

مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك
اللوغاريتمي الطبيعي (LK) للتنبؤ بالتوزيع المكاني
لتراكيز الملوثات في المياه الجوفية في البصرة
Comparison between the Indicator Kriging (IK) and
Lognormal Kriging (LK) Models for Predicting the
Spatial Distribution Pollution Concentrations of
Ground Water in Basra

حنان حسين رحيم شايح

Hanan Hussein Rahim Shayaa
hananhussain2000@uomustansiriyah.edu.iq

الهيئة العامة للمياه الجوفية / وزارة الموارد المائية

General Commission for Groundwater /
Ministry of Water Resources

أ.د. عدي طه رحيم العنبكي

Prof. Dr. Uday Taha Rahim Al-Anbaky
uday_adm@uomustansiriyah.edu.iq

قسم الاحصاء / كلية الادارة والاقتصاد / الجامعة المستنصرية

Department of Statistics/College of Administration and
Economics/ Al-Mustansiriya University

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

الملخص

يتناول هذا البحث استخدام الاحصاء الجغرافي في تقدير نسب التلوث غير المقاسة في المياه الجوفية باجمالي المواد الصلبة الذائبة في الماء TDS وعنصر النترات NO_3 وقابلية التوصيل الكهربائي EC ضمن خزان الدبدبة الجوفي في محافظة البصرة بأستخدام نماذج كريكنك الاحتمالية في التنبؤ المكاني بأستخدام انموذج كريكنك المؤشر Indicator Kriging (IK) وانموذج اللوغاريتمي الطبيعي لكريكنك Lognormal Kriging(LK) بالاعتماد على بيانات حقيقية مقاسة مع احداثياتها وبأستخدام برنامج ArcGIS 10.4.1 ، حيث ان صعوبة تطبيق نماذج كريكنك اللاخطية وصعوبة تحديد اي من هذه النماذج تكون ملائم لمنطقة الدراسة وللبيانات وكذلك صعوبة توظيف البيانات الجغرافية الموقعية في النماذج الاحصائية تعد من المشاكل التي تواجه الباحثين، وان الغرض من هذه الدراسة هو التنبؤ بالقيم الغير مقاسة لتراكيز تلوث (TDS) و(NO_3) و(EC) في المياه الجوفية في محافظة البصرة بأستخدام انموذجي كريكنك المؤشر وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي وتقدير قيمة الدالة عند نقطة معينة بأستخدام النقاط القريبة من هذه النقطة ، وبأستخدام بعض نماذج دالة شبه الفاريوكرام (Spherical، Exponential، Gaussian، K- Bessel) وأستخدام الاكثر ملائمة منها ورسم الخرائط التنبؤية لمؤشرات التلوث ، وتم المقارنة بين النماذج بخمسة معايير لمؤشرات خطأ الاستيفاء وهي متوسط الاخطاء (ME) ومعدل الاخطاء المعياري (ASE) ومتوسط الاخطاء المعياري (MSE) وجذر متوسط مربعات الاخطاء (RMSE) ومعيار معلومات اكاكي (AIC).

وقد توصلت الدراسة الى ان استخدام دالة شبه الفاريوكرام من نوع Indicator Exponential كان هو الامثل بالنسبة لبيانات تركيز TDS وEC، اما بالنسبة لعنصر النترات NO_3 فان الانموذج الامثل له هو Indicator Spherical بالنسبة لبيانات محافظة البصرة وتم تقدير التلوث في النقاط غير المقاسة

حنان حسين رحيم شايع / أ.د. عدي طه رحيم العنبيكي.....

وبينت الدراسة الى ان التلوث كان يبين زيادة TDS كلما اتجهنا الى غرب محافظة البصرة، اما بالنسبة لتلوث NO₃ و EC فأن تركيزها يزداد كلما اتجهنا الى الشمال الشرقي للمحافظة .

