utilizará la técnica bilineal. Un ejemplo en el que se debe remuestrear un ráster de entrada se produce cuando el sistema de coordenadas de salida, la extensión o el tamaño de celda es diferente del de entrada.

Cuenca visual

Ilustración



Cuenca visual mostrada en una superficie de elevación sombreada

Uso

- Determinar los puntos de observación es un proceso que requiere muchos recursos informáticos. El tiempo de procesamiento depende de la resolución. En los estudios preliminares, es posible que desee utilizar un tamaño de celda más grueso para reducir la cantidad de celdas de la entrada. Utilice el ráster de resolución completa cuando los resultados finales estén listos para ser generados.
- Si en el ráster de entrada hay ruido no deseado causado por los errores de muestreo, puede suavizar el ráster con un filtro de paso bajo, como la opción Media de Estadísticas focalizadas, antes de ejecutar esta herramienta.
- La visibilidad de cada centro de celda se calcula comparando el ángulo de altitud hacia el centro de celda con el ángulo de altitud hacia el horizonte local. El horizonte local se obtiene teniendo en cuenta el terreno que interviene entre el punto de observación y el centro de la celda actual. Si el punto se encuentra por encima del horizonte local, se considera visible.

Utilizar Cuenca visual y Puntos de observador para el análisis de visibilidad

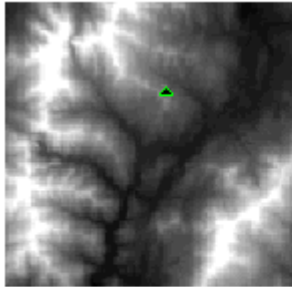
Los conceptos que se tratan en este tema se aplican a las herramientas [Cuenca visual](#) y [Puntos de observador](#). La herramienta de análisis de visibilidad [Cuenca visual 2](#) es similar a las anteriores, pero con algunas diferencias en cuanto a su comportamiento. La herramienta Cuenca visual 2 utiliza cualquier campo numérico para las propiedades de observador, mientras que las herramientas Cuenca visual y Puntos de observador solo respetan los nombres de campos fijos (como **OFFSETA**, **OFFSETB**, etc.) de la tabla de atributos de entidades de observador de entrada.

Una cuenca visual identifica las celdas de un ráster de entrada que pueden visualizarse desde una o más ubicaciones de observación. Cada celda del ráster de salida recibe un valor que indica cuántos puntos de observador pueden verse desde cada ubicación. Si tiene un solo punto de observador, cada celda que pueda ver ese punto de observador recibe un valor de 1. Todas las celdas que no puedan ver el punto de observador reciben un valor de 0. La clase de entidad de puntos de observador puede contener puntos o líneas. Los nodos y los vértices de las líneas se utilizarán como puntos de observación.

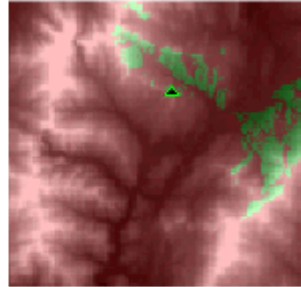
¿Por qué debo calcular la cuenca visual?

Las herramientas de análisis de cuenca visual son útiles cuando desea saber cuán visibles pueden ser los objetos. Por ejemplo, desde qué ubicaciones del paisaje serán visibles las torres de agua si se colocan en una ubicación en particular, o cuál será la vista desde una carretera.

En el siguiente ejemplo, se identifica la cuenca visual desde una torre de observación. El ráster de elevación muestra la altura del suelo (las sombras más claras representan elevaciones más altas), y la torre de observación está marcada como un triángulo verde. En el análisis se puede especificar la altura de la torre de observación. Las celdas en verde son visibles desde la torre de observación, mientras que las celdas en rojo no pueden verse.

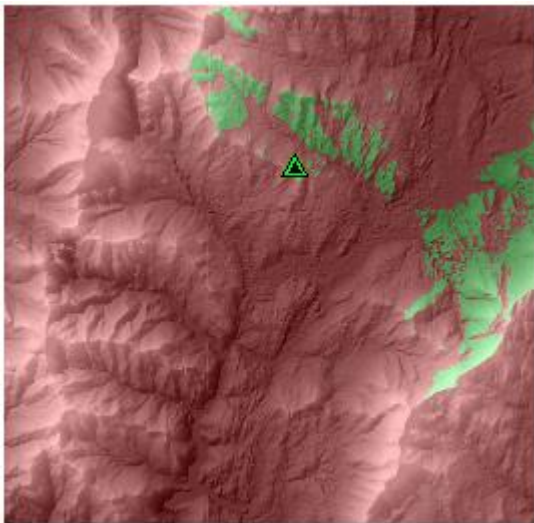


Input surface with
observer point



Output viewshed

Mediante la [transparencia](#) de capas, puede mostrar un ráster de sombreado bajo el ráster de elevación e incorporar la salida del análisis de cuenca visual para visualizar la relación entre visibilidad y terreno.



Visualizar cuenca visual con sombreado

No solo puede determinar las celdas que se pueden ver desde la torre de observación, sino que también, si tiene varios puntos de observación, puede determinar los observadores que pueden ver cada ubicación observada. Saber qué observador puede ver qué ubicaciones puede afectar la toma de decisiones. Por ejemplo, en un estudio de calidad visual para instalar un vertedero, si se determina que el vertedero propuesto se puede ver solamente desde las carreteras de tierra y no desde las carreteras primarias y secundarias, puede considerarse una ubicación favorable.

Herramientas para el análisis de cuencas visuales y puntos de observador

Existen varias herramientas disponibles para realizar análisis de visibilidad. En este tema se tratan principalmente las herramientas Cuenca visual y Puntos de observador. Ambas se pueden usar para generar un ráster de cuenca visual de salida. La salida de Puntos de observador, además, identifica exactamente qué puntos de observador son visibles desde cada ubicación de superficie de ráster.

Herramienta Cuenca visual

La herramienta Cuenca visual crea un ráster registrando la cantidad de veces que un área puede verse desde las ubicaciones de las entidades de observador de puntos o polilíneas de entrada. Este valor se registra en el elemento **VALUE** de la tabla del ráster de salida. Todas las ubicaciones de celda que tienen asignado NoData en el ráster de entrada, tienen asignado NoData en el ráster de salida.

- Cuando se utiliza una entrada de polilínea, cada uno de los nodos y vértices a lo largo de cada arco de entrada se procesan como un punto de observación individual. Los valores del elemento VALUE del ráster de salida proporcionan la cantidad de nodos y vértices visibles a cada celda.
- Si no existe un elemento de atributo SPOT en la tabla de entidades de observación de entrada, se usa la interpolación bilineal para determinar la elevación de cada punto de observación. Si la celda ráster más cercana a un punto de observación o vértice contiene un valor NoData, la herramienta no podrá determinar su elevación. En este caso, el punto de observación se excluirá del análisis de cuenca visual.
- Las intervenciones de celdas NoData entre el punto de observación y otras celdas se considerarán invisibles y no afectarán a la visibilidad.

Ejemplos de aplicaciones para Cuenca visual

En la siguiente tabla se describen algunos ejemplos de los tipos de preguntas que se pueden responder con la herramienta Cuenca visual:

Pregunta	Opciones de cuenca visual
¿Qué áreas se pueden ver desde una torre de vigilancia de incendios que está a 15 metros de altura?	Datos de punto, OFFSETA
¿Con cuánta frecuencia se puede ver el sitio propuesto para un vertedero desde una autopista existente?	Línea
¿Dónde se debería ubicar la próxima torre de una serie de torres repetidoras de comunicaciones?	Datos de punto, OFFSETA, OFFSETB, VERT1, VERT2, AZIMUTH1, AZIMUTH2

Ejemplo de cuenca visual

Un ejemplo de aplicación de la herramienta Cuenca visual es identificar las áreas de un área de estudio desde donde se pueden ver las torres de una línea de transmisión propuesta. Las entradas del análisis son las siguientes:

- Un ráster de elevación de superficie
- Un ráster que registra la altura de la cubierta forestal, que es la altura de la parte superior de la vegetación sobre la superficie terrestre de cada ubicación.
- Una clase de entidad de línea donde el vértice de cada línea representa la ubicación de las torres que sostendrán el cable

Paso 1: Agregue el ráster de altura de la vegetación al ráster de elevación de la superficie con la herramienta Suma.

- **Ráster de entrada o valor constante 1: canopy_height**

Ráster de entrada o valor constante 1: elev_surface

Ráster de salida: elev_canopy

Paso 2: Realice el análisis de cuenca visual con la herramienta Cuenca visual.

- **Ráster de entrada: elev_canopy**

Entidades de observador de puntos y polilíneas de observador de entrada: powerLine

Ráster de salida: elev_viewshed

Factor z: {predeterminado}

Opción de utilizar las correcciones de la curvatura de la Tierra: {predeterminado}

Coefficiente de refracción: {predeterminado}

El resultado de esta operación es un ráster de cuenca visual.

Herramienta Puntos de observador

La herramienta Puntos de observador almacena información con codificación binaria sobre qué puntos de observación puede ver cada celda ráster. Esta información se almacena en el elemento VALUE.

Para visualizar todas las regiones del ráster que se pueden ver con el observador, por ejemplo, el observador 3, abra la tabla de atributos del ráster de salida y seleccione la fila donde el observador 3 (OBS3) es igual a 1 y el resto de observadores son iguales a 0. Las regiones del ráster que solo se pueden ver con el observador 3 se resaltarán en el mapa.

- Para utilizar datos lineales con Puntos de observador, convierta la clase de entidad de línea con la herramienta [De vértices de entidad a puntos](#) del conjunto de herramientas **Administración de datos >Entidades**. Hay un límite de 16 puntos.

- Si no existe un elemento de atributo SPOT en la tabla de atributos de entidades, se usa la interpolación bilineal para determinar la elevación de cada punto de observación. Si la celda de ráster de entrada más cercana a un punto de observación contiene el valor NoData, la herramienta no podrá determinar su elevación. En este caso, el punto de observación se excluirá del análisis de visibilidad.
- Las intervenciones de celdas NoData entre el punto de observación y otras celdas se considerarán invisibles y no afectarán a la visibilidad.

Detalles sobre la herramienta Puntos de observador

Puntos de observador almacena información con codificación binaria sobre qué puntos de observación puede ver cada celda ráster. Esta información se almacena en el elemento VALUE.

Para visualizar todas las regiones del ráster que pueden ser vistas por el observador 3, abra la tabla de atributos de ráster de salida y seleccione la fila donde el observador 3 (OBS3) es igual a 1 y el resto de observadores son iguales a 0. Las regiones del ráster que solo se pueden ver con el observador 3 se resaltarán en el mapa.

Elementos OBSn del ráster

Además de los elementos estándar VALUE y COUNT de la tabla de atributos de ráster, se crearán nuevos elementos que corresponden a cada observador en el dataset de puntos de entrada. Los elementos son OBS1, OBS2, ..., OBSn, donde n es la cantidad de observadores. Se definen de la siguiente manera:

ITEM NAME	WIDTH	OUTPUT	TYPE	N.DEC
OBSn	2	2	B	-

En estos elementos se registra la visibilidad de cada celda por cada observador de las entidades de observación de puntos de entrada. Así, por ejemplo cada celda ráster que pueda

ver el observador 8 (featurename# = 8) contendrá un valor de 1 en el elemento denominado OBS8. A las celdas que no se pueden ver desde el punto de observación se les asigna un valor de 0. A las ubicaciones de celda que tienen asignado NoData en el ráster de entrada se les asigna NoData en el ráster de salida.

Puede usar los elementos OBSn para identificar las celdas ráster que se pueden ver desde un punto de observación específico. Esto es ligeramente diferente del caso anterior donde la selección se hizo basándose en el parámetro VALUE. Aquí, las celdas que pueden ver los observadores 1 y 8 también las pueden ver otros observadores (en este caso, cada uno tendría un valor diferente).

Por ejemplo, para visualizar todas las áreas que pueden ver los puntos de observación 1 y 8, abra la tabla de atributos de ráster y seleccione la fila donde tanto el observador 1 (OBS1) y el observador 8 (OBS8) sean iguales a 1 y los demás observadores sean iguales a 0.

Cuantificar la calidad visual

La información de salida de la herramienta también puede utilizarse para realizar un análisis de la calidad visual. Por ejemplo, para calcular la calidad visual de todas las ubicaciones de una superficie, coloque un punto de observación en todas las entidades visuales importantes dentro de la extensión del ráster de entrada. Estos puntos pueden ser el vertedero municipal, el desguace, los parques locales y las torres de transmisión de electricidad de la región.

Después de ejecutar Puntos de observador, utilice el elemento OBSn de la tabla del ráster de salida para seleccionar las ubicaciones de celda que puede ver cada entidad visual. Utilice cualquiera de las otras herramientas para acumular puntuaciones positivas o negativas, según la calidad visual y la ponderación de cada punto de observación. Después de haber considerado todos los puntos de observación, las ubicaciones de celda con la mejor puntuación tendrán la mejor calidad visual.

Ejemplos de aplicaciones para Puntos de observador

En la siguiente tabla se describen algunos ejemplos de los tipos de preguntas que se pueden responder con la herramienta Puntos de observador:

Aplicaciones de la herramienta Puntos de observador

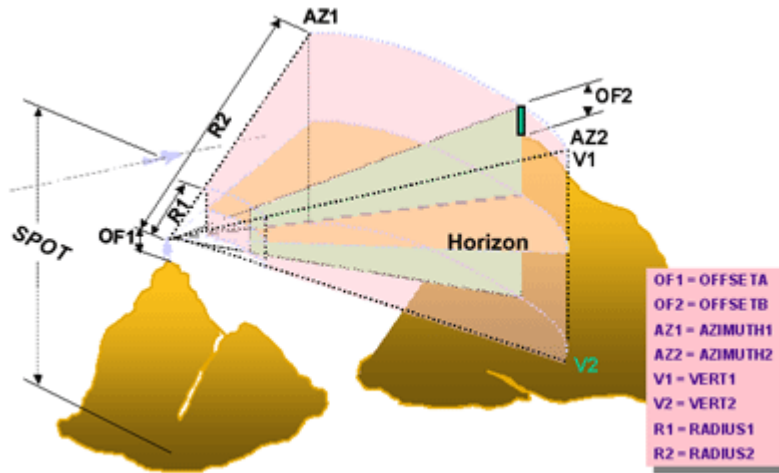
Pregunta	Opciones de Puntos de observador
Dado un conjunto de ubicaciones para las torres de vigilancia de incendios, ¿cuál es la cantidad mínima de torres necesarias para ver el área de estudio en su totalidad?	Datos de punto, OFFSETA
¿Qué ubicaciones del ráster pueden ver solo el sitio del vertedero y la torre de transmisión 3?	Datos de puntos
¿Cómo puedo determinar qué ubicaciones de superficie tienen la mejor vista? Quiero asignar ponderaciones diferentes a cada entidad de paisaje dentro de una cuenca visual según su calidad visual.	Datos de puntos

Control del análisis de visibilidad

Es posible limitar la región del ráster inspeccionado especificando varios elementos en el dataset de atributos de la entidad, como los valores de elevación del punto de observación, los desplazamientos verticales, los ángulos de escaneo horizontal y vertical, y las distancias de escaneo. Existen nueve elementos en total: SPOT, OFFSETA, OFFSETB, AZIMUTH1, AZIMUTH2, VERT1, VERT2, RADIUS1 y RADIUS2.

La siguiente imagen ilustra gráficamente cómo se controla un análisis de visibilidad. El punto de observación se encuentra en la cima de la montaña a la izquierda (OF1 en la imagen). La dirección de la cuenca visual está dentro del cono que mira hacia la derecha. Se puede

controlar cuánto desplazar el punto de observación (por ej. la altura de la torre), la dirección hacia dónde mirar y qué tan alto y bajo mirar desde el horizonte.



Parámetros para controlar los

análisis de cuenca visual

Cuando el dataset de entidades del observador es una clase de entidad de punto, cada punto de observación puede tener un conjunto único de restricciones de observación en la tabla de atributos. Cuando es una clase de entidad de polilínea, cada vértice a lo largo de una polilínea de entrada usa las mismas restricciones de observación contenidas en el registro de la polilínea en la tabla de atributos.

Las definiciones para estos elementos pueden variar siempre y cuando sean numéricas. Si no se encuentra un elemento, se aplicarán los valores predeterminados.

SPOT

El elemento SPOT se utiliza para definir las elevaciones de la superficie de los puntos de observación.

Desplazamiento

El desplazamiento es la distancia vertical (en unidades de superficie) que debe añadirse al valor z de una ubicación en la superficie.

Hay dos elementos de desplazamiento, uno que define la elevación que se va a añadir a la ubicación del observador y el otro que define qué se añadirá a cada celda para que sea considerada para la visibilidad.



OFFSETA

El elemento OFFSETA indica la distancia vertical en unidades de superficie que debe añadirse al valor z del punto de observación.

Cuando OFFSETA existe en la tabla de atributos de entidades, su valor se añade a la elevación SPOT, si es que hay una; de lo contrario, se añade al valor z de la superficie interpolada. El valor OFFSETA debe ser positivo. Cuando el elemento OFFSETA no exista, el valor predeterminado será 1.

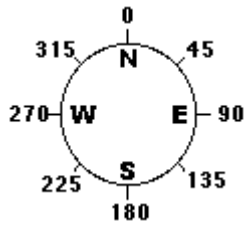
OFFSETB

El elemento OFFSETB indica la distancia vertical en unidades de superficie que se añadirá al valor z de cada celda, ya que se considera para la visibilidad.

Cuando OFFSETB exista en la tabla de atributos de entidades, su valor se añadirá al valor z de superficie de cada ubicación de celda cuando se esté analizando su visibilidad. El valor debe ser positivo. Si no se encuentra ningún elemento OFFSETB en la tabla de atributos de entidades, el valor predeterminado es 0.

Acimut

Los elementos del acimut definen los límites del ángulo horizontal del escaneo. La exploración procede en el sentido de las agujas del reloj del primer acimut al segundo. Los valores del ángulo se proporcionan en grados de 0 a 360, siendo 0 la orientación norte.



AZIMUTH1

El elemento AZIMUTH1 define el ángulo de inicio del rango de escaneo.

Si este elemento no existe en la tabla de atributos de entidades, se establece, por defecto, en un valor 0.

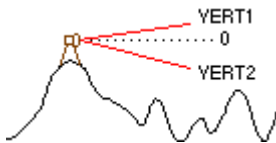
AZIMUTH2

El elemento AZIMUTH2 define el ángulo de finalización del rango de escaneo. El valor de AZIMUTH2 debe ser mayor que el de AZIMUTH1.

Si este elemento no existe en la tabla de atributos de entidades, se establece por defecto en un valor 360. Si no se define ni AZIMUTH1 ni AZIMUTH2, los valores predeterminados darán una curvatura completa de 360°.

Ángulo vertical

El ángulo vertical define los límites del ángulo vertical del escaneo. Los ángulos se expresan en grados entre 90 y -90, donde los valores positivos representan ángulos sobre el plano horizontal, y los valores negativos representan los ángulos por debajo del plano horizontal. El plano horizontal (0 grados) se calcula sumando el valor z del punto de observación al valor de OFFSETA. Ambos ángulos verticales pueden ser negativos.



VERT1

El elemento VERT1 define el límite del ángulo horizontal superior del escaneo.

Si este elemento no existe en la tabla de atributos de entidades, se establece, por defecto, en un valor 90.

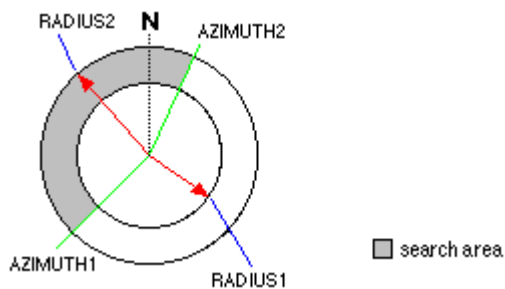
VERT2

El elemento VERT2 define el límite del ángulo horizontal inferior del escaneo. El valor de VERT2 debe ser menor que el de VERT1.

Si este elemento no existe en la tabla de atributos de entidades, se establece, por defecto, en un valor -90.

Radio

Los elementos de radio limitan la distancia de búsqueda cuando se identifican áreas visibles desde los puntos de observación. Las celdas que están más allá de una determinada distancia se pueden excluir del análisis.



RADIUS1

El elemento RADIUS1 define la distancia inicial desde donde se determina la visibilidad. Tenga en cuenta que las celdas más cercanas a la distancia de búsqueda RADIUS1 no son visibles en el ráster de salida, pero sí pueden bloquear la visibilidad de las celdas entre RADIUS1 y RADIUS2.

La distancia predeterminada de RADIUS1 es 0.

RADIUS2

Las celdas más allá de la distancia de búsqueda de RADIUS2 se excluyen del análisis. El valor de RADIUS2 debe ser mayor que el de RADIUS1.

La distancia predeterminada de RADIUS2 es infinita.

Distancia planimétrica versus distancia tridimensional

Por defecto, las distancias de limitación RADIUS1 y RADIUS2 se interpretan como distancias de línea de visión tridimensionales. Para garantizar que la distancia de la pendiente se calcule correctamente, las unidades de terreno y las unidades z de superficie han de tener la misma unidad de medida. Para procesar RADIUS1 y RADIUS2 como distancias planimétricas bidimensionales, introduzca un símbolo negativo (-) delante de los valores.

Por ejemplo, si el valor de RADIUS1 es -1000 y el de RADIUS2 es -9000, Cuenca visual analiza las regiones de la superficie entre 1.000 y 9.000 unidades de terreno medidas planimétricamente desde el observador.

Configuración predeterminada

En la siguiente tabla se muestra la configuración predeterminada de las opciones que controlan el análisis de visibilidad:

Configuración predeterminada de Cuenca visual

Opción	Configuración predeterminada
SPOT	Se estima usando la interpolación bilineal
OFFSETA	1
OFFSETB	0

AZIMUTH1	0
AZIMUTH2	360
VERT1	90
VERT2	-90
RADIUS1	0
RADIUS2	Infinito

Correcciones de refracción y curvatura

Utilice la opción de corrección de curvatura de la Tierra para corregir la curvatura de la tierra y la refracción. Las correcciones se llevan a cabo cuando está presente la información de proyección para la superficie. Además, las unidades de terreno y las unidades z de superficie deben darse en pies, metros o unidades/metro. La fórmula utilizada para la corrección es la siguiente:

$$Z_{actual} = Z_{surface} - \frac{Dist^2}{Diam_{earth}} + R_{refr}$$

* -----

- donde:

Dist: es la distancia planimétrica entre la entidad de observación y la ubicación observada.

Diam: es el diámetro de la tierra.

R_{refr}: es el coeficiente de refracción de la luz.

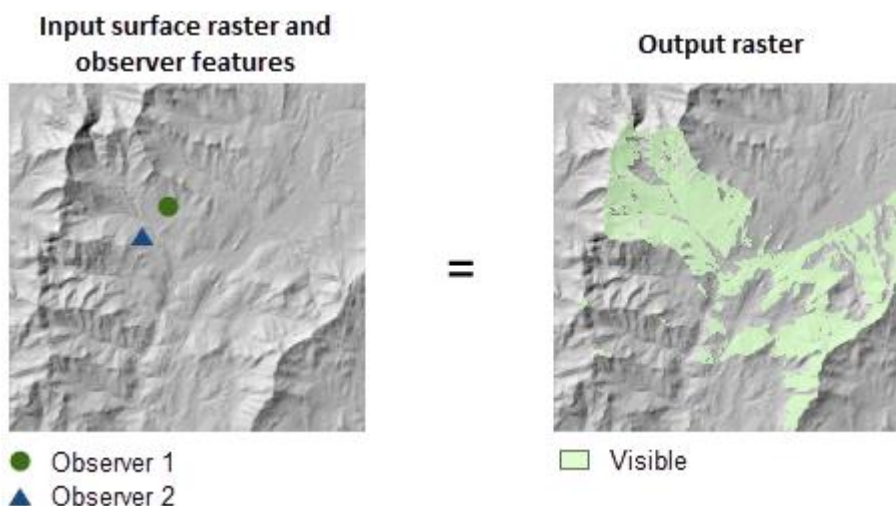
El valor predeterminado del diámetro de la Tierra ($Diam_{earth}$) se define como 12.740.000 metros y el valor predeterminado del coeficiente de refracción (R_{refr}) es 0,13. Se pueden utilizar diferentes valores para R_{refr} a fin de considerar las variaciones en las condiciones atmosféricas sobre la visibilidad.

Cuenca visual 2

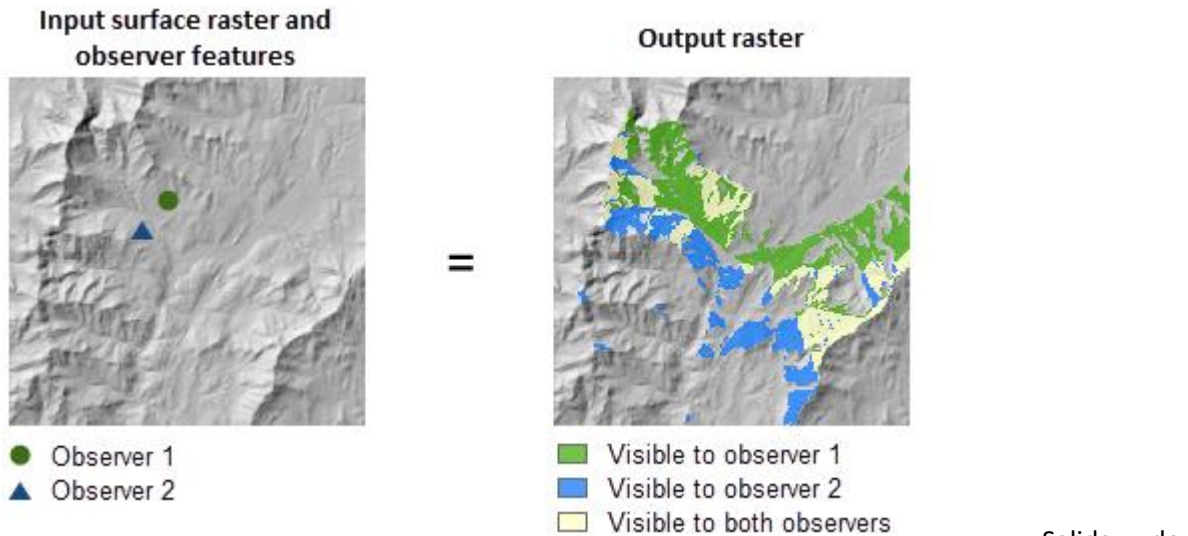
Resumen

Determina las ubicaciones de superficie ráster visibles para un conjunto de entidades de observador utilizando métodos geodésicos.

Ilustración



Salida de Cuenca visual 2 con la opción Frecuencia, mostrada en una superficie de elevación sombreada



Cuenca visual 2 con la opción Observadores, mostrada en una superficie de elevación sombreada

Uso

- Esta herramienta realiza dos tipos de análisis de visibilidad, Frecuencia y Observadores, que se pueden establecer usando el parámetro **Tipo de análisis**.
- Para garantizar la precisión de la salida, asigne un sistema de coordenadas verticales al ráster de entrada, en el caso de que todavía no lo tenga.
- Cuenca visual 2 no requiere ningún parámetro de factor z. Calculará un factor z internamente usando la unidad vertical (Z) y las unidades (XY) del mapa a partir de la referencia espacial del ráster de entrada.
- Los rústeres de entrada que contienen ruido, más frecuentes en los datos de alta resolución, pueden producir algunos resultados inesperados. Antes de ejecutar esta herramienta, puede corregir los datos en un paso previo al procesamiento o suavizar el efecto del error usando primero las herramientas Estadísticas focalizadas o Filtro antes de realizar la operación de cuenta visual.
- Cuando el ráster de entrada se deba remuestrear, se utilizará la técnica bilineal. Un ejemplo en el que se debe remuestrear un ráster de entrada se produce cuando el sistema de coordenadas de salida, la extensión o el tamaño de celda es diferente del de entrada.

- Para mejorar el rendimiento, puede establecer explícitamente el parámetro **Radio externo** en un valor que represente la distancia de visualización máxima de interés para su análisis.
- De manera predeterminada, el parámetro **Método de análisis** utiliza la opción ALL_SIGHTLINES, que ofrece la salida más exacta. Para mejorar el rendimiento de la herramienta en cuanto al tiempo de procesamiento, utilice la opción PERIMETER_SIGHTLINES.
- Los parámetros de observador relacionados con la altura, como **Desplazamiento de superficie**, **Elevación de observador** y **Desplazamiento de observador**, pueden especificarse como una unidad lineal o como un campo. Durante el cálculo, el valor de la unidad lineal se convertirá internamente a la unidad Z del ráster de entrada. Sin embargo, si la unidad lineal no se conoce o se ha especificado un campo numérico, se supone que el valor estará en la unidad Z del ráster de entrada.
- Los parámetros de observador relacionados con las distancias de visualización, como el **Radio interno** y el **Radio externo**, pueden especificarse como una unidad lineal o como un campo. Durante el cálculo, el valor de la unidad lineal se convertirá internamente a las unidades XY del ráster de entrada. Sin embargo, si la unidad lineal no se conoce o se ha especificado un campo numérico, se supone que el valor estará en la unidad XY del ráster de entrada.
- El campo especificado para un parámetro de observador, como **Desplazamiento de superficie** o **Desplazamiento de observador**, puede ser un tipo de cadena de caracteres que contiene un valor numérico y una unidad. Por ejemplo, si el campo **obs_height** se ha especificado para **Desplazamiento de observador**, puede contener valores como «6 pies».

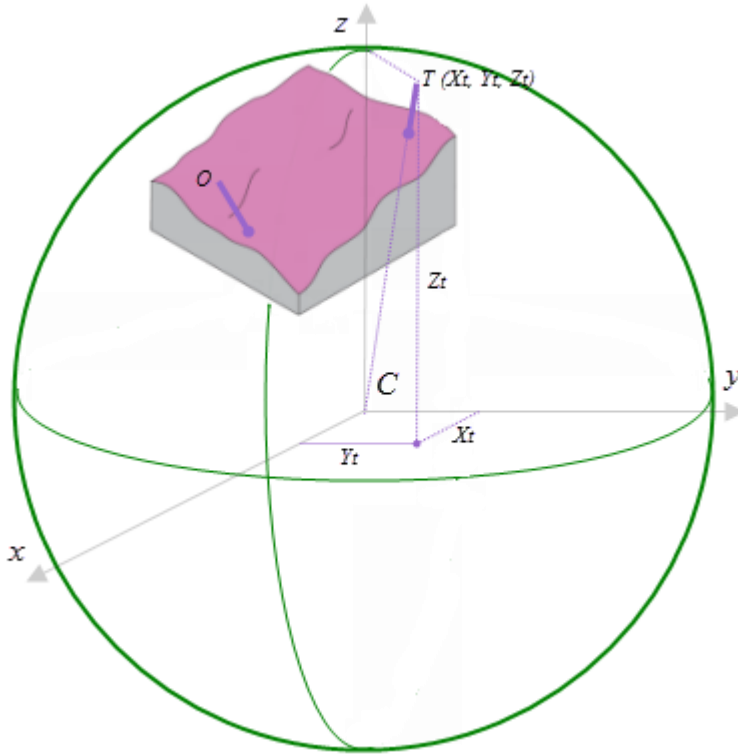
Cómo funciona la herramienta Cuenca visual 2

La herramienta Cuenca visual 2 determina las ubicaciones de las superficies visibles para un conjunto de observadores de punto o polilínea, utilizando métodos geodésicos. Transforma la superficie de elevación en un sistema de coordenadas 3D geocéntrico y ejecuta líneas de visión 3D para cada uno de los centros de celda transformados. Aprovechará cualquier unidad de procesamiento de gráficos (GPU) que esté disponible en el sistema. También puede ajustar la incertidumbre o errores verticales en la superficie de elevación de entrada. Asimismo, puede generar una tabla de relaciones observador-región para hasta 32 observadores (puntos, multipuntos o polilíneas) que se pueden volver a relacionar con la clase de entidad del observador de entrada.

Dado que el cálculo se realiza en un sistema de coordenadas 3D auténtico, la herramienta Cuenca visual 2 no necesita el parámetro de corrección de la curvatura de la tierra. También utiliza las unidades z de la referencia espacial de entrada, si está disponible, en lugar de un parámetro de factor z . Finalmente, dado que cada línea de visión 3D se evalúa de forma independiente respecto a otras líneas de visión, evita que se produzcan determinados errores que podrían dar lugar a un algoritmo de cuenca visual basado en el frente de onda (como la familia de herramientas de geoprocésamiento de cuenca visual existente). Por lo tanto, con la herramienta Cuenca visual 2 se obtienen una visibilidad y superficies de AGL más precisas que con la herramienta Cuenca visual.

La determinación de la visibilidad

Esta herramienta utiliza puntos 3D geocéntricos para los observadores, destinos y centros de celdas de superficies de elevación. Un destino es un centro de celda de superficie que tiene agregado un desplazamiento adicional opcional. Un sistema de coordenadas 3D geocéntrico es un sistema de coordenadas cartesianas dextrógiro cuyo origen es el centro de la Tierra C , el eje x apunta a la intersección del meridiano base y el ecuador, el eje Z apunta al polo norte y el eje y está girado 90° en sentido de las agujas del reloj respecto al eje x mirando desde el polo norte. Consulte la figura siguiente para ver un ejemplo de una ubicación de destino T expresada con coordenadas geocéntricas.

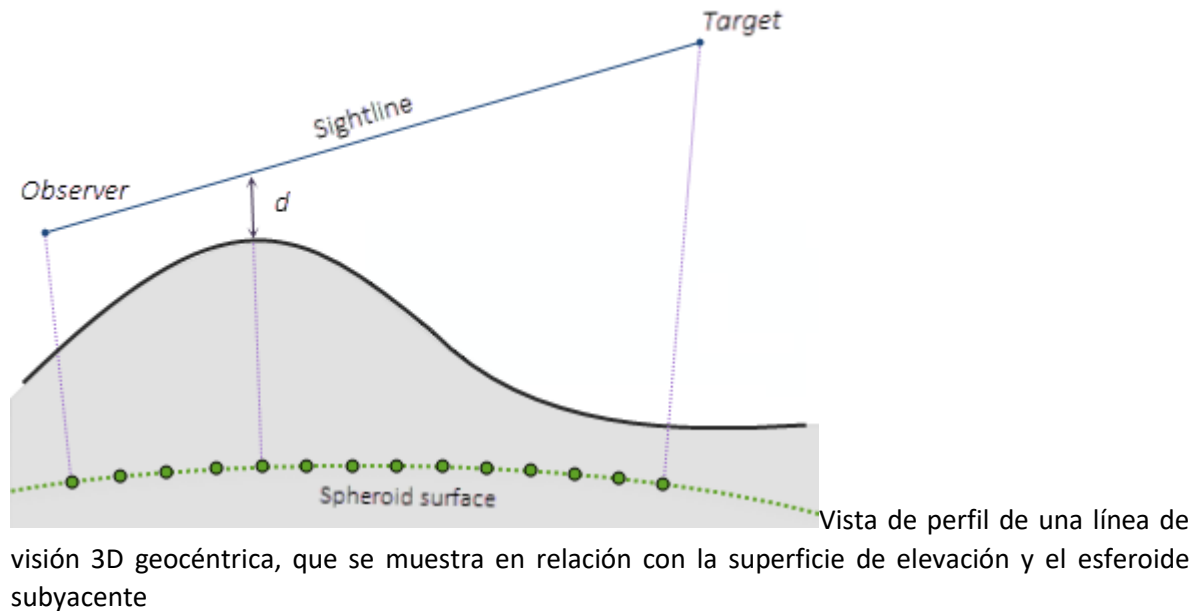


El ráster de la superficie y los observadores se transforman desde el sistema de coordenadas de entrada en un sistema de coordenadas geocéntricas 3D. Las coordenadas geocéntricas de las ubicaciones de destino son (X_t, Y_t, Z_t) .

Para determinar la visibilidad de cada destino, se generan líneas de visión 3D desde cada observador para cada destino. Consulte la figura siguiente para ver una ilustración sobre cómo se generan las líneas de visión. Se determina la ruta del terreno de cada línea de visión en el esferoide y se divide en pasos de tamaño de celda. En esta figura, los pasos se muestran como puntos verdes y la distancia entre ellos equivale al tamaño de celda. En cada paso, se calcula la distancia d normal hacia el esferoide, entre la línea de visión y la superficie. La elevación del terreno se calcula siguiendo un enfoque de distancia inversa ponderada (IDW) lineal, utilizando los centros de las celdas más cercanos. Si la d es positiva para todos los pasos del terreno a lo largo de la línea de visión, se considera que el destino es visible; en caso contrario, se considera no visible.

Se determina la ruta del terreno de cada línea de visión en el esferoide y se divide en pasos de tamaño de celda. En cada paso, se calcula la distancia d normal hacia el esferoide, entre la línea de visión y la superficie. La elevación del terreno se calcula siguiendo un enfoque de

IDW lineal, utilizando los centros de las celdas más cercanos Si la d es positiva para todos los pasos del terreno a lo largo de la línea de visión, se considera que el destino es visible; en caso contrario, se considera no visible.



Error vertical

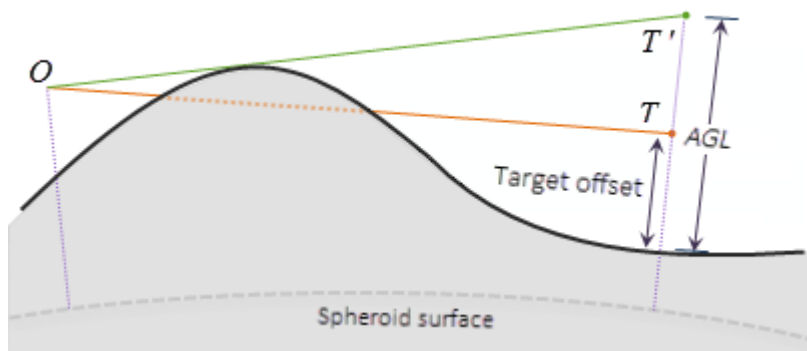
El parámetro **Error vertical** solo está activado cuando el tipo de análisis es FREQUENCY. Se utiliza para determinar la incertidumbre vertical en la superficie de elevación de entrada. Si este parámetro es 0 o no se ha especificado, se proyecta una única línea de visión entre el observador y cada destino. El resultado es que el destino puede ser visible o no visible. En este caso, el ráster de visibilidad de salida registra la cantidad de veces que los puntos de observación de entrada pueden ver cada ubicación de celda en el ráster de superficie de entrada.

Si el parámetro **Error vertical** es mayor que 0 (por ejemplo, 0,6 metros), se proyectan algunas líneas de visión entre el observador y cada destino. Para cada línea de visión y cada paso, se agrega a d un número aleatorio distribuido uniformemente dentro del rango de $[-0,6, 0,6]$. Si d es menor que cero, esa línea de visión concreta finaliza. En este caso, cada observador aporta un número entre 0 y 1 (el número de líneas de visión correctas dividido

entre el número total de líneas de visión, desde dicho observador) al ráster de visibilidad de salida, que ahora es del tipo flotante con precisión única.

La determinación de AGL

Un ráster sobre el nivel del suelo (Above Ground Level, AGL) es una salida opcional que representa la altura sobre el nivel del suelo que las celdas de destino no visibles necesitarían para volverse visibles. La figura siguiente muestra cómo se determina el valor AGL. T es un destino con una altura determinada (que en la ilustración es el desplazamiento de destino). El terreno bloquea la línea de visión entre el observador O y el destino T, por lo que el destino T no está visible. Si el destino se eleva a la nueva posición T', se volverá visible porque ahora existe una línea de visión clara. La distancia entre T' y el suelo es el valor AGL del ráster de salida.



El ráster de salida de AGL registra la elevación adicional sobre la superficie que se necesita para hacer visibles los destinos invisibles al menos a un observador. En este ejemplo, el valor AGL de la ubicación de destino es el desplazamiento de destino + TT'.

El cálculo de la distancia TT' no supone que el triángulo OTT' es un ángulo recto.

Interpretación de la tabla de relaciones observador-región de salida

Cuando el tipo de análisis es **Observadores**, la herramienta genera una tabla de relaciones observador-región, tal y como se muestra en la siguiente figura. En esta tabla, el campo **Observador** muestra una lista de los Id. de entidad procedentes de la clase de entidad de entrada. El campo **Región** muestra una lista de los valores de celda para las regiones en

el ráster de visibilidad de salida. Por lo tanto, en la tabla se muestra una lista de las regiones que son visibles para cada observador. Puede utilizar esta tabla para consultar los Id. de región en función de un determinado Id. de observador y viceversa.

OBJECTID	Observer	Region
1	1	1
2	2	2
3	1	3
4	2	3

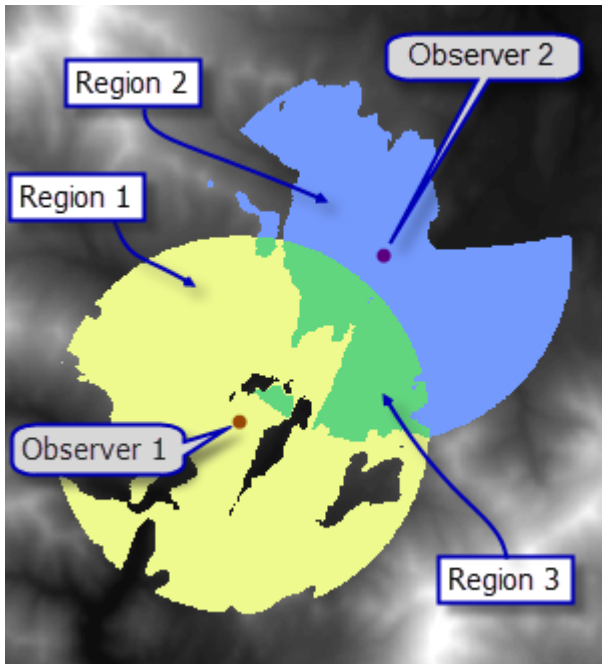
En la tabla de relaciones observador-región se identifica qué parte de la superficie puede ver cada una de las entidades.

Esta misma información está codificada en los valores de celda de salida del ráster de visibilidad, aunque de forma menos accesible. En este caso, el ráster de visibilidad de salida contiene tres valores (1, 2 y 3), tal y como se muestra en la siguiente captura de pantalla de la tabla de atributos.

OBJECTID	Value	Count
1	1	61397
2	2	38327
3	3	12694

Tabla de atributos de ráster de visibilidad de salida.

Los observadores de entrada se ordenan de forma ascendente según los valores de **OBJECTID** y en el ráster de visibilidad de salida se muestra el operador bitwise OR de las posiciones ordenadas. Se puede utilizar el Álgebra de mapas del ráster para extraer información sobre las regiones que pueden ver los observadores y esta información se puede volver a relacionar con las entidades del observador utilizando esta regla de ordenación. Se muestra un ejemplo en la figura siguiente. Supongamos que el Observador 1 tiene ObjectID 1 y que el Observador 2 tiene ObjectID 2. La Región 1 (el área de color amarillo pálido) en el mapa de visibilidad de salida tendrá un valor de celda de 1. La Región 2 (el área de color azul) en el mapa de visibilidad de salida tendrá un valor de celda de 2. Y la Región 3 (el área de color verde) en el mapa de visibilidad de salida tendrá un valor de celda de 3, el valor numérico del operador bitwise OR de 1 y 2.



Ejemplo de la salida para los dos observadores, cuando se ha seleccionado el tipo de análisis Observador en lugar de Frecuencia

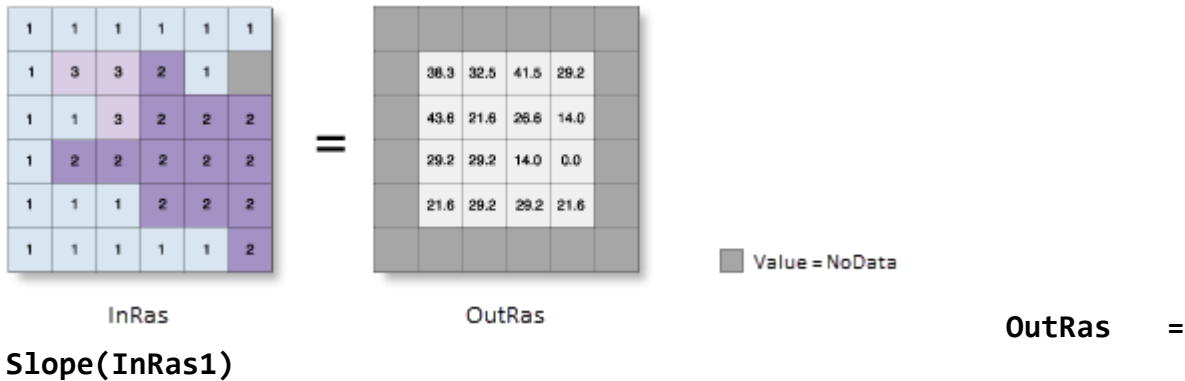
En la ilustración de arriba, los valores de celda de salida corresponden al operador bitwise OR de los índices internos de las entidades de entrada. En la tabla de relaciones observador-región se incluye esta misma información, aunque utilizando los Id. de clase de entidad en lugar de los índices internos.

Control del análisis de visibilidad

Es posible limitar el campo de visión de cada observador especificando varios valores numéricos o campos en los parámetros del observador. Desde el punto de vista funcional, los parámetros del observador son los mismos que los campos del cono de visión, como **OFFSETA** u **OFFSETB**, que se utilizan para controlar el análisis de visibilidad mediante la herramienta Cuenca visual. La diferencia está en que en los parámetros de observador de Cuenca visual 2 se pueden utilizar campos numéricos y no están limitados por ningún nombre de campo concreto.

Pendiente

Ilustración



Uso

- Esta herramienta utiliza una ventana móvil de celda de 3 por 3 para procesar los datos. Si la celda de procesamiento es NoData, la salida para esa ubicación será NoData.
- Esta herramienta requiere que de las ocho celdas vecinas a la celda de procesamiento, al menos siete de ellas tengan un valor válido. Si hay menos de siete celdas válidas, el cálculo no se realizará y la salida en esa celda de procesamiento será NoData.
- Las celdas de las filas y columnas más exteriores del ráster de salida serán NoData. Esto se debe a que esas celdas no tienen suficientes vecinos válidos a lo largo del límite del dataset de entrada.
- El rango de valores de la salida depende del tipo de unidades de medida.
 - El rango de valores de pendiente en grados es 0 a 90.
 - Para la elevación en porcentaje, el rango es de 0 a esencialmente infinito. Una superficie plana es 0 por ciento, una superficie de 45 grados es 100 por ciento y, a medida que la superficie se vuelve más vertical, la elevación en porcentaje es cada vez mayor.

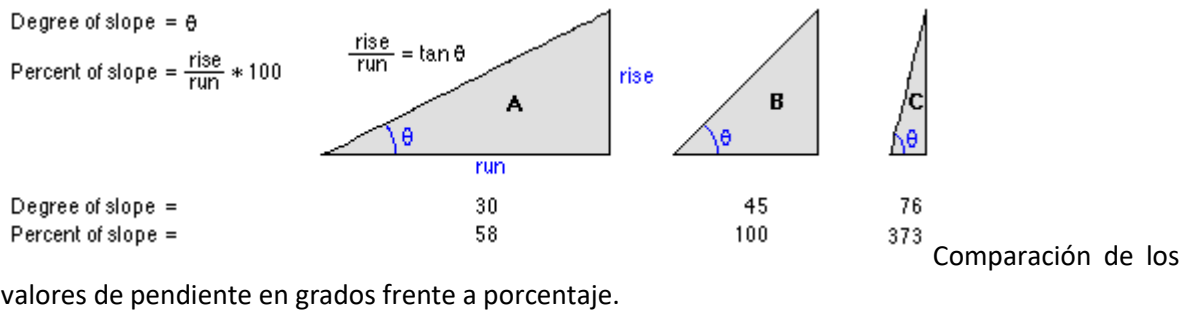
- El uso de un factor z es esencial para corregir los cálculos de la pendiente cuando las unidades z de la superficie (vertical) se expresan en unidades diferentes de las unidades x,y de terreno. El parámetro **Factor z** solo estará habilitado cuando se seleccione el método planar.
- En el método geodésico, es importante especificar la unidad z de una superficie para garantizar la precisión de la salida. El parámetro **Unidad z** solo estará habilitado cuando se seleccione el método geodésico.
- Si hay una unidad z disponible en el [sistema de coordenadas verticales](#) del ráster de entrada, se aplicará automáticamente. Se recomienda que defina una unidad z para el ráster de entrada si falta esta unidad. Puede usar la herramienta [Definir proyección](#) para especificar una unidad z. Si no se ha definido, se utilizará el metro de manera predeterminada.
- Cuando el ráster de entrada se deba remuestrear, se utilizará la técnica bilineal. Un ejemplo en el que se debe remuestrear un ráster de entrada se produce cuando el sistema de coordenadas de salida, la extensión o el tamaño de celda es diferente del de entrada.
- Esta herramienta se puede agilizar mediante una GPU cuando se calcula la pendiente geodésica, lo que significa que, si en el sistema hay disponible un dispositivo de GPU (unidad de procesamiento de gráficos), se utilizará para mejorar el rendimiento del método geodésico.

El tema de ayuda [Procesamiento de GPU con Spatial Analyst](#) incluye más información sobre cómo configurar y trabajar con dispositivos de GPU, así como algunas sugerencias para solucionar problemas si se encuentra con dificultades.

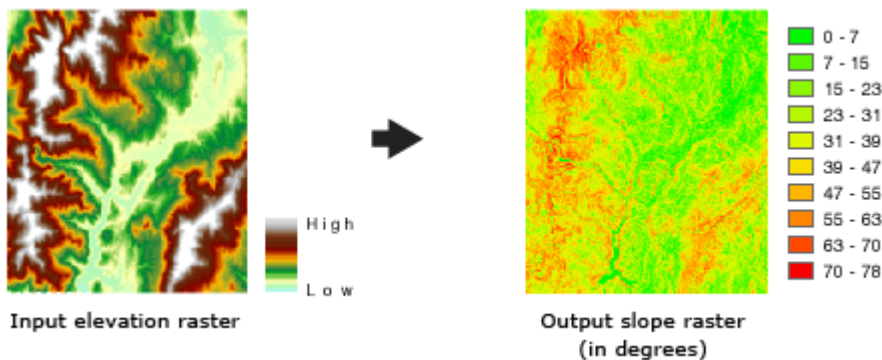
Cómo funciona Pendiente

La herramienta Pendiente identifica la inclinación en cada celda de una superficie de ráster. Mientras menor sea el valor de la pendiente, más plano será el terreno; mientras más alto sea el valor de la pendiente, más empinado será el terreno.

El ráster de pendiente de salida se puede calcular en dos tipos de unidades: grados o porcentaje (elevación en porcentaje). La elevación en porcentaje puede comprenderse mejor si se considera como la elevación dividida entre el avance, multiplicada por 100. Considere el triángulo *B* más abajo. Cuando el ángulo es de 45 grados, la elevación es igual al avance, y la elevación en porcentaje es 100%. A medida que la pendiente alcanza la vertical (90 grados), como se puede ver en el triángulo *C*, la elevación en porcentaje comienza a acercarse al infinito.



La herramienta Pendiente se ejecuta con más frecuencia en un dataset de elevación, tal y como se muestra en las siguientes imágenes. Las pendientes más empinadas están sombreadas en rojo en el ráster de pendiente de salida.



La herramienta también se puede utilizar con otros tipos de datos continuos, como la población, para identificar cambios marcados en el valor.

Métodos de cálculo y el efecto del borde

Para calcular la pendiente hay dos métodos disponibles. Puede elegir entre realizar cálculos **Planares** o **Geodésicos** con el parámetro de **Método**.

Para el método planar, la pendiente se mide como la tasa máxima de cambio del valor de una celda a sus vecinas inmediatas. El cálculo se realiza en un plano liso proyectado utilizando un sistema de coordenadas cartesianas 2D. El valor de la pendiente se calcula utilizando la técnica de promedio máximo (Burrough, 1998).

Con el método geodésico, el cálculo se realizará en un sistema de coordenadas cartesianas 3D teniendo en cuenta la forma de la Tierra como un elipsoide. El valor de la pendiente se calcula midiendo el ángulo entre la superficie topográfica y el datum de referencia.

Tanto los cálculos planares como geodésicos se realizan utilizando una vecindad de celdas de 3 x 3 (ventana móvil). Para cada vecindad, si la celda de procesamiento (central) es NoData, la salida es no NoData. El cálculo también requiere que al menos siete celdas vecinas a la celda de procesamiento sean válidas. Si hay menos de siete celdas válidas, el cálculo no se realizará y la salida en esa celda de procesamiento será NoData.

Las celdas de las filas y columnas más exteriores del ráster de salida serán NoData. Esto se debe a que esas celdas no tienen suficientes vecinos válidos a lo largo del límite del dataset de entrada.

Método planar

Para cada celda, la herramienta calcula la tasa máxima de cambio del valor de esa celda respecto a sus vecinas. Básicamente, el cambio máximo en la elevación sobre la distancia entre la celda y sus ocho vecinas identifica el descenso cuesta abajo más empinado desde la celda.

Algoritmo de pendiente planar

Las tasas de cambio (delta) de la superficie en las direcciones horizontal (dz/dx) y vertical (dz/dy) desde la celda central determinan la pendiente. El algoritmo básico utilizado para calcular la pendiente es el siguiente:

$$\text{slope_radians} = \text{ATAN} \left(\sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)} \right)$$

Por lo general, la pendiente se mide en grados, y se utiliza este algoritmo:

$$\text{slope_degrees} = \text{ATAN} \left(\sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)} \right) * 57.29578$$

Nota:

El valor 57,29578 que se muestra aquí es una versión truncada del resultado de $180/\pi$.

El algoritmo de pendiente también se puede interpretar de la siguiente manera:

$$\text{slope_degrees} = \text{ATAN} (\text{rise_run}) * 57.29578$$

- donde:

$$\text{rise_run} = \sqrt{([dz/dx]^2 + [dz/dy]^2)}$$

Los valores de la celda central y sus ocho vecinas determinan las deltas horizontal y vertical. Las vecinas se identifican como letras, de la *a* a la *i*, con la letra *e* representando a la celda para la cual se calcula la orientación.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Ventana de escaneado de superficie

La tasa de cambio en la dirección *x* de la celda *e* se calcula con el siguiente algoritmo:

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i)*4/wght1 - (a + 2d + g)*4/wght2) / (8 * x_cellsize)$$

- donde:

$wght1$ y $wght2$ son los recuentos ponderados horizontales de las celdas válidas.

Por ejemplo, si:

- c, f e i tienen valores válidos, $wght1 = (1+2*1+1) = 4$.
- i es NoData, $wght1 = (1+2*1+0) = 3$.
- f es NoData, $wght1 = (1+2*0+1) = 2$.

Se aplica una lógica similar a $wght2$, salvo que las ubicaciones vecinas sean a, d y g .

La tasa de cambio en la dirección y de la celda e se calcula con el siguiente algoritmo:

$$[dz/dy] = ((g + 2h + i)*4/wght3 - (a + 2b + c)*4/wght4) / (8 * y_cellsize)$$

- donde:

$wght3$ y $wght4$ son el mismo concepto que en cálculo de $[dz/dx]$.

Ejemplo de cálculo de pendiente planar

En este ejemplo, se calcula el valor de la pendiente de la celda central de la ventana móvil.

50	45	50
30	30	30
8	10	10

Entrada de ejemplo de pendiente

La tasa de cambio en la dirección x de la celda central e es:

$$\begin{aligned}
 [dz/dx] &= ((c + 2f + i)*4/wght1 - (a + 2d + g)*4/wght2) / (8 * x_cellsize) \\
 &= ((50 + 60 + 10)*4/(1+2+1) - (50 + 60 + 8)*4/(1+2+1)) / (8 * 5) = (120 \\
 &- 118) / 40 = 0.05
 \end{aligned}$$

La tasa de cambio en la dirección y de la celda e es:

$$\begin{aligned}
 [dz/dy] &= ((g + 2h + i)*4/wght3 - (a + 2b + c)*4/wght4) / (8 * y_cellsize) \\
 &= ((8 + 20 + 10)*4/(1+2+1) - (50 + 90 + 50)*4/(1+2+1)) / (8 * 5) = (38 \\
 &- 190) / 40 = -3.8
 \end{aligned}$$

Tomando la tasa de cambio en la dirección x e y, la pendiente de la celda central e se calcula utilizando:

$$\begin{aligned}
 rise_run &= \sqrt{[dz/dx]^2 + [dz/dy]^2} = \sqrt{(0.05)^2 + (-3.8)^2} = \\
 &\sqrt{0.0025 + 14.44} = 3.80032
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 slope_degrees &= ATAN(rise_run) * 57.29578 = ATAN(3.80032) * \\
 &57.29578 = 1.31349 * 57.29578 = 75.25762
 \end{aligned}$$

El valor de la pendiente en número entero para la celda e es 75 grados.

59	56	59
71	75	70
60	63	57

Salida de ejemplo de pendiente

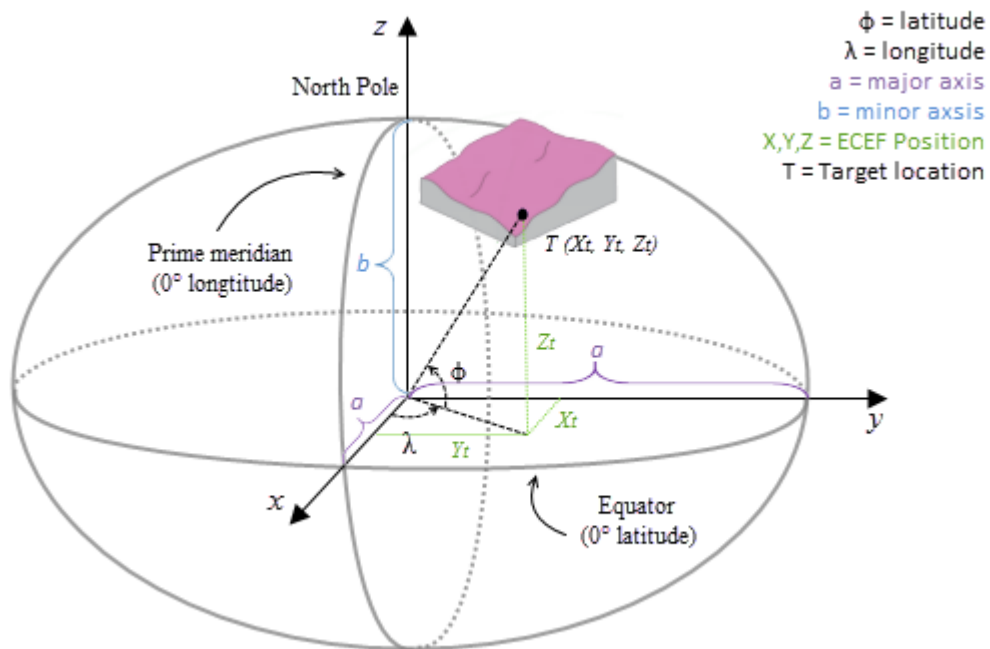
Método geodésico

El método geodésico mide la pendiente en un sistema de coordenadas 3D geocéntricas, también llamado sistema de coordenadas centrado en la Tierra, Tierra fija (ECEF), teniendo en cuenta la forma de la Tierra como un elipsoide. La forma en que esté proyectado el dataset no afectará al resultado del cálculo. Se utilizarán las unidades z del ráster de entrada si están definidas en la referencia espacial. Si la referencia espacial de la entrada no define las

unidades z, deberá hacerlo con el parámetro de unidad z. El método geodésico produce una pendiente más exacta que el método planar.

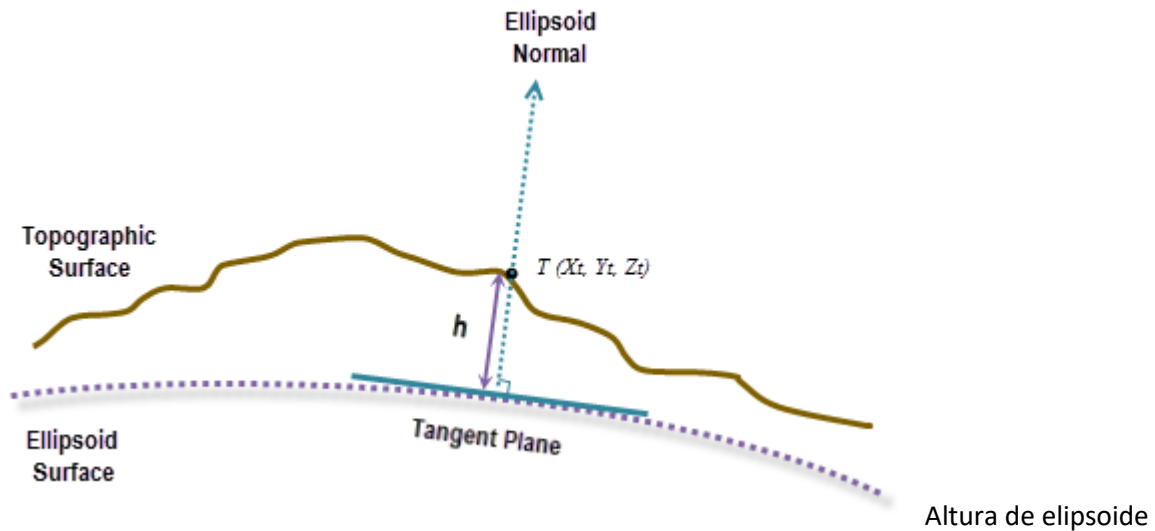
Transformación de coordenadas geodésicas

El sistema de coordenadas de ECEF es un sistema de coordenadas cartesianas dextrógiro 3D cuyo origen es el centro de la Tierra, donde cualquier ubicación se representa mediante coordenadas X, Y y Z. Consulte la figura siguiente para ver un ejemplo de una ubicación de destino T expresada con coordenadas geocéntricas.



El ráster de la superficie se transforma desde el sistema de coordenadas de entrada en un sistema de coordenadas geocéntricas 3D.

El cálculo geodésico utiliza una coordenada X, Y, Z que se calcula según sus coordenadas geodésicas (latitud ϕ , longitud λ , altura h). Si el sistema de coordenadas del ráster de superficie de entrada es un sistema de coordenadas proyectadas (PCS), el ráster se reproyecta primero a un sistema de coordenadas geográficas (GCS) donde cada ubicación tiene una coordenada geodésica y, a continuación, se transforma en el sistema de coordenadas de ECEF. La altura h (valor z) es la altura de elipsoide asociada a la superficie de elipsoide. Consulte el gráfico de la ilustración a continuación.



Para transformar a coordenadas de ECEF desde una coordenada geodésica (latitud φ , longitud λ , altura h), utilice las fórmulas siguientes:

$$X = (N(\varphi) + h) \cos\varphi \cos\lambda$$

$$Y = (N(\varphi) + h) \cos\varphi \sin\lambda$$

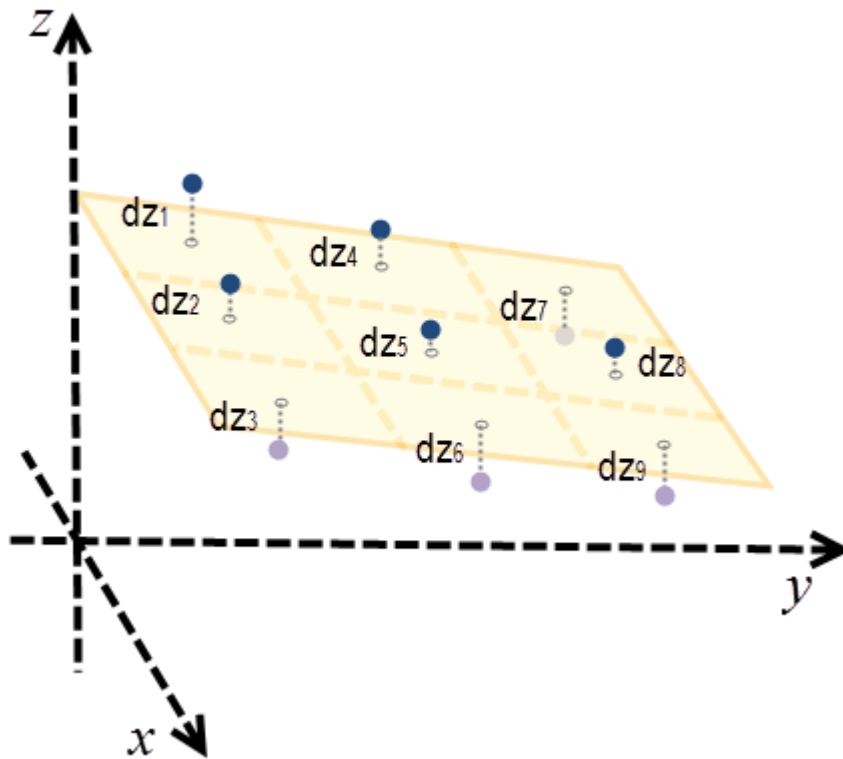
$$Z = (b^2/a^2 * N(\varphi) + h) \sin\varphi$$

- donde:
 - $N(\varphi) = a^2 / \sqrt{a^2 \cos^2\varphi + b^2 \sin^2\varphi}$
 - φ = latitud
 - λ = longitud
 - h = altura de elipsoide
 - a = eje mayor del elipsoide
 - b = eje menor del elipsoide

La altura h de elipsoide se expresa en metros en las fórmulas anteriores. Si la unidad z de su ráster de entrada se especifica en otra unidad, se transformará internamente a metros.

Cálculo de pendiente

La pendiente geodésica es el ángulo formado entre la superficie topográfica y la superficie del elipsoide. Toda superficie paralela a la superficie del elipsoide tiene una pendiente de 0. Para calcular la pendiente en cada ubicación, se ajusta un plano vecino con celdas de 3 x 3 alrededor de cada celda de procesamiento utilizando el método por mínimos cuadrados. El mejor ajuste en el método por mínimos cuadrados minimiza la suma de la diferencia cuadrada (dz_i) entre el valor z real y el valor z ajustado. Consulte la ilustración a continuación para ver un ejemplo.

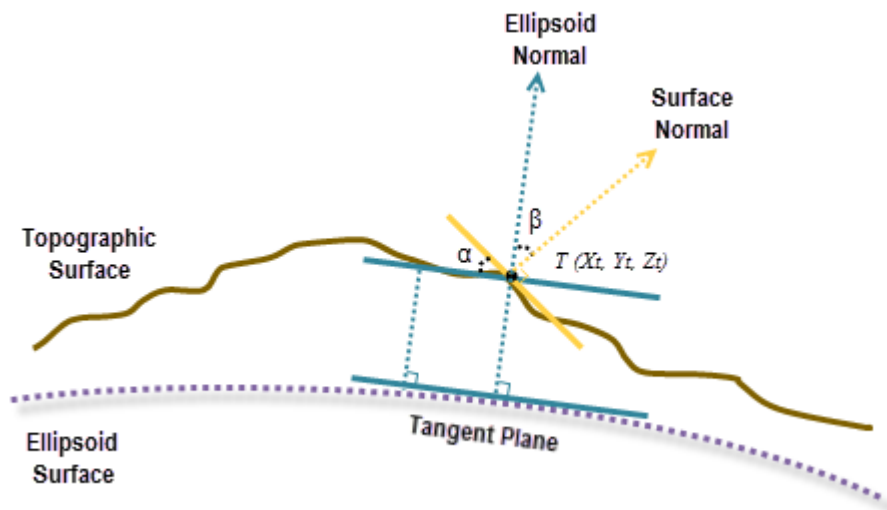


Ejemplo de ajuste por mínimos cuadrados

Aquí, el plano se representa como $z = Ax + By + C$. Para cada centro de celda, dz_i es la diferencia entre el valor z real y el valor z ajustado.

El plano se ajusta mejor cuando $\sum_{i=1}^9 dz_i^2$ se minimiza.

Una vez ajustado el plano, se calcula una superficie normal en la ubicación de la celda. En la misma ubicación, también se calcula un elipsoide normal perpendicular al plano tangente de la superficie de elipsoide.



Cálculo de

pendiente geodésica

La pendiente, en grados, se calcula desde el ángulo entre el elipsoide normal y la superficie normal topográfica, representada aquí como β . Según la ilustración de arriba, el ángulo α es la pendiente geodésica, que es igual que el ángulo β , según la ley de geometría congruente.

Para calcular la pendiente como elevación en porcentaje, se utiliza la fórmula siguiente:

$$Slope_PercentRise = \text{ATAN}(\beta) * 100\%$$

- La herramienta proporciona un ráster de salida sobre el nivel del suelo (AGL) opcional. Cada celda del ráster de salida AGL registra la altura mínima que se debe agregar a esa celda para que resulte visible al menos para un observador.

Cuando las entidades de observador de entrada contienen varios observadores, el valor de salida es el mínimo de los valores de AGL de todos los observadores individuales.

- Cuando el ráster de entrada se deba remuestrear, se utilizará la técnica bilineal. Un ejemplo en el que se debe remuestrear un ráster de entrada se produce cuando el sistema de coordenadas de salida, la extensión o el tamaño de celda es diferente del de entrada.