


Método KRIGING en ArcGIS Spatial Analyst y ArcGIS Geostatistical Analyst



Metodos



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

ESRI: www.esri.com

y por la página oficial de GIS Geography
www.gisgeography.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)

Kriging

- ▶ Interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando kriging.
- ▶ Kriging es un proceso intensivo del procesador. La velocidad de ejecución depende de la cantidad de puntos en el dataset de entrada y del tamaño de la ventana de búsqueda.
- ▶ Los valores bajos en la varianza del ráster de predicción de salida opcional indica un alto grado de confianza en el valor previsto. Los valores altos pueden indicar que se necesitan más puntos de datos.
- ▶ El tipo de kriging universal presupone que hay un componente estructural presente y que la tendencia local varía de una ubicación a otra.
- ▶ **Parámetros avanzados** permite controlar el semivariograma utilizado para kriging. Un valor predeterminado para **Tamaño de intervalo** se establece inicialmente en el tamaño de celda de salida predeterminado. Para **Rango principal**, **Meseta parcial** y **Nugget**, se calculará un valor predeterminado internamente, si no se especifica nada.

Kriging

La varianza del ráster de predicción de salida opcional contiene la varianza de kriging en cada celda del ráster de salida. Al suponer que, por lo general, los errores kriging se distribuyen, hay una probabilidad del 95,5 por ciento de que el valor z real en la celda sea el valor del ráster previsto, sumando o restando dos veces la raíz cuadrada del valor del ráster de predicción.

- ▶ Algunos datasets de entrada pueden tener algunos puntos con las mismas coordenadas x,y . Si los valores de los puntos de una ubicación común son los mismos, se consideran duplicados y no afectan a la salida. Si los valores son diferentes, se consideran puntos "coincidentes".
- ▶ Las distintas herramientas de interpolación pueden manejar esta condición de datos de maneras distintas. Por ejemplo, en algunos casos el primer punto coincidente encontrado se utiliza para el cálculo; en otros casos, se utiliza el último punto encontrado. Esto puede causar que algunas ubicaciones del ráster de entrada tengan valores distintos a los que puede esperar. La solución es preparar los datos quitando estos puntos coincidentes. La herramienta [Adquirir eventos](#) de la caja de herramientas de Estadística espacial es útil para identificar cualquier punto coincidente en los datos.

Kriging – acceso desde la extensión

Kriging

Input points:

Z value field:

Kriging method: Ordinary Universal

Semivariogram model:
[Advanced Parameters...](#)

Search radius type:

Search Radius Settings

Number of points:

Maximum distance:

Output cell size:

Create variance of prediction:

Output raster:

Advanced Parameters

Lag size:

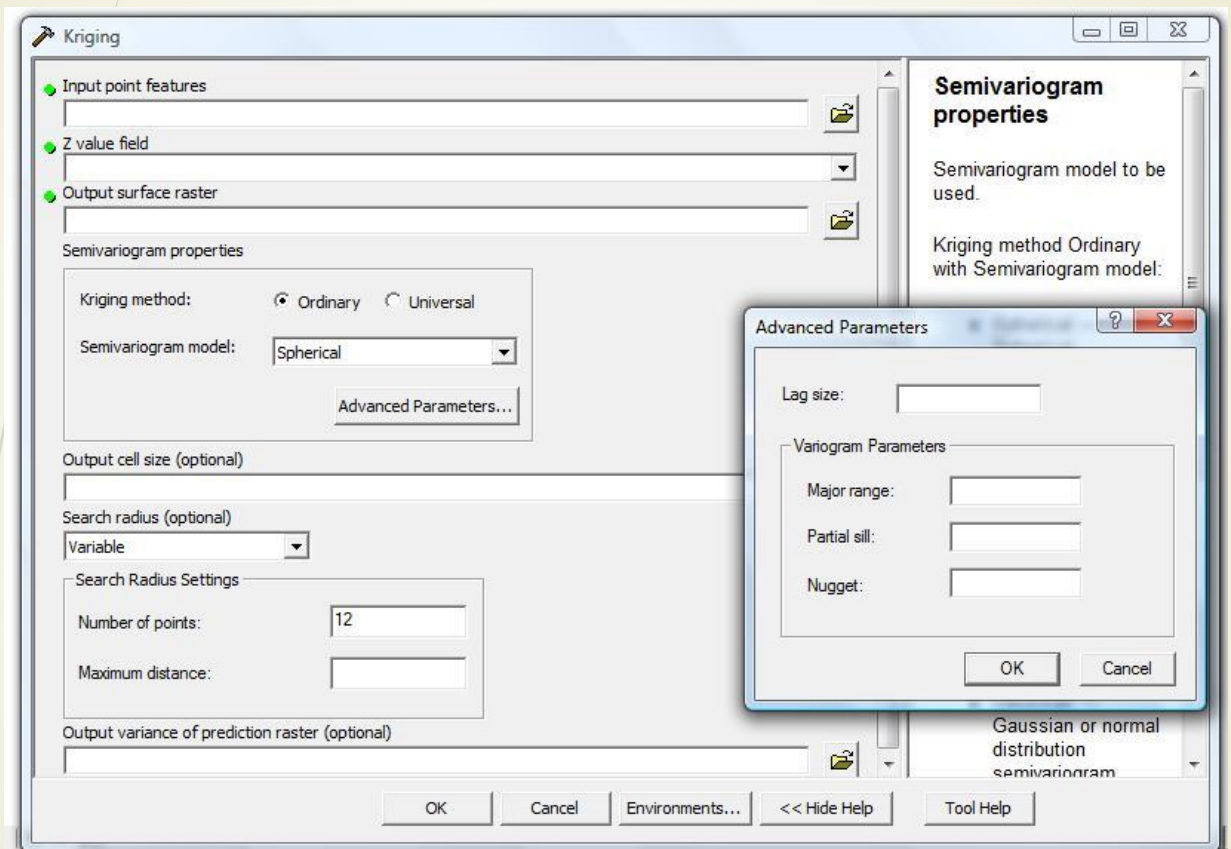
Variogram Parameters

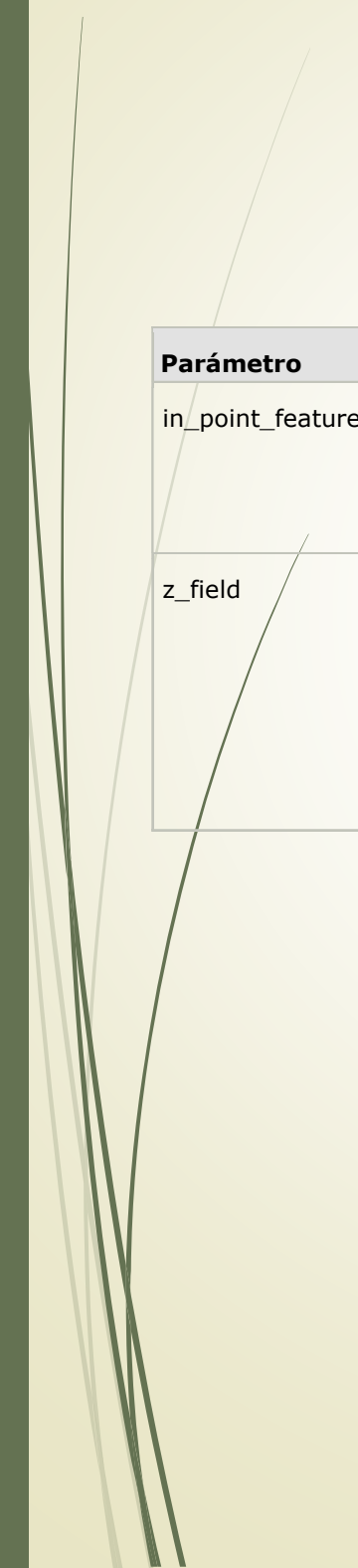

Major range:

Partial sill:

Nugget:

Kriging – acceso desde el arctoolbox





Parámetro	Explicación	Tipo de datos
in_point_features	Entidades de punto de entrada que contienen los valores z que se interpolarán en un ráster de superficie.	Feature Layer
z_field	Campo que contiene un valor de altura o magnitud para cada punto. Puede ser un campo numérico o el campo Forma si las entidades de punto de entrada contienen valores z.	Field

Kriging - parámetros

► SemiVariogram_props - kriging_model

- La clase **KrigingModel** define qué modelo kriging se utilizará.
- Hay dos tipos de clases kriging. El método **KrigingModelOrdinary** tiene cinco tipos de semivariogramas disponibles. El método **KrigingModelUniversal** tiene dos tipos de semivariogramas disponibles.

► KrigingModelOrdinary

- **semivariogramType**: el modelo de semivariograma que se utilizará. Los modelos disponibles son:

- **SPHERICAL**: modelo de semivariograma esférico. Esta es la opción predeterminada.
- **CIRCULAR**: modelo de semivariograma circular.
- **EXPONENTIAL**: modelo de semivariograma exponencial.
- **GAUSSIAN**: modelo de semivariograma Gaussiano (o de distribución normal).
- **LINEAR**: modelo de semivariograma lineal con una meseta.

Kriging - parámetros

KrigingModelUniversal

- ▶ **semivariogramType**: el modelo de semivariograma que se utilizará. Los modelos disponibles son:
 - ▶ **LINEARDRIFT**: kriging universal con coeficiente de tendencia lineal.
 - ▶ **QUADRATICDRIFT**: kriging universal con coeficiente de tendencia cuadrática.
- ▶ Después de **{semivariogramType}**, los demás parámetros son comunes entre kriging ordinario y universal.
 - ▶ **lagSize**: la opción predeterminada es el tamaño de celda ráster de salida.
 - ▶ **majorRange**: representa la distancia más allá de la cual hay poca o ninguna correlación.
 - ▶ **partialSill**: diferencia entre el nugget y la meseta.
- ▶ **nugget**: representa el error y la variación a una escala espacial que es demasiado fina para ser detectada. El efecto nugget se ve como una discontinuidad del origen.

Kriging - parámetros

cell_size (Opcional)

- ▶ El tamaño de celda con el que se creará el ráster de salida.
- ▶ Este será el valor del entorno si se establece explícitamente; de lo contrario, es el valor más bajo del ancho o de la altura de la extensión de las entidades de punto de entrada, en la referencia espacial de entrada, dividido por 250.

▶ search_radius (Opcional)

- ▶ La clase **Radio** define cuáles de los puntos de entrada se utilizarán para interpolar el valor para cada celda en el ráster de salida.
- ▶ Hay dos tipos de clases de radios: **RadiusVariable** y **RadiusFixed**. Un radio de búsqueda variable se utiliza para encontrar una cantidad específica de puntos de muestra de entrada para la interpolación. El tipo fijo utiliza una distancia fija especificada dentro de la cual todos los puntos de entrada se utilizarán para la interpolación. El tipo variable es la opción predeterminada.

▶ RadiusVariable

- ▶ **{numberOfPoints}**: un valor entero que especifica la cantidad de puntos de muestra de entrada más próximos que se utilizarán para realizar la interpolación. El valor predeterminado es 12 puntos.
- ▶ **{maxDistance}**: especifica la distancia, en unidades de mapa, mediante la cual se limitará la búsqueda de los puntos de muestra de entrada más próximos. El valor predeterminado es la longitud de la extensión de la diagonal.

Kriging - parámetros

RadiusFixed

- ▶ **{distance}**: especifica la distancia como un radio dentro del cual los puntos de muestra de entrada se utilizarán para realizar la interpolación.
- ▶ El valor del radio se expresa en unidades de mapa. El radio predeterminado es cinco veces el tamaño del ráster de salida.
 - ▶ **{minNumberofPoints}**: un entero que define la cantidad de puntos mínima que se utilizará para la interpolación. El valor predeterminado es 0.
- ▶ out_variance_prediction_raster (Opcional)
- ▶ Ráster de salida opcional donde cada celda contiene los valores de semivarianza previstos para esa ubicación.
- ▶ Raster Dataset
- ▶ **Valor de retorno**
 - ▶ out_surface_raster
 - ▶ Ráster de superficie interpolado de salida.

Kriging – como funciona

- ▶ Kriging es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z . A diferencia de otros métodos de interpolación compatibles con ArcGIS Spatial Analyst, utilizar la herramienta [Kriging](#) en forma efectiva implica una investigación interactiva del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores z antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida.
- ▶ Kriging es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z . A diferencia de otros métodos de interpolación compatibles con ArcGIS Spatial Analyst, utilizar la herramienta [Kriging](#) en forma efectiva implica una investigación interactiva del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores z antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida.

La fórmula de Kriging

El método kriging es similar al de IDW en que pondera los valores medidos circundantes para calcular una predicción de una ubicación sin mediciones. La fórmula general para ambos interpoladores se forma como una suma ponderada

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

- donde:
- $Z(s_i)$ = el valor medido en la ubicación i
- λ_i = una ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación i
- s_0 = la ubicación de la predicción
- N = la cantidad de valores medidos

La fórmula de Kriging

- ▶ En IDW, la ponderación, λ_i , depende exclusivamente de la distancia a la ubicación de la predicción. Sin embargo, con el método kriging, las ponderaciones están basadas no sólo en la distancia entre los puntos medidos y la ubicación de la predicción, sino también en la disposición espacial general de los puntos medidos. Para utilizar la disposición espacial en las ponderaciones, la correlación espacial debe estar cuantificada. Por lo tanto, en un kriging ordinario, la ponderación, λ_i , depende de un modelo ajustado a los puntos medidos, la distancia a la ubicación de la predicción y las relaciones espaciales entre los valores medidos alrededor de la ubicación de la predicción. En las siguientes secciones se describe cómo se utiliza la fórmula general de kriging para crear un mapa de la superficie de predicción y un mapa de la precisión de las predicciones.

Kriging – superficie de predicción

Para llevar a cabo una predicción con el método de interpolación de kriging, es necesario realizar dos tareas:

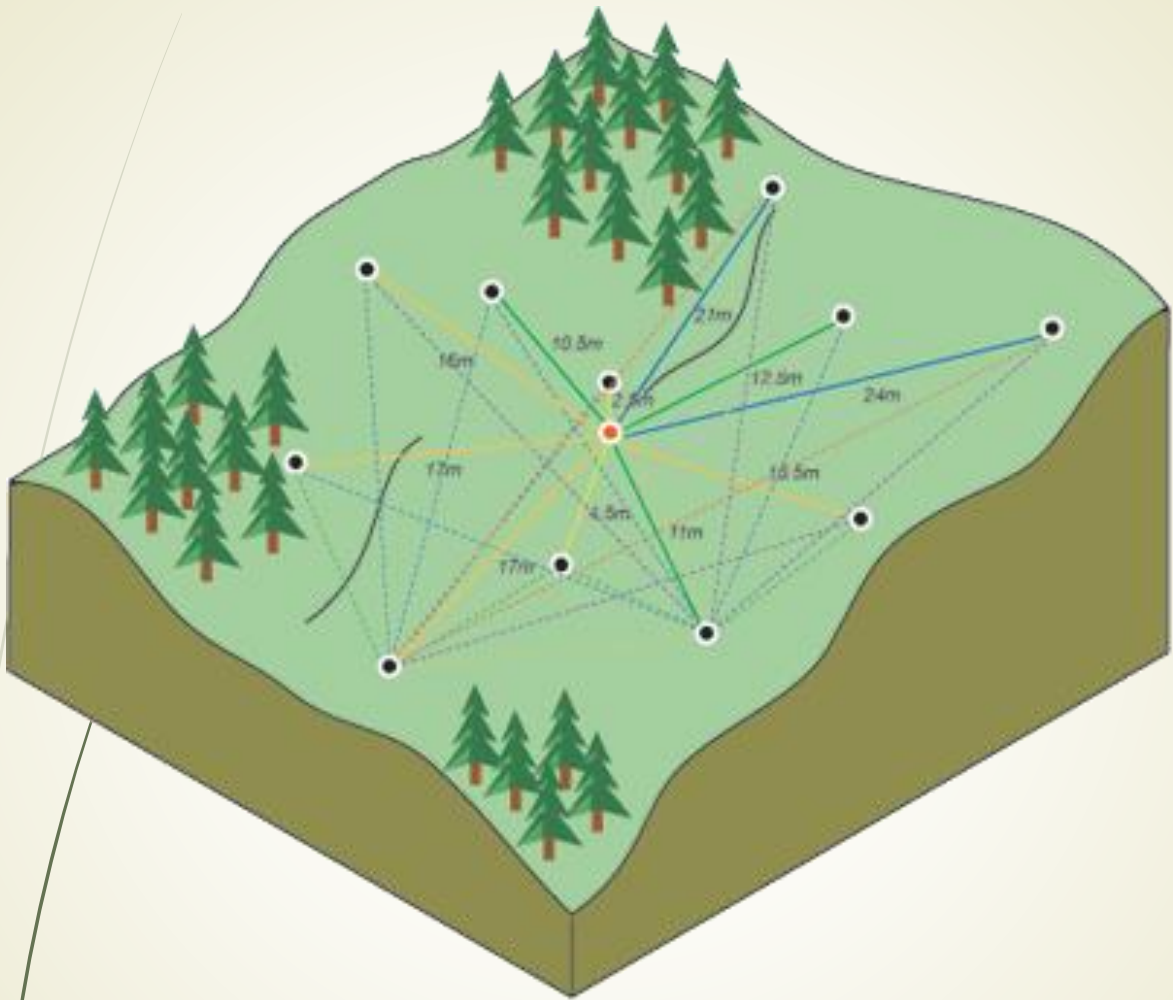
- ▶ Descubrir las reglas de dependencia.
- ▶ Realizar las predicciones.
- ▶ A fin de completar estas dos tareas, kriging atraviesa un proceso de dos pasos:
- ▶ Crea los variogramas y las funciones de covarianza para calcular los valores de dependencia estadística (denominada autocorrelación espacial) que dependen del modelo de autocorrelación (ajustar un modelo).
- ▶ Prevé los valores desconocidos (hacer una predicción).
- ▶ Se dice que en este método los datos se utilizan dos veces, debido a estas dos tareas bien distintivas: la primera vez, para calcular la autocorrelación espacial de los datos, y la segunda, para hacer las predicciones.

Kriging - Variografía

El ajuste de un modelo, o modelado espacial, también se conoce como análisis estructural o variografía. En el modelado espacial de la estructura de los puntos medidos, se comienza con un gráfico del semivariograma empírico, calculado con la siguiente ecuación para todos los pares de ubicaciones separados por la distancia h :

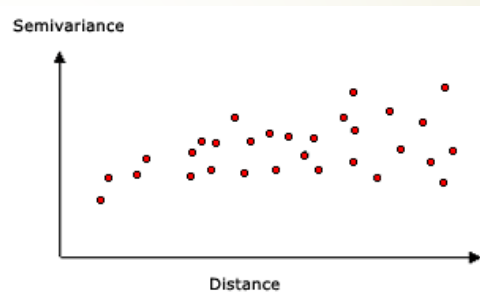
- ▶ $\text{Semivariogram}(\text{distance}_h) = 0.5 * \text{average}\{(\text{value}_i - \text{value}_j)^2\}$
- ▶ La fórmula implica calcular la diferencia cuadrada entre los valores de las ubicaciones asociadas.
- ▶ En la imagen a continuación se muestra la asociación de un punto (en color rojo) con todas las demás ubicaciones medidas. Este proceso continúa con cada punto medido.
 - ▶ *Cálculo de la diferencia cuadrada entre las ubicaciones asociadas*

Kriging - Variografía



Kriging - Variografía

A menudo, cada par de ubicaciones tiene una distancia única y suele haber varios pares de puntos. La diagramación de todos los pares rápidamente se vuelve imposible de administrar. En lugar de diagramar cada par, los pares se agrupan en bins de intervalo. Por ejemplo, calcule la semivarianza promedio de todos los pares de puntos que están a más de 40 metros de distancia pero a menos de 50 metros. El semivariograma empírico es un gráfico de los valores de semivariograma promediados en el eje Y, y la distancia (o intervalo) en el eje X)



- La autocorrelación espacial cuantifica un principio básico de geografía: es más probable que las cosas que están más cerca sean más parecidas que las que están más alejadas. Entonces, los pares de ubicaciones que están más cerca (extremo izquierdo del eje X de la nube de semivariograma) deberían tener valores más similares (parte inferior en el eje Y de la nube de semivariograma). A medida que los pares de ubicaciones estén más separados entre sí (hacia la derecha en el eje X de la nube de semivariograma), deberían ser más distintos y tener una diferencia cuadrada más grande (hacia arriba en el eje Y de la nube de semivariograma).

Kriging - Ajustar un modelo al semivariograma empírico

- El siguiente paso es ajustar un modelo a los puntos que forman el semivariograma empírico. El moldeado del semivariograma es un paso clave entre la descripción espacial y la predicción espacial. La aplicación principal de kriging es la predicción de los valores de atributo en las ubicaciones que no fueron muestreadas. El semivariograma empírico proporciona información sobre la autocorrelación espacial de los datasets. Sin embargo, no suministra información para todas las direcciones y distancias posibles. Por esta razón, y para asegurar que las predicciones de kriging tengan varianzas de kriging positivas, es necesario ajustar un modelo (es decir, una función o curva continua) al semivariograma empírico. En resumen, esto es similar al análisis de regresión, en el que se ajusta una línea o curva continua a los puntos de datos.

Kriging - Ajustar un modelo al semivariograma empírico

- ▶ Para ajustar un modelo al semivariograma empírico, seleccione una función que sirva como modelo, por ejemplo, un tipo esférico que se eleve y nivele las distancias más grandes que sobrepasan un determinado rango (vea el ejemplo del modelo esférico más abajo). Existen desviaciones de los puntos en el semivariograma empírico con respecto al modelo; algunos están por encima de la curva del modelo y algunos están por debajo. Sin embargo, si suma la distancia de cada punto por encima de la línea y la distancia de cada punto por debajo, los dos valores deberían ser similares. Existen varios modelos de semivariograma para elegir.

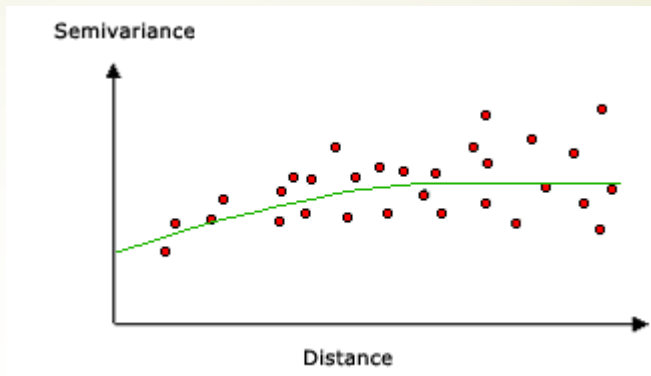
Kriging - Ajustar un modelo al semivariograma empírico

- ▶ Modelos de semivariograma
- ▶ ArcGIS Spatial Analyst proporciona las siguientes funciones para elegir para el modelado del semivariograma empírico:
 - ▶ Circular
 - ▶ Esférica
 - ▶ Exponencial
 - ▶ Gaussiana
 - ▶ Lineal
- ▶ El modelo seleccionado influye en la predicción de los valores desconocidos, en particular cuando la forma de la curva cercana al origen difiere significativamente. Cuanto más pronunciada sea la curva cercana al origen, más influirán los vecinos más cercanos en la predicción. Como resultado, la superficie de salida será menos suave. Cada modelo está diseñado para ajustarse a diferentes tipos de fenómenos de forma más precisa.
- ▶ En los siguientes diagramas se muestran dos modelos comunes y se identifican las diferencias de las funciones:

Kriging - Ajustar un modelo al semivariograma empírico

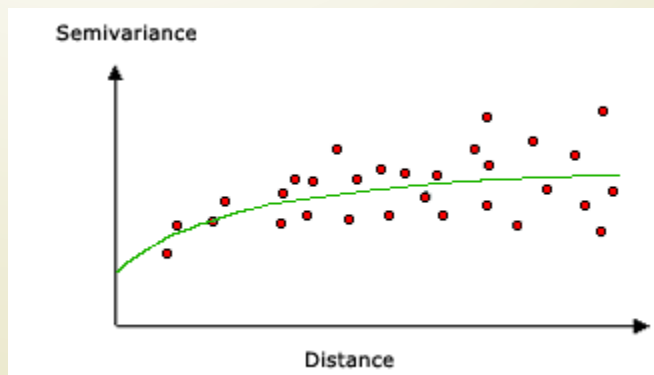
Un ejemplo del modelo esférico

En este modelo se muestra una disminución progresiva de la autocorrelación espacial (así como un aumento en la semivarianza) hasta cierta distancia, después de la cual la autocorrelación es cero. El modelo esférico es uno de los que más se utilizan.



Un ejemplo del modelo exponencial

- Este modelo se aplica cuando la autocorrelación espacial disminuye exponencialmente cuando aumenta la distancia. En este caso, la autocorrelación desaparece por completo sólo a una distancia infinita. El modelo exponencial también es un modelo comúnmente utilizado. La elección de qué modelo se va a utilizar está basada en la autocorrelación espacial de los datos y en el conocimiento previo del fenómeno.

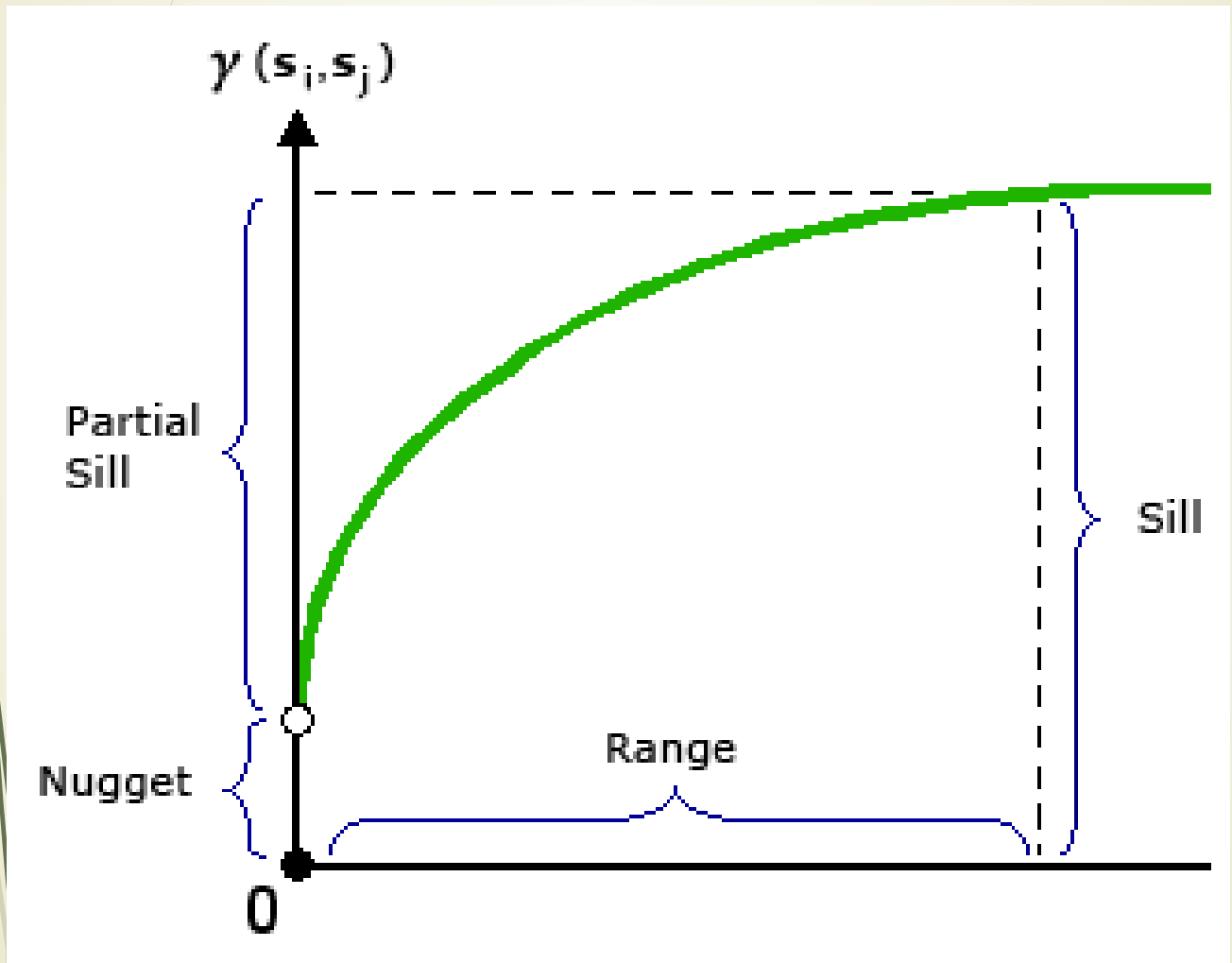


Kriging - Ajustar un modelo al semivariograma empírico

Como se indicó previamente, el semivariograma muestra la autocorrelación espacial de los puntos de muestra medidos. Tal como lo expresa un principio básico de la geografía (las cosas más cercanas son más parecidas), los puntos medidos que están cerca por lo general tendrán una diferencia cuadrada menor que la de aquellos que están más distanciados. Una vez diagramados todos los pares de ubicaciones después de haber sido colocados en un bin, se ajusta un modelo para estas ubicaciones. El rango, la meseta y el nugget se utilizan, generalmente, para describir estos modelos.

► **Rango y meseta**

- Al observar el modelo de un semivariograma, notará que a una determinada distancia, el modelo se nivela. La distancia a la que el modelo comienza a aplanarse se denomina rango. Las ubicaciones de muestra separadas por distancias más cortas que el rango están autocorrelacionadas espacialmente, mientras que las ubicaciones que están más alejadas que el rango, no lo están.



Kriging - Ajustar un modelo al semivariograma empírico

El valor en el cual el modelo de semivariograma alcanza el rango (el valor en el eje Y) se denomina meseta. Una meseta parcial es la meseta menos el nugget. El nugget se describe en la siguiente sección.

► **Nugget**

- En teoría, a una distancia de separación cero (por ej. intervalo = 0), el valor del semivariograma es 0. No obstante, a una distancia de separación infinitamente inferior, el semivariograma a menudo muestra un efecto nugget, que es un valor mayor que 0. Si el modelo de semivariograma intercepta el eje Y en 2, entonces el nugget es 2.
- El efecto nugget puede atribuirse a errores de medición o a fuentes espaciales de variación a distancias que son menores que el intervalo de muestreo (o a ambas cosas). Los errores de medición ocurren debido al error inherente a los dispositivos de medición. Los fenómenos naturales pueden variar espacialmente en un rango de escalas. La variación a microescalas más pequeñas que las distancias de muestreo aparecerán como parte del efecto nugget. Antes de recopilar datos, es importante lograr comprender las escalas de variación espacial en las que está interesado.

Kriging - Ajustar un modelo al semivariograma empírico

Realizar una predicción

- ▶ Cuando haya descubierto la dependencia o autocorrelación en sus datos ([Variografía](#)) y haya finalizado con el primer uso de los datos (usar la información espacial de los datos para calcular las distancias y modelar la autocorrelación espacial) puede realizar una predicción utilizando el modelo ajustado. Después de esto, se aparta el semivariograma empírico.
- ▶ Ahora puede utilizar los datos para realizar predicciones. Al igual que la interpolación de IDW, kriging forma ponderaciones a partir de los valores medidos circundantes para prever ubicaciones sin mediciones. Asimismo, los valores medidos que estén más cerca de las ubicaciones sin mediciones tienen la mayor influencia. Sin embargo, las ponderaciones de kriging para los puntos medidos circundantes son más sofisticadas que las del método IDW. Este último utiliza un algoritmo simple basado en la distancia, mientras que las ponderaciones de kriging provienen de un semivariograma que se desarrolló observando la naturaleza espacial de los datos. Para crear una superficie continua del fenómeno, se realizan predicciones para cada ubicación, o centro de celda, en el área de estudio basadas en el semivariograma y la disposición espacial de los valores medidos que son cercanos.

Kriging - métodos

Los métodos kriging

- ▶ Existen dos métodos kriging: ordinario y universal.
- ▶ El kriging ordinario es el más general y más utilizado de los métodos kriging y es el predeterminado. Presupone que el valor medio constante es desconocido. Esa es una presuposición razonable a menos que haya una razón científica para rechazarla.
- ▶ El kriging universal presupone que hay una tendencia de invalidación en los datos, por ejemplo, un viento prevaleciente, y puede modelarse a través de la función determinística polinómica. Esta función polinómica se resta de los puntos medidos originalmente y la autocorrelación se modela a partir de los errores aleatorios. Una vez que el modelo se ajusta a los errores aleatorios y antes de realizar una predicción, se vuelve a sumar la función polinómica a las predicciones para obtener resultados significativos. El kriging universal sólo se debe utilizar si se conoce una tendencia en los datos y se puede dar una justificación científica para describirla.

Kriging - métodos

Gráficos de semivariograma

- ▶ Kriging es un procedimiento complejo que requiere de un mayor conocimiento sobre las estadísticas espaciales que lo que se puede abarcar en este tema. Antes de utilizar este método, debe comprender profundamente sus principios básicos y evaluar la adecuación de sus datos para realizar un modelo con esta técnica. Si no comprende bien este procedimiento, se recomienda que repase algunas de las referencias enumeradas al pie de este tema.
- ▶ Kriging se basa en una teoría de variables regionalizadas que presupone que la variación espacial en el fenómeno representado por los valores z es estadísticamente homogénea a lo largo de toda la superficie (por ej., se puede observar el mismo patrón de variación en todas las ubicaciones sobre la superficie). Esta hipótesis de homogeneidad espacial es fundamental para la teoría de variables regionalizadas.

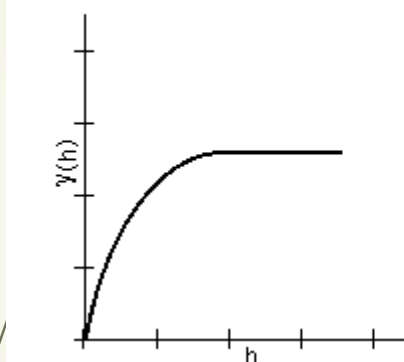
Kriging - métodos

Modelos matemáticos

- ▶ A continuación se presentan las formas generales y las ecuaciones de los modelos matemáticos utilizados para describir la semivarianza.

▶ Ilustración de modelo de semivarianza esférica

SPHERICAL



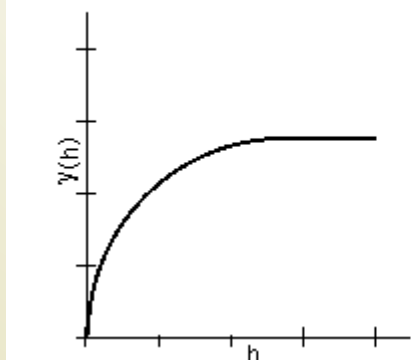
$$\gamma(h) = c_0 + c \left(\frac{3h}{2\alpha} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{\alpha} \right)^3 \right) \quad 0 < h \leq \alpha$$

$$\gamma(h) = c_0 + c \quad h > \alpha$$

$$\gamma(0) = 0$$

▶ Ilustración de modelo de semivarianza circular

CIRCULAR



$$\gamma(h) = c_0 + c \left(1 - \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \left(\frac{h}{\alpha} \right) + \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha^2}} \right) \quad 0 < h \leq \alpha$$

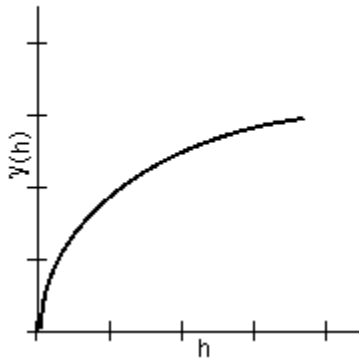
$$\gamma(h) = c_0 + c \quad h > \alpha$$

$$\gamma(0) = 0$$

Kriging - métodos

Ilustración de modelo de semivarianza exponencial

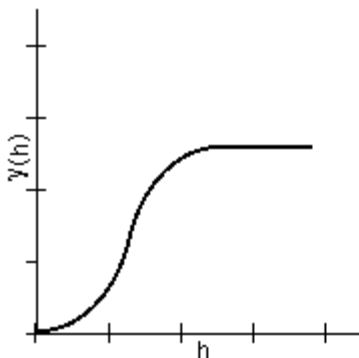
EXPONENTIAL



$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \left(1 - \exp\left(-\frac{h}{r}\right) \right) \quad h > 0$$
$$\gamma(0) = 0$$

➤ Ilustración de modelo de semivarianza gaussiana

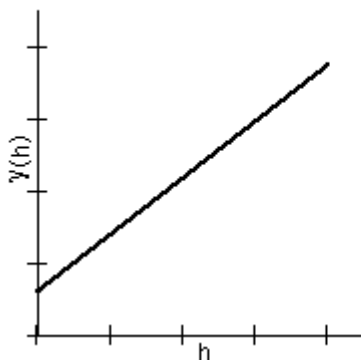
GAUSSIAN



$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \left(1 - \exp\left(-\frac{h^2}{r^2}\right) \right) \quad h > 0$$
$$\gamma(0) = 0$$

Ilustración de modelo de semivarianza lineal

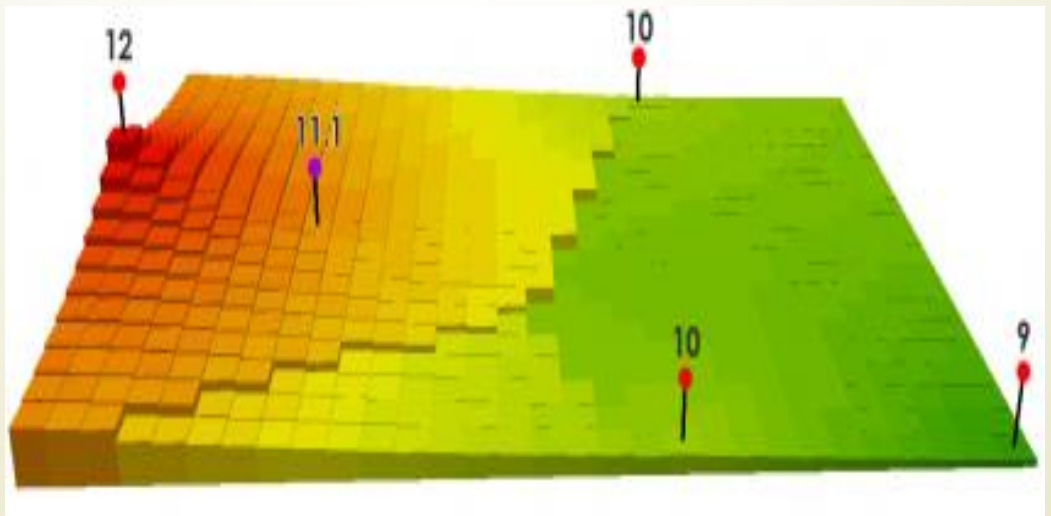
LINEAR



$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \left(\frac{h}{\alpha} \right) \quad 0 < h \leq \alpha$$
$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \quad h > \alpha$$
$$\gamma(0) = 0$$

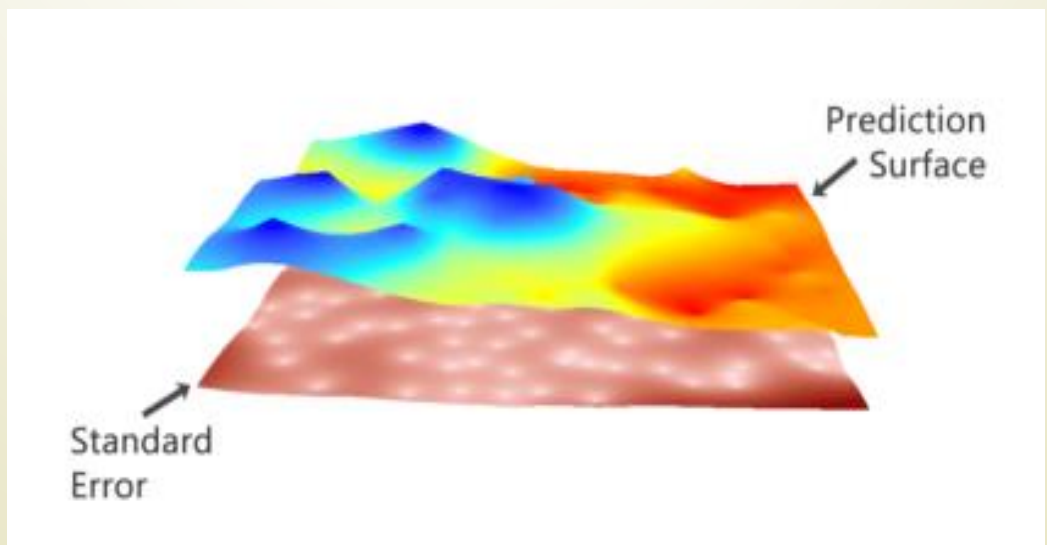
Geoestadística, interpolación con Kriging

- ▶ Con un método de interpolación como la ponderación de distancia inversa, se están haciendo predicciones sin decir cuán seguro está.
- ▶ Predecimos el punto púrpura, tomando una distancia ponderada inversa de los tres puntos de entrada más cercanos (los valores de 12, 10 y 10). Basándonos en la distancia, calculamos hasta dónde llega cada punto de entrada y obtenemos un valor de 11.1.
- ▶
$$\left(\frac{12}{350} + \frac{10}{750} + \frac{10}{850} \right) / \left(\frac{1}{350} + \frac{1}{750} + \frac{1}{850} \right) = 11.1$$



Geoestadística, interpolación con Kriging

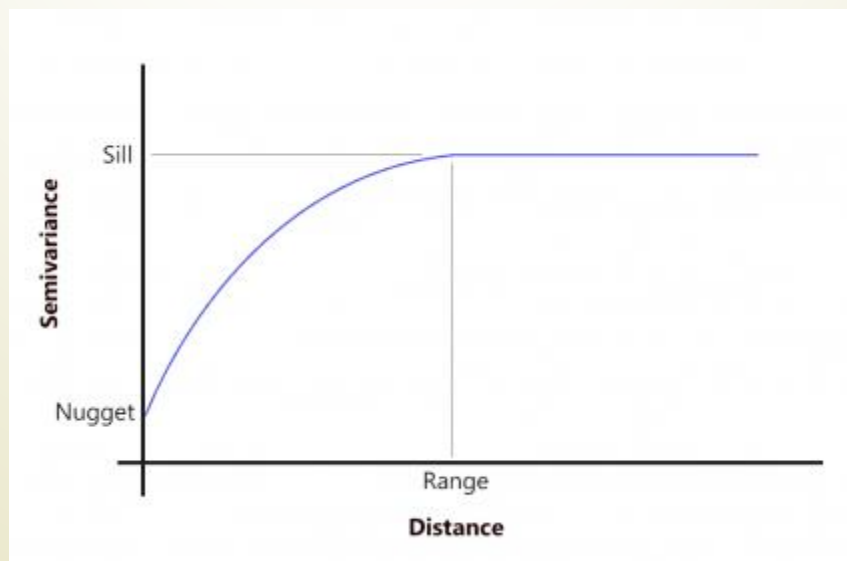
- ▶ Kriging predice un valor pero también informa sobre la probabilidad acerca del mismo.
- ▶ Los datos de entrada se utilizan para construir una función matemática con un semivariograma, crear una superficie de predicción y, luego, validar el modelo con validación cruzada.
- ▶ La geoestadística no sólo proporciona una superficie de predicción óptima, sino que también proporciona una medida de confianza sobre la probabilidad de que esa predicción sea cierta.



Geoestadística, interpolación con Kriging

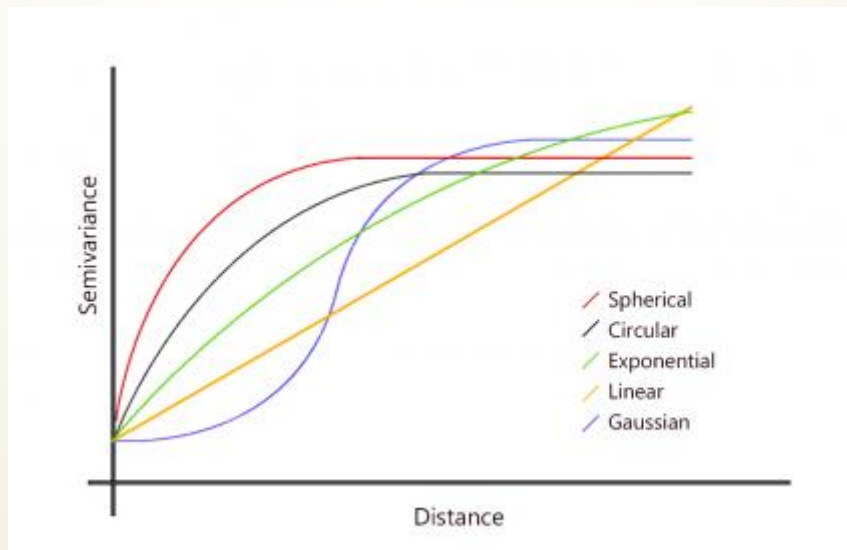
La clave de Kriging es el semivariograma



- ▶ Kriging confía en el semivariograma. En términos simples, los semivariogramas cuantifican la autocorrelación porque grafican la varianza de todos los pares de datos según la distancia.
- ▶ Lo más probable es que las cosas más cercanas estén más relacionadas y tengan una pequeña semivarianza. Mientras que las cosas lejanas están menos relacionadas y tienen una alta semivarianza.
- ▶ Pero a cierta distancia (rango), la autocorrelación se vuelve independiente. Donde esa variación se nivela, se llama (umbral). Esto significa que ya no hay ninguna autocorrelación espacial o relación entre la cercanía de sus puntos de datos. Este concepto es la Primera Ley de Geografía de Tobler.



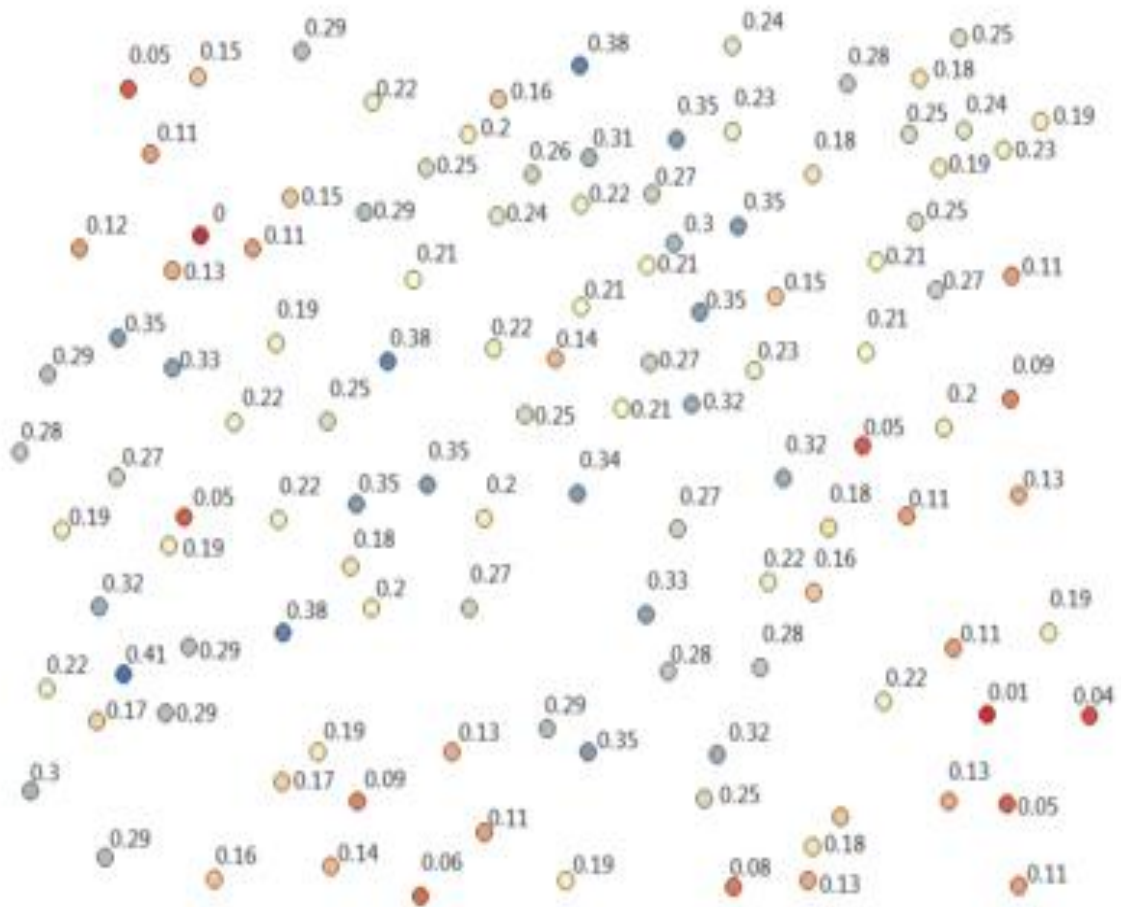
Geoestadística, interpolación con Kriging

- ▶ El propósito es determinar una superficie como un polinomio que modela la tendencia general a gran escala. Luego, en torno a esa tendencia, tenemos variabilidad con los residuos en los que interviene el kriging.
- ▶ Basándose en los resultados de su semivariograma, puede seleccionar un semivariograma esférico, circular, exponencial, gaussiano o lineal.



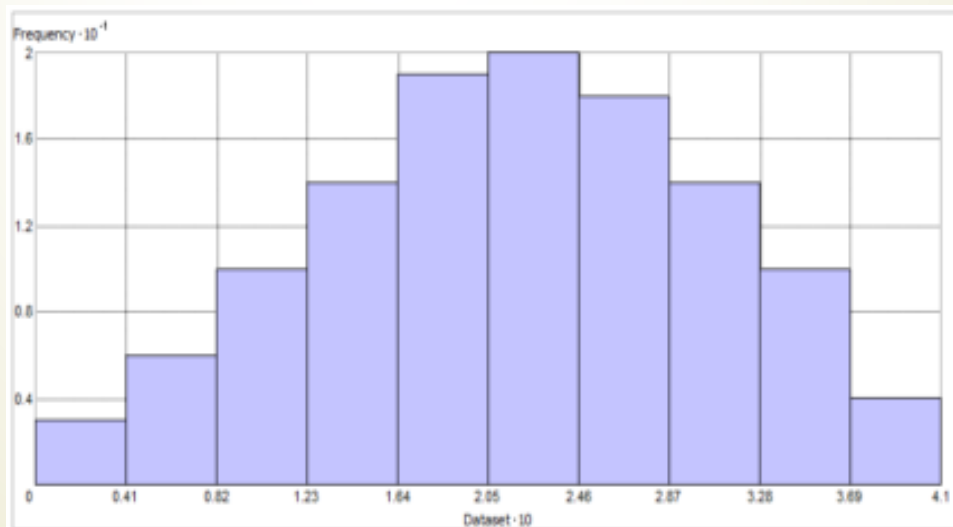
- 
- 
- ▶ Kriging es la técnica de interpolación óptima si sus datos cumplen ciertos criterios.
 - Sus datos deben tener una distribución normal.
 - Los datos deben ser estacionarios.
 - Sus datos no pueden tener tendencias.

Ejemplo, utilizamos muestras de humedad del suelo tomadas en un campo agrícola

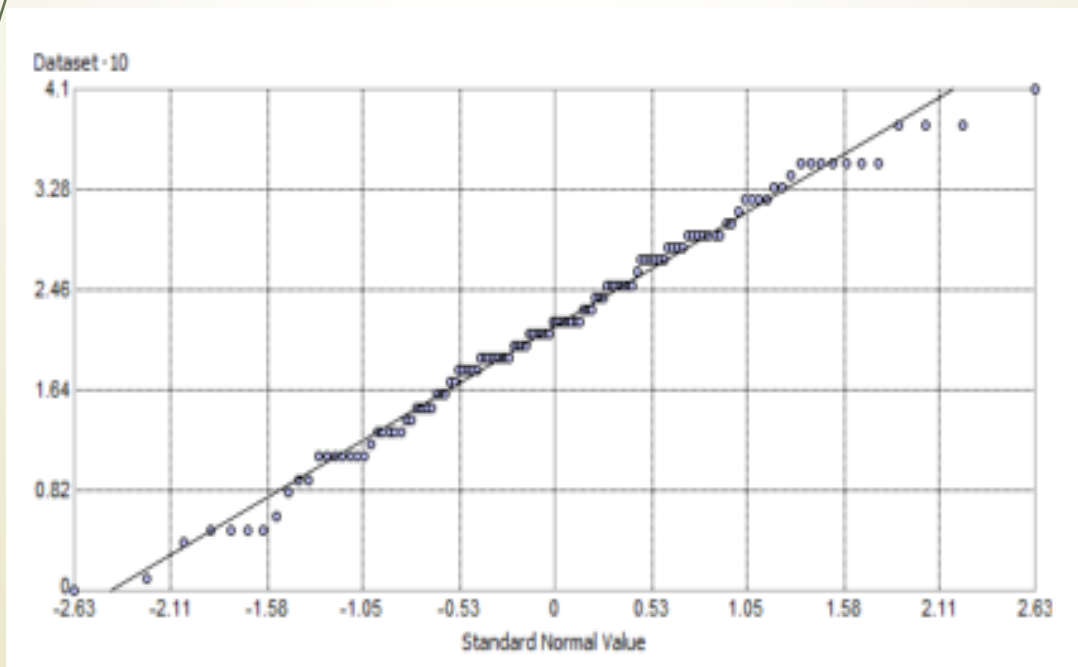


1. *Sus datos tienen una distribución normal*

- ▶ En esta prueba no se exploran las propiedades espaciales, sólo se comprueba que los valores estén distribuidos normalmente. Los valores de los datos deberían ajustar a la forma de una curva de campana.
- ▶ Mediante un histograma verifica si hay valores atípicos, y si hay similitud con una curva de campana.



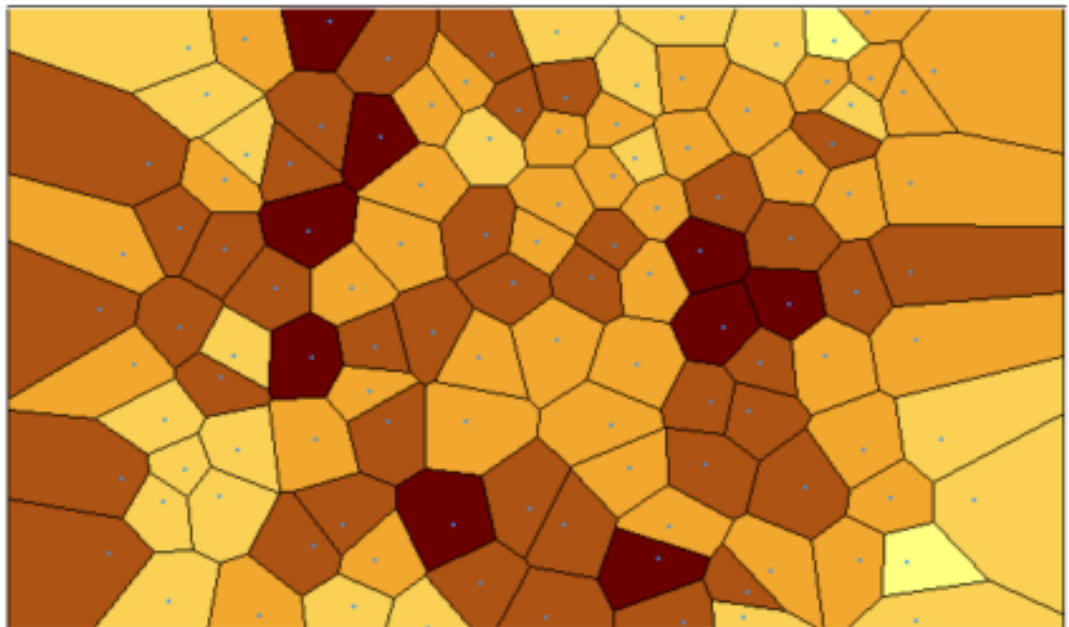
- ▶ Alternativamente, puede comprobar sus datos con un gráfico QQ normal. Un gráfico QQ normal compara cómo se alinean sus datos con los datos distribuidos normalmente. Si todos los puntos tienen una distribución perfectamente normal, todos tus puntos caerán en la línea de 45° , los datos siguen una línea recta.



2. Sus datos son fijos o estacionarios

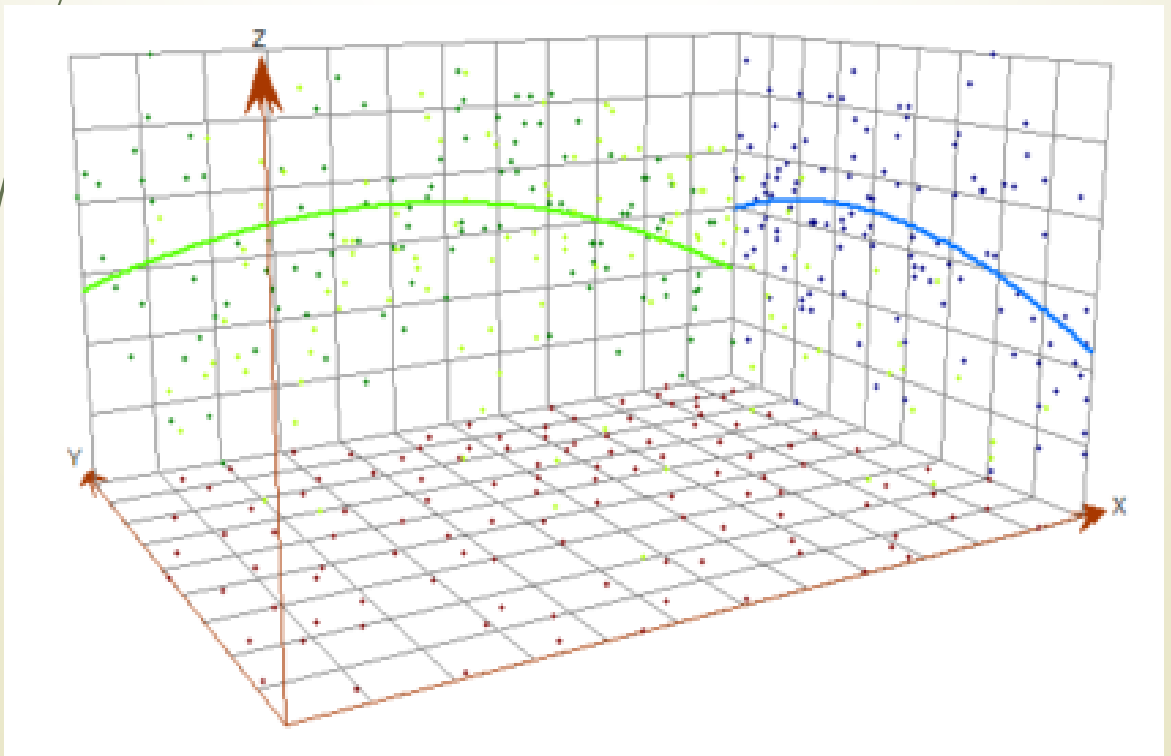
Esto significa que la variación local no cambia en diferentes áreas del mapa. Por ejemplo, 2 puntos de datos separados por 5 metros en diferentes ubicaciones deberían tener diferencias similares en su valor medido. La varianza es bastante constante en diferentes áreas del mapa. Kriging no es óptimo para cambios bruscos y líneas de fractura.

- ▶ Puede comprobar la estacionariedad de los datos con un mapa Voronoi simbolizado por entropía (variación entre vecinos) o desviación estándar y buscar aleatoriedad
- ▶ En el ejemplo, vemos algunas pequeñas cantidades de agrupamiento. En general, para la entropía y la desviación estándar, los mapas de voronoi muestran que el conjunto de datos se ve adecuadamente estacionario.



3. Sus datos no tienen tendencias

- ▶ Las tendencias son cambios sistemáticos en los datos de toda un área de estudio.
- ▶ La línea verde muestra la tendencia en la dirección este-oeste, y la línea azul representa la tendencia en la dirección norte-sur. Generalmente, tenemos valores de humedad del suelo más altos en el centro. Pero no hay suficiente tendencia en nuestros datos que necesite ser eliminada.



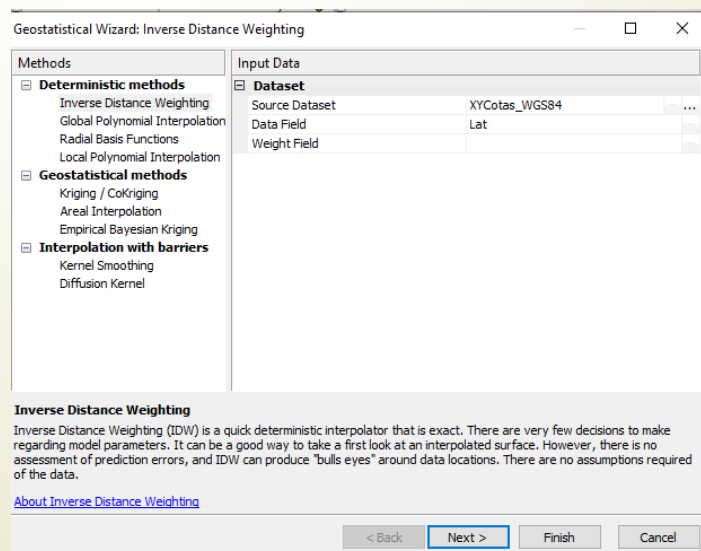
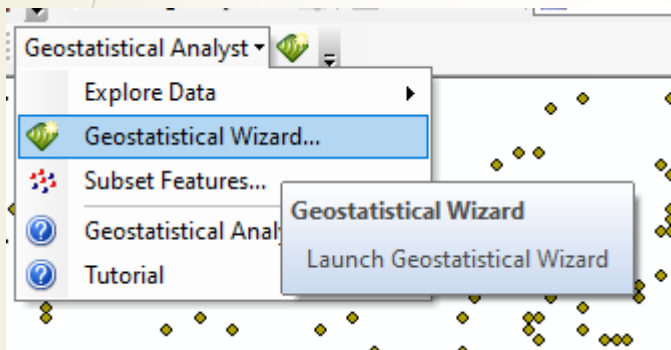
Alternativas de corrección

¿Qué pasa si sus datos no tienen una distribución normal?

- ▶ En este caso, tendrá que aplicar una transformación como un logaritmo o un arcoseno hasta que se vuelva normal. En lugar de seleccionar su propia transformación, puede hacer una transformación de “normal score”. (método predeterminado como simple kriging en ArcGIS).
- ▶ *¿Qué se puede hacer si los datos no son fijos?*
- ▶ El kriging bayesiano empírico (EBK) puede ayudar tratando la varianza local por separado. En lugar de que la desviación sea similar en su totalidad, EBK realiza el kriging como un proceso subyacente separado en áreas diferentes. Todavía se realiza el kriging, pero se hace localmente.
- ▶ *¿Qué pasa si sus datos tienen tendencias sistemáticas?*
- ▶ Aunque tener grandes tendencias en toda su área de estudio puede ser una razón para cambiar los métodos de interpolación, la herramienta de eliminación de tendencias puede ser de ayuda para que el análisis no se vea influenciado por esa tendencia en sus datos.

Kriging en ArcGIS

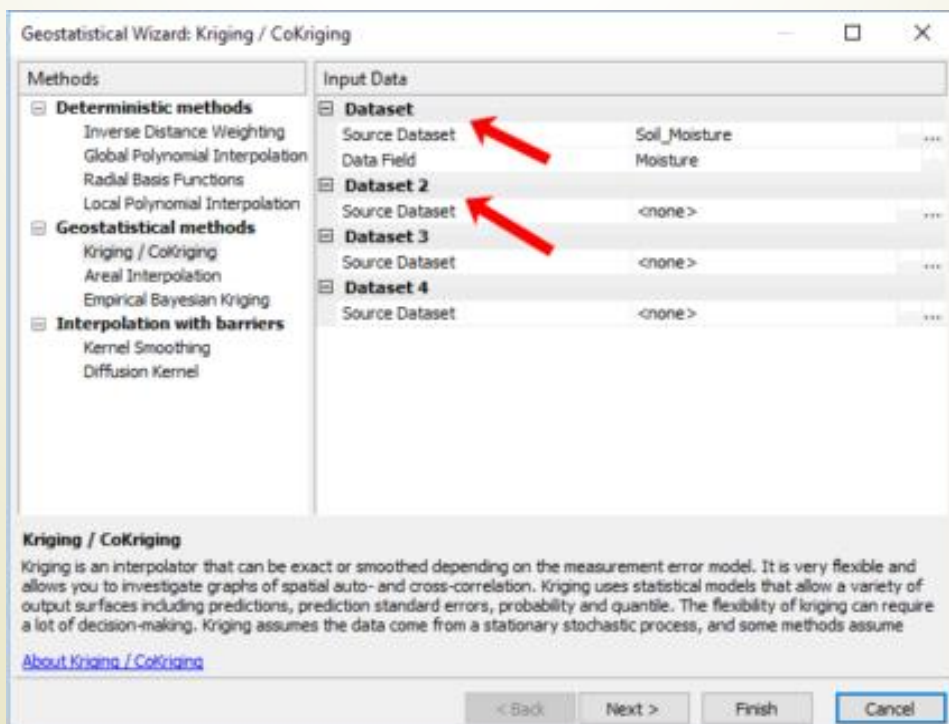
- Extensión: Geostatistical Analysis > Geostatistical Wizard.



Paso 1 Seleccione Kriging/Co-Kriging

Con el Asistente Geoestadístico abierto, kriging está bajo los métodos geoestadísticos. Esto se debe a que la superficie de predicción óptima se construye con un semivariograma y puede estimar una medida de confianza de la probabilidad de que esa predicción sea cierta.

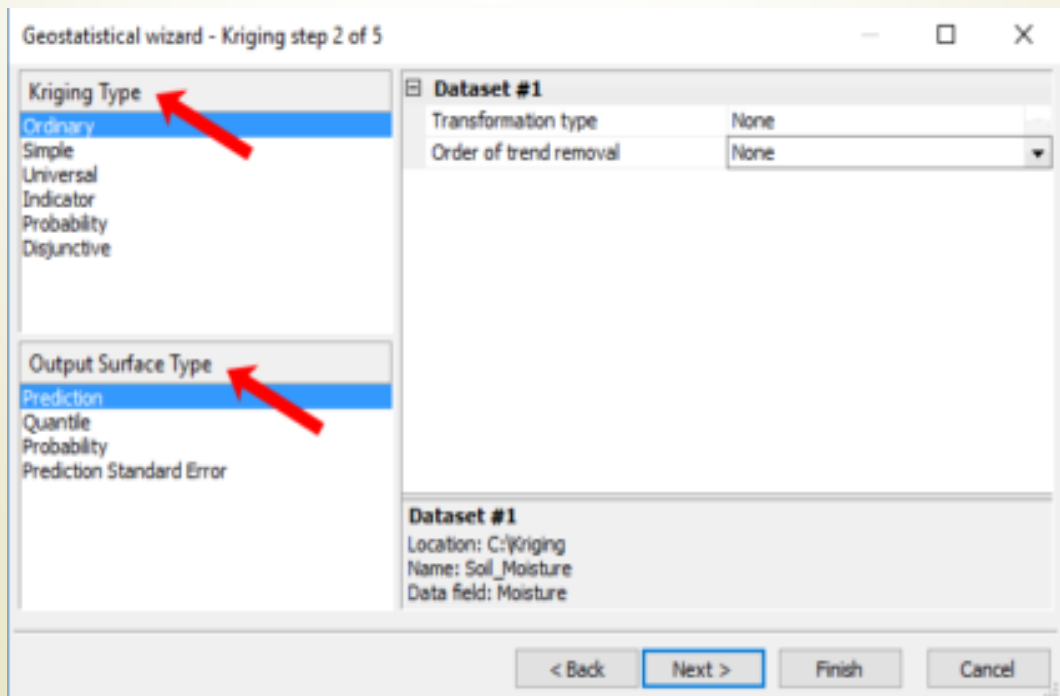
- ▶ Si se seleccionas una sola entrada, es un kriging simple. Pero cuando se añade una segunda variable, se convierte en co-kriging.
- ▶ Si tiene 2 o más variables relacionadas, como por ejemplo el cambio de la precipitación en las áreas montañosas, entonces se puede agregar datos de elevación como una covariable a las cantidades de precipitaciones. En este caso, puede mejorar la predicción con información secundaria.



Paso 2 Elija el tipo de Kriging

el **kriging simple** es el predeterminado. En particular, el kriging simple utiliza una transformación de score normal transformando sus datos en una distribución normal estándar.

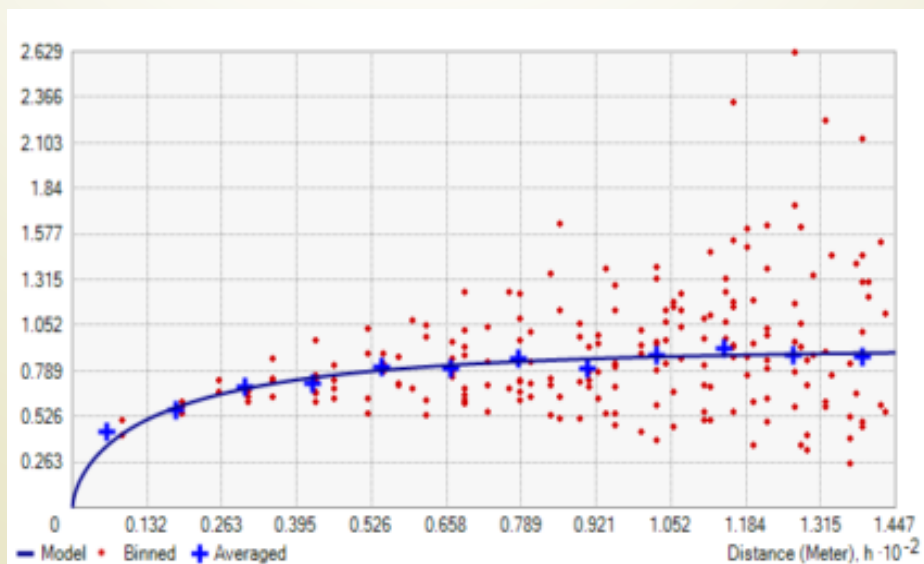
- Pero existen otros **tipos de kriging** más complicados:
- **Universal Kriging** combina el análisis de la superficie de la tendencia (deriva) con el kriging ordinario, teniendo en cuenta las tendencias.
- **Indicator Kriging** lleva a cabo kriging ordinario con datos binarios (0 y 1) tales como celdas urbanas y no urbanas.
- **Probability Kriging** utiliza datos binarios (similares al indicator kriging) y estima puntos desconocidos para una serie de cortes.
- Se puede configurar manualmente el tipo de transformación y la eliminación de tendencias en este paso. Por ejemplo, si quiere cambiar su transformación a logarítmica, aquí es cuando puede hacer este cambio.



Paso 3 Datos del modelo con un semivariograma

En este ejemplo, usamos kriging ordinario para propósitos de demostración. El asistente geoestadístico genera un semivariograma con cruces azules que muestran la variación media de cada par de puntos.

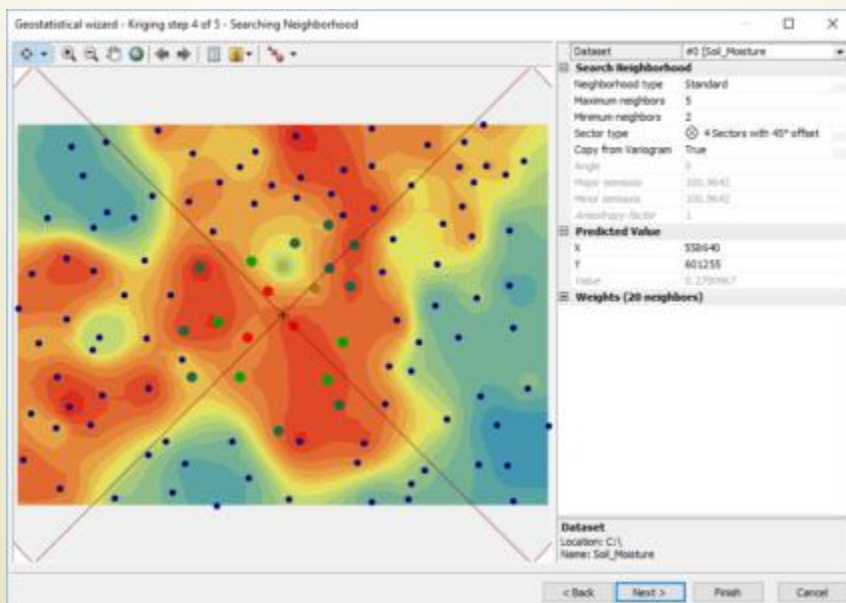
- ▶ El tamaño del retardo (lag size) es el tamaño en una clase “distancia” en la que se agrupan pares de ubicaciones. Si sus puntos no están agrupados, puede ejecutar la herramienta “Promedio del vecino más cercano ” (Average Nearest Neighbor) que le indica la distancia promedio entre puntos.
- ▶ ArcMap ha añadido la funcionalidad para optimizar todos estos .
- ▶ Para nuestra área de estudio, así es como se ve el semivariograma:



Paso 4 Trazar un mapa del modelo con el peso de Kriging

Una vez que esté satisfecho con el semivariograma instalado, el asistente le ofrece una superficie de vista previa con más parámetros para personalizar el resultado. Lo que hace el kriging es predecir las respuestas en cada lugar usando un promedio ponderado con los vecinos más cercanos. Pero primero, hay que establecer el número de puntos (máximo y mínimo) a utilizar en el **radio de búsqueda**.

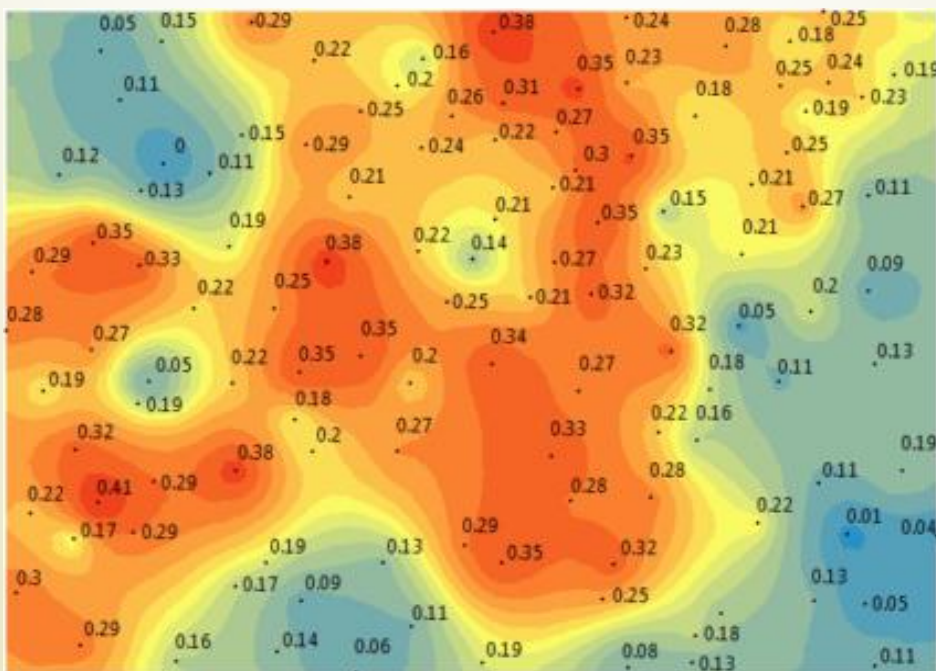
- ▶ A pesar de la importancia de los semivariogramas en el kriging, este paso influye enormemente en la salida de su mapa. Si cambia cualquiera de estos parámetros, el aspecto de la superficie puede alterar sustancialmente.
- ▶ Si selecciona uno de los tipos de **sector de división**, esto asegura que habrá puntos incluidos para estimar en cada una de esas divisiones. Por ejemplo, si se usan cuatro divisiones y se establece sus vecinos en 5, entonces cada división usará 5 puntos (un total de 20) para los estimados locales. Como no existe una fórmula de ajuste perfecta, la clave es desplazarse y comprobar los valores pronosticados para ver cómo debe verse la salida.



Paso 5 Comprobar los resultados de la validación cruzada

El paso de validación cruzada para kriging toma uno de sus puntos de datos de entrada y lo excluye del conjunto de datos. Usando todos los puntos restantes, ejecuta la predicción de esa ubicación.

- ▶ Para la validación cruzada, itera (repite) a través de todos los puntos de entrada hasta que se completa la iteración. Luego, se crea esta tabla resumen de residuos comparando los valores reales con los valores predichos de su modelo. Lo que muestra esta tabla es la robustez real de su modelo.
- ▶ Entonces, ¿qué tan cerca están los valores verdaderos de los valores pronosticados? , ¿qué tan bien encaja el modelo en los datos? Para poner todo esto en perspectiva, la raíz media-cuadrada estandarizada debería estar cerca de 1. Además, el error cuadrático medio debe ser lo más pequeño posible.



La capa geoestadística dinámica

- ▶ Al ser la salida una capa geoestadística, y ser dinámica, significa que se puede cambiar su tipo de salida como predicción, errores de predicción, probabilidad o cuantiles. O incluso puede volver a la capa geoestadística y cambiar los parámetros si no se está de acuerdo con la salida optimizada.
- ▶ .El método de Kriging es científico pero también depende de la evaluación a priori que realiza el analista..Influye la forma de elegir el modelo a partir de un semivariograma, como otros parámetros.
- ▶ Cuando se representa una superficie determinada con un método kriging, la cantidad de intervalos,,el método de clasificación de datos (como cuantiles o intervalos iguales) ordena los datos de forma diferente.

La predicción es fuerte en Kriging

La predicción espacial implica algún componente de aleatoriedad. Esto es crucial en la geoestadística cuando se hacen inferencias sobre un conjunto de datos.

- ▶ Sus pesos de kriging se calculan a partir del variograma. Más específicamente, se deriva del modelo que se elija. La calidad de la superficie estimada se refleja en la calidad de los pesos.
- ▶ En otras palabras, kriging encuentra el patrón espacial. Luego predice valores desconocidos basados en ese patrón espacial. Con estas predicciones, el kriging genera una medida de error o incertidumbre, lo que permite estimar la confianza en la superficie de la predicción.
- ▶ Kriging es un método geoestadístico que predice el valor en un área geográfica a partir de un conjunto de datos conocidos. Se utiliza en minería, suelos, geología y ciencias ambientales.
- ▶ No existe una metodología única que funcione para todos. En lo que se refiere a los datos, sólo el analista puede determinar cuáles son los ajustes necesarios para generar una superficie de predicción.