الكلمات المفتاحية الاحصاء الجغرافي، كريكناك اللاخطي، انموذج اللوغاريتم الطبيعي لكريكناك، المياه الجوفية، دالة شبه الفاريوكرام

Abstract

This research deals with the use of geographical statistics in estimating the percentages of unmeasured pollution in groundwater , such as total dissolved solids TDS , nitrate NO₃ and electrical Conductivity EC , within the Al- Dubdaba reservoir in Basra Governorate , using probabilistic Kriging models in spatial prediction using the Indicator Kriging (IK) model and the Lognormal Kriging (LK) model , based on real measured data with their coordinates and using ArcGIS 10.4.1 program, the difficulty of applied nonlinear Kriging models and the difficulty of determining which of these models is appropriate for the study area and data , as well as the difficulty of employing geographical location data in statistical models, are among the problems facing research , the purpose of this study is to predict the unmeasured values of pollution Concentrations TDS,NO₃,and EC in groundwater in Basra Governorate using the Indicator Kriging and the Lognormal Kriging models , and estimating the value of the function at a certain point using points close to this point , and using (Spherical, Exponential, Gaussian, K-Bessel) some of the most appropriate semi-variogram function models and drawing predictive maps for pollution indicators , and the models were compared with five criteria of indicators of interpolation error , which are the mean of errors (ME) , the average of standard errors (ASE) , the mean of standard errors (MSE) , the mean of squared errors (RMSE) and Akaike Information Criterion (AIC).

The study concluded that the use of of a semi-variogram function of the type Indicator Exponential was optimal for the data on TDS and EC concentrations .As for the element NO₃, the optimal model for it is the Spherical Indicator.

For the data of Basra Governorate, pollution was estimated at unmeasured points. The study showed that pollution showed an increase in TDS as we moved west of the governorate. As for NO₃ and EC pollution, their concentrations increased as we moved northeast of the governorate.

Keywords: Geographical Statistics, Nonlinear Kriging, Lognormal Kriging Model, Groundwater, Semi-Variogram Function

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

(١) المقدمة

نظراً لأهمية التنبؤ في الاحصاء المكاني في مجالات عملية كثيرة والتي تأخذ بنظر الاعتبار التحليل المكاني الاساسي الموجود في المعلومات الجيولوجية (المسافات بين المواقع) وبواسطته يمكن احصائياً الاستدلال عن التنبؤات المثلى لمواقع معينة غير مقاسة ، عادة ما يأتي التحليل المكاني ضمن تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية وهذا النظام يوفر ادوات التحليل المكاني لكي نقوم بعملية حساب الاحصائيات المتعلقة بالمعالم ويقوم بعملية الاستيفاء interpolation وهنا تكمن اهمية نمذجة (ارقام ، مخططات ، تدرجات لونية) ضمن خرائط ممكن قراءتها ويتم تفسير البيانات المأخوذة على انها نتيجة لعملية عشوائية لكنها تسمح للباحث ببناء اساس منهجي للاستدلال المكاني في المواقع غير المرصودة ، تمثل البيانات المستخدمة بيانات تركيز تلوث المياه الجوفية باجمالي المواد الصلبة الذائبة في الماء TDS وعنصر النترات NO₃ وقابلية التوصيل الكهربائي EC وتعتبر المؤشرات TDS و NO₃ و EC من اهم المؤشرات المتحكمة بجودة مياه الابار الجوفية واكثرها خطورة على حياة الانسان والحيوان وكذلك صلاحية استخدامها في ارواء الاراضي الزراعية .

(٢) مشكلة البحث

صعوبة تطبيق نماذج كريكنك اللاخطية وصعوبة تحديد اي من هذه النماذج تكون ملائم لمنطقة الدراسة وللبيانات وكذلك صعوبة توظيف البيانات الجغرافية الموقعية في النماذج الاحصائية وذلك بسبب قلة الامثلة الرياضية التي تخص نماذج كريكنك اللاخطية حيث نجد دائماً وجود صيغة رياضية يتوقف عندها الباحث ومباشرة يذهب للتطبيق عبر برامج محددة ومخصصة .

من المشاكل الاخرى التي تواجه الباحث هي البرامج الاحصائية الجغرافية التي تكون غير متوفرة او مكلفة او لم يتم التطرق اليها او التركيز عليها من قبل الدراسات الاكاديمية .

(٣) هدف البحث

يهدف البحث الى التنبؤ بالقيم الغير معروفة لتراكيز تلوث (TDS) و(NO₃) و(EC) في المياه الجوفية في محافظة البصرة في الاماكن ذات الاهمية الغير مأخوذة في البيانات المرصودة للحصول على قيمها ، او تقديراتها على التوالي . من اجل التعويض عن النقص الحاصل عن البيانات المقاسة ، من خلال المقارنة بين انموذج كريكنك المؤشر (IK) وانموذج كريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK) للتنبؤ بالتوزيع المكاني لتلك التراكيز الملوثة .

(٤) اهمية البحث

تعد تقنيات النمذجة الجيواحصائية ، وبالخصوص نماذج كريكنك اللاخطية من الادوات الفعالة في تحليل وتقدير الخصائص الهيدروجيولوجية للمياه الجوفية ، لا سيما في المناطق التي تعاني من ندرة او قلة في البيانات حيث تتلخص اهمية البحث في التنبؤ بالقيم الغير مقاسة بناء على قيم النقاط القريبة ، مما يدعم الجهات المعنية بادارة المياه الجوفية في اختيار الانموذج الانسب لرسم خرائط الخصائص الهيدروكيميائية بدقة اعلى ، اضافة الى تعزيز استخدام النماذج اللاخطية في مجال دراسات المياه الجوفية مما يحسن من موثوقية النتائج في الدراسات المستقبلية .

(٥) الاحصاء الجغرافي (المكاني)

يعتبر علم الاحصاء الجغرافي من العلوم الاحصائية المهمة وذلك لاستخدامه في التنقيب عن البيانات المكانية مثل البترول او المياه الجوفية او الخامات المعدنية او امراض وبائية او نباتات طبيعية حيث ان مثل تلك البيانات اما ان تكون نقطية او خطية او مساحية حسب طبيعتها، تظهر مشكلة الحصول على قيم غير معروفة وتلعب دوراً كبيراً في العديد من التخصصات العلمية ، ولاسباب اقتصادية سيكون هناك دائماً عدد محدود فقط من نقاط العينة التي يتم قياس المشاهدات عليها وبالتالي يتعين على

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

الباحث التنبؤ بالقيم غير المعروفة في الاماكن ذات الاهمية غير المأخوذة من البيانات المرصودة للحصول على قيمها ، او تقديراتها على التوالي، يتناول علم الاحصاء الجغرافي Geostatistics الحاجة الى اجراء تنبؤات حول السمات التي تم اخذ عينات منها (الخرائط) او المواقع التي تم اخذ عينات منها من بيانات نادرة ومكلفة في كثير من الاحيان ، وللتعويض عن نقص البيانات اليدوية ركز الاحصاء الجغرافي على تطوير اساليب قوية تعتمد على النظرية العشوائية ، ان التطورات الحديثة في نظم المعلومات الجغرافية والتي تستند الى افكار مستمدة من الجبر الخرائطي وتحليل الخلايا والصور.

(٦) الدوال العشوائية المكانية

من منظور احتمالي يمكن النظر الى القيمة الموقعية كنتيجة لالية عشوائية وهي الالية التي تسمى المتغير العشوائي $Z(s)$ ، اذا تم النظر في القيم الموقعية في جميع النقاط s_1, s_2, \dots, s_n في المجال D اي اذا نظرنا الى المتغير الموقعي فيمكن اعتباره حقيقة لمجموعة كبيرة لانهائية من المتغيرات العشوائية $Z(s_1), Z(s_2), \dots, Z(s_n)$ في كل نقطة في المجال والتي تعرف باسم الدالة العشوائية المكانية $Z(s_n)$ يأخذ المتغير العشوائي موقعاً مكانياً يكون تمثيله كدالة عشوائية .

(٧) الاستقرارية

تشير فرضية الاستقرارية الى ان هناك درجة معينة من التجانس من الناحية الرياضية والاحتمالية تشير الى السلوك المنتظم في فضاء العزوم او الدالة نفسها ، والهدف من وضع هذه الفرضية هو استبدال التكرارات التي لايمكن الوصول اليها بالتكرارات في الفضاء الاقليدي ، اي ان القيم المشاهدة عند اختلاف المواقع في الفضاء قيد الدراسة لها نفس الخصائص وتكون الدوال العشوائية غير مستقرة عندما يكون المتوسط ودالة التباين تعتمد على الموقع اي ان المتوسط يكون غير ثابت ، وان هذه

حنان حسين رحيم شايع / أ.د.عدي طه رحيم العنبيكي.....

الفرضية ستسمح لنا بالتعامل كما لو ان جميع المتغيرات التي تشكل الظاهرة لها نفس التوزيع الاحتمالي (او نفس درجة التباين) على منطقة ذات اهمية ونتيجة لذلك نتمكن من استخلاص الاستنتاجات باستخدام المستوى المفترض للتجانس المكاني ، اي ان الخصائص الاحتمالية لمجموعة من المشاهدات لاتعتمد على المواقع المحددة التي تم قياسها فيها لكن فقط على المسافات الفاصلة بينها (المسافة الاقليدية) .

٨) دالة الفاريوكرام (تباين الفروق) VARIOGRAM(1)(3)

تستخدم دالة الارتباطات المكانية او تباين الفروق Variogram في الاحصاء الجغرافي بدلاً من دالة التباين ، ان دالة شبه الفاريوكرام هي دالة تستعمل لوصف الاعتمادية المكانية في المتغير الموقعي حيث انها تغطي نطاقاً اوسع من دالة التباين المشترك للمتغيرات الموقعية (المكانية)، وهي نصف متوسط الفرق التربيعي بين المشاهدات المكانية والتي تفصل بين بعضها البعض المسافة h وان تباين الفروق يصف الاستمرارية المكانية للبيانات ويتم حسابه باستخدام مقياس التباين بين ازواج النقاط على مسافات مختلفة تسمى هذه المسافات التي يحسب بها المتغير بالتأخر (Lag distance) ، حيث ان $n(h)$ تمثل عدد ازواج المشاهدات التي تفصل $Z(s_i)$ ، $Z(s_i + h)$ بينها الازاحة h ، اقترح Krige عام ١٩٧٦ دالة شبه الفاريوكرام $\gamma(h)$ ، بمسافة h كما في الصيغة التالية :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} (Z(s_i) - Z(s_i + h))^2 \dots\dots(1)$$

اما اذا كتبت بالشكل التالي :

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} (Z(s_i) - Z(s_i + h))^2 \dots\dots(2)$$

فانها تسمى دالة الفاريوكرام $\gamma(h)$ ، ان السبب في دراسة دالة الفاريوكرام هو ان الصيغة الرياضية لها تمثل تباين الفروقات بين المشاهدات المكانية التي تبعد عن بعضها البعض بالمسافة h ، حيث كلما ازدادت الازاحة h بين المشاهدات كلما اصبح التباين اكبر حتى يستقر ارتفاعه عند مسافة معينة مثل $h = a$ وهذه المسافة تدعى المدى

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

(Range) وبعد هذا المدى تصبح قيمة التباين ثابتة تساوي تباين المشاهدات σ^2 وهذا التباين يسمى العتبة (Sill).

(٩) انواع دالة شبه الفاريوكرام (9)

(١) الانموذج الكروي Spherical model

$$\dots(7) \gamma_{a,b}^{sph}(h) = \begin{cases} b \left[\frac{r|h|}{a} - \frac{|h|}{a} \right]^r & , \text{ if } 0 \leq |h| \leq a \\ b & , o.w \end{cases}$$

$$\dots(8) C_{a,b}^{sph}(h) = \begin{cases} b \left[1 - \frac{r|h|}{a} + \frac{1}{r} \left(\frac{|h|}{a} \right)^r \right] & , \text{ if } 0 \leq |h| \leq a \\ . & , o.w \end{cases}$$

(٢) الانموذج الغاوسي Gaussian model ويتحقق هذا النموذج عندما تكون

$$\dots(9) \gamma_{a,b}^{gau}(h) = \begin{cases} b \left[1 - \exp\left(-\frac{|h|^r}{a}\right) \right] & , \text{ for } |h| \geq 0 \\ b & , o.w \end{cases}$$

$$\dots(10) C_{a,b}^{gau}(h) = \begin{cases} b \left[\exp\left(-\frac{|h|^r}{a}\right) \right] & , \text{ for } |h| \geq 0 \\ . & , o.w \end{cases}$$

٣) الانموذج الأسي Exponential model

$$\dots(11) \gamma_{a,b}^{exp}(h) = \begin{cases} b \left[1 - \exp\left(-\frac{|h|}{a}\right) \right] & , for |h| \geq 0 \\ b & , o.w \end{cases}$$

$$\dots(12) C_{a,b}^{exp}(h) = \begin{cases} b \left[\exp\left(-\frac{|h|}{a}\right) \right] & , for |h| \geq 0 \\ 1 & , o.w \end{cases}$$

٤) انموذج بيسل K-Bessel model

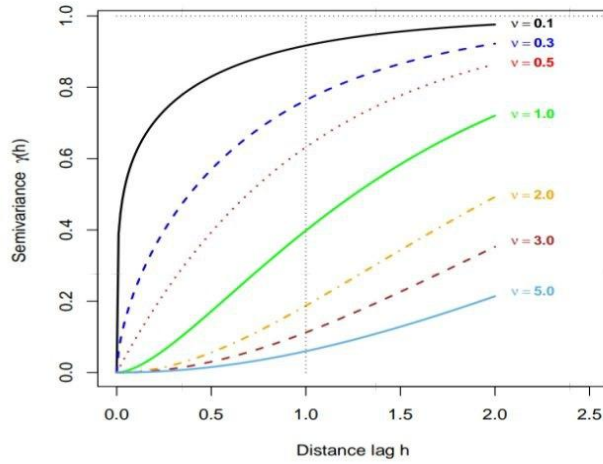
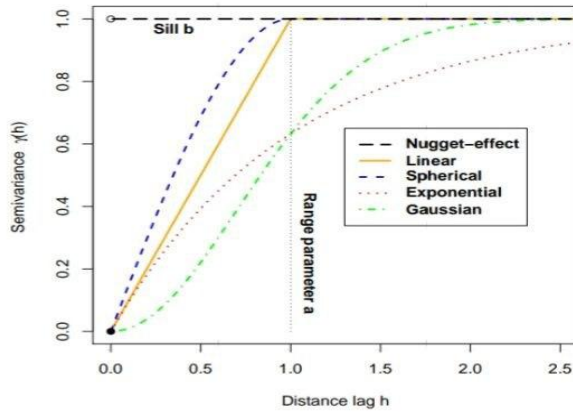
$$\dots(13) \gamma_{a,v}^{mat}(h) = \begin{cases} b \left[1 - \frac{1}{\Gamma(v)} \left(\frac{|h|}{a}\right)^v K_v\left(\frac{|h|}{a}\right) \right] & , for |h| \geq 0 \\ b & , o.w \end{cases}$$

$$\dots(14) C_{a,v}^{mat}(h) = \begin{cases} b \left[\frac{1}{\Gamma(v)} \left(\frac{|h|}{a}\right)^v K_v\left(\frac{|h|}{a}\right) \right] & , for |h| \geq 0 \\ 1 & , o.w \end{cases}$$

v يمثل معلمة النعومة وتتراوح قيمتها بين 0 الى ∞ ، وان $\Gamma(v)$ يمثل دالة كاما K_v يمثل معدل دالة بيسل .

والشكل (١) يوضح بعض انواع نماذج دالة الفاريوكرام

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)



الشكل (1) يوضح بعض انواع نماذج دالة الفاريوكرام (6)

الشكل (2) يوضح انموذج بيسل K-Bessel model (6)

(10) نماذج كريكنك غير الخطية nonlinear Kriging models (3)(4)

هي نماذج تم تطويرها لنمذجة التوزيع الشرطي للمتغير الاساسي لاعطاء تقدير لتوزيعه الاحتمالي المشروط ، وهدفها تقدير التوقع الشرطي الذي يتطلب معرفة التوزيع الاحتمالي وان يكون المتغير العشوائي ثابت من الدرجة الثانية مع شرط وجود تحويل طبيعي ، في مثل هذه الحالة فإن تقدير القيمة المتوسطة (التوقع) في موقع ما بشرط ان تكون قيمة العينة القريبة معلومة (توقع شرطي) ، ان المقدرات الجغرافية غير الخطية هي تلك التي تستخدم الدوال غير الخطية للبيانات للحصول على التوقع الشرطي باستخدام التوزيع الاحتمالي :

$$\text{pr} [Z(x_0) / Z(x_i)]$$

هذا يعني ان احتمال المشاهدة في الموقع x_0 بالنظر الى معلومات العينة المعروفة في المواقع $Z(x_i)$ ، حيث $Z(x_i) = Z(x_1), Z(x_2), \dots, Z(x_n)$ وهذا ما يسمى بالتوزيع الشرطي للمشاهدة

(11) انموذج كريكنك اللوغاريتمي الطبيعي Lognormal (8)(5)(11)(4) kriging (LK)

هو اسلوب تقديري تم ابتكاره للتعامل مع التوزيعات غير الطبيعية للبيانات والقيم المتطرفة او شديدة الانحراف ، يعتمد الكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي على التحويل اللوغاريتمي للمتغير العشوائي الاصيلي $Z(x)$:

$$Y(x) = \text{Ln } Z(x)$$

وتستفيد هذه التقنية من التحويل اللوغاريتمي الذي يقلل من تباين البيانات ، تتميز التوزيعات اللوغاريتمية الطبيعية بكمية كبيرة من القيم المنخفضة وكمية صغيرة جداً من القيم العالية حيث اذا كان المتغير العشوائي $Z(x)$ يمثل توزيعاً لوغاريتمياً طبيعياً فان لوغاريتم $Z(x)$ سيمثل توزيعاً طبيعياً في الواقع الغرض من التوزيع

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

اللوغاريتمي الطبيعي هو تغيير شكل توزيع التردد حيث تكون التوزيعات المنحرفة طبيعية بدرجة اكبر او اقل ، يقلل هذا التطبيع من تباين البيانات مما يحسن حساب الاحصائيات والمتوسطات المرجحة مثل تقديرات كريكنك الاعتيادي ، تعرف فئة من المقدرين تعتمد على التحويل اللوغاريتمي بالكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي اعتماداً على ما اذا كان المتوسط معروفاً ام لا . الفكرة الرئيسية للكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي هي الاستفادة من توزيع البيانات المحولة لتقليل تأثير القيم العالية ومع ذلك تظهر التقديرات الناتجة كلوغاريتم للقيم الاصلية مما يجعل تفسيرها اكثر صعوبة وبالتالي من الضروري تحويل تقديرات كريكنك اللوغاريتمي الطبيعي للخلف واعادتها الى مقياس القياس الاصيل ، يتم تحقيق التحويل العكسي باعتباره الأسّي لتقديرات الكريكنك بالاضافة الى مصطلح عدم التحيز

$$Z^*_{SLK}(x.) = \exp(Y^*_{SK}(x.) + \sigma^2_{SK} / 2) \quad \dots(15)$$

$$\dots(16) Z^*_{OLK}(x.) = \exp(Y^*_{OK}(x.) + \sigma^2_{OK} / 2 - \mu)$$

حيث (σ^2_{SK}) و (σ^2_{OK}) هما تباينات الكريكنك على التوالي للكريكنك البسيط

والاعتيادي

(μ) هو مضاعف لاكرانج

$(\sigma^2_{SK} / 2)$ و $(\sigma^2_{OK} / 2 - \mu)$ هما شرطي عدم التحيز للكريكنك البسيط

والاعتيادي على التوالي.

هناك مشكلتان في استخدام التعبير ١ و ٢ ، اولاً القيمة المتوقعة لتقديرات

الكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي المحولة للخلف متحيزة اي انها لا تساوي متوسط

العينة

$$E [\exp(Y^*_{OK}(x.) + \sigma^2_{OK} / 2 - \mu)] \leq E[Z(x)]$$

حنان حسين رحيم شايع / أ.د. عدي طه رحيم العنبيكي.....

وقد اقترح من قبل (Jorge Kazuo Yamamoto 2007) تطبيق عامل التصحيح عن طريق المعادلة :

$$Z^*_{OLK}(x.) = k. \exp(Y^*_{OK}(x.) + \sigma^2_{OK}/2 - \mu)$$

حيث (K0) هو العامل التصحيحي الذي يجعل القيمة المتوقعة للقيمة المحولة للخلف مساوية لمتوسط العينة .

كما يسمح بتطبيق خوارزمية كريكنك الاعتيادي الذي يفترض التعبير التالي للتقدير المتبقي استناداً الى المشاهدات n عند نقطة قريبة s_i

$$\hat{Y}(x.) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Y(x_i) \quad \dots\dots\dots(17)$$

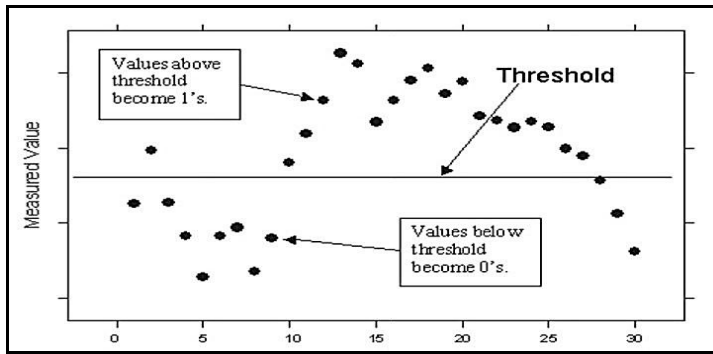
١٢- انموذج كريكنك المؤشر اللاخطي (IK) Indicator kriging Nonlinear (4)(6)(9)

وهو احد النماذج اللاخطية في هذا الاسلوب يفترض ان الوسط m ثابت حيث ان مؤشر كريكنك وجميع امتداداته تقترح لتقييم عدم اليقين وتقدير المجهول لذلك يمكن تطبيق (IK) على التعميم المكاني للبيانات الفئوية ، يتم تحويل البيانات الاصلية من مقياس مستمر الى مقياس جديد ويتم اقتراح انواع مختلفة من ترميز المؤشرات اعتماداً على طبيعة المعلومات الموقعية المتاحة بالنسبة للبيانات الصعبة (قياس دقيق للمتغير الاساسي) وان ترميز المؤشر الاكثر استخداماً هو المؤشر الثنائي حيث يمكن تحويل المتغير المستمر الى متغير ثنائي (١٠٠) عن طريق اختيار عتبة (Threshold) في محلل الاحصاء الجغرافي بحيث اذا كانت القيم اعلى من الحد الادنى اي ان القيم تكون فوق العتبة فأنها تكون واحد ، واذا كانت اقل من الحد الادنى اي ان القيم تحت العتبة فأنها تكون صفر ، كما في الشكل (٣) والمعادلة التالية توضح ذلك :

$$\dots\dots(18) I(s, z_T) = \begin{cases} 1 & \text{if } z(s) \leq z_T \\ 0 & \text{if } z(s) > z_T \end{cases}$$

z_T : تمثل القطع ، وان $I(s, z_T)$: تمثل دالة المؤشر في الموقع S والقطع z_T

..... مقارنة بين انموذجي كريكناك المؤشر (IK) و كريكناك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)



الشكل (٣) يمثل اختيار العتبة (الشكل من برنامج GIS)

$$P(I(s, z_T) = 1) = P(Z(s) \leq z_T) = F_{Z(s)}(z_T) \dots(19)$$

$$P(I(s, z_T) = 0) = P(Z(s) > z_T) = 1 - F_{Z(s)}(z_T) \dots(20)$$

كذلك يمكن استخدام ترميز المؤشر لانواع اخرى من البيانات مثل البيانات المشتركة حيث توجد دالة مؤشر $I(s, z_T)$ لكل دالة قطع z_T .

ويفترض ان الدالة العشوائية المكانية في مجال الدراسة تحتوي مؤشرات مستقرة من الدرجة الثانية فانه يمكن استنتاج التعبيرات التالية وكالاتي :

التوقع للمؤشر يكون كالاتي

$$E(I(s, z_T)) = F_{Z(s)}(z_T) \dots(21)$$

اما التباين للمؤشر يكون كالتالي

$$V(I(s, z_T)) = F_{Z(s)}(z_T)(1 - F_{Z(s)}(z_T)) \dots(22)$$

حنان حسين رحيم شايع / أ.د. عدي طه رحيم العنبيكي.....

وان دالة التباين المشترك او التغير للمؤشر هي :

$$C_{Z_T}(h) = F_{Z(s),Z(s+h)}(Z_T, Z_T) - (F_{Z(s)}(Z_T))^2 \dots\dots(23)$$

اما دالة شبه الفاريوكرام للمؤشر فهي كالآتي :

$$\begin{aligned} \gamma_{Z_T}(h) &= C_{Z_T}(\cdot) - C_{Z_T}(h) \\ &= V(I(s, Z_T)) - C_{Z_T}(h, Z_T) \\ \dots(24) \quad \gamma_{Z_T}(h) &= F_{Z(s)}(Z_T) - F_{Z(s),Z(s+h)}(Z_T, Z_T) \end{aligned}$$

ان نموذج كريكنك المؤشر (IK) يشمل كلاً من نموذج كريكنك الاعتيادي (OIK) حيث ان متوسطه ثابت موقعياً ويشابه نموذج كريكنك البسيط (SIK) حيث ان متوسطه ثابت في كل مجال الدراسة ، ويكون انموذج كريكنك المؤشر مشابه لهما لكنه يختلف عنهما حيث يستخدم قيم المؤشر بدلاً من المتغير العشوائي $Z(s)$.

وللتقدير ثم التنبؤ عند النقطة غير المقاسة S باستخدام انموذج مؤشر كريكنك سيكون كمايلي :

$$\dots\dots(25) \hat{I}(S, Z_T) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(Z_T) I(S_i, Z_T)$$

حيث $\hat{I}(S, Z_T)$: تمثل مقدر مؤشر كريكنك ، Z_T : تمثل القطع ، S : تمثل الموقع

$$I(S_i, Z_T) : \text{تمثل دالة المؤشر في الموقع } S \text{ والقطع } Z_T$$

وهذه النتيجة ممكن ان تفسر تقدير الاحتمالية الى

$$\dots\dots(26) P(Z(s) \leq z_T / I(s_1, Z_T), \dots, I(s_1, Z_T))$$

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

حيث انها تحقق الاتي :

$$\sigma \leq \hat{I}(S., Z_T) \leq$$

ولحساب الاوزان لانموذج مؤشر كريكنك التي تقوم بتصغير متوسط مربعات خطأ التقدير مع وجود خاصية عدم التحيز فسيتم استخدام طريقة مضاعف مضروب لاكلرانج عندما يكون مجموع الاوزان مساوياً الى الواحد وكما يلي :

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j(z_T) \gamma_{Z_T}(s_i - s_j) + w(z_T) = \gamma_{Z_T}(s. - s_j) , i = 1, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j(z_T) = 1 \end{cases} \dots (27)$$

$\lambda_j(z_T)$: تمثل الاوزان ، $w(z_T)$: تمثل مضاعف لاكلرانج ، وان $\gamma_{Z_T}(s_i - s_j)$: تمثل الفاريوكرام المؤشر بين الموقعين i, j ، اما $\gamma_{Z_T}(s. - s_j)$: تمثل الفاريوكرام المؤشر بين الموقعين $j, 0$

اما تبين انموذج كريكنك المؤشر بالنسبة الى مقدر المؤشر $\hat{I}(S., Z_T)$ سيكون كالآتي :

$$\sigma^{\wedge}(S., Z_T) = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i(z_T) \gamma_{Z_T}(s. - s_j)}{+ w(z_T)} \dots \dots (28)$$

١٣- وصف البيانات

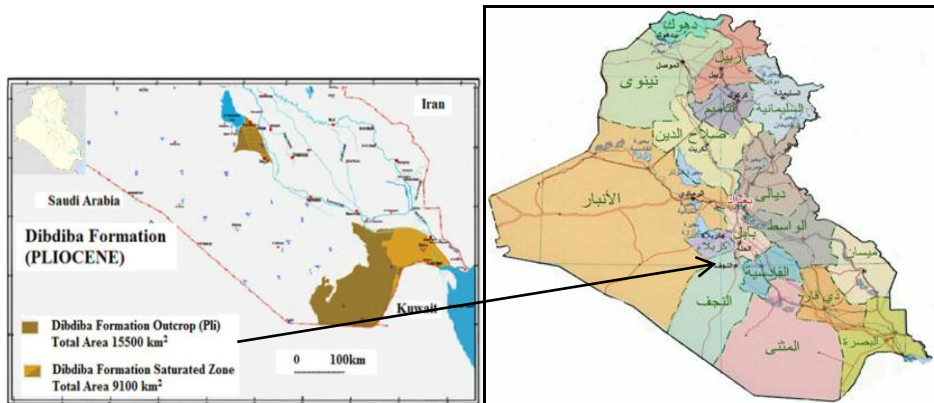
تمثل البيانات المستخدمة في التطبيق العملي تراكيز تلوث المياه الجوفية بالعناصر الكيميائية ومن اهمها هو التلوث بعنصر اجمالي المواد الصلبة الذائبة في الماء (TDS) Total dissolved solids وعنصر النترات (NO₃) Nitrates وقابلية التربة على التوصيل للتيار الكهربائي (EC) Electrical Conduction والتي تعد من اهم مؤشرات التلوث حيث توضح هذه العناصر اهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية

حنان حسين رحيم شايع / أ.د. عدي طه رحيم العنبيكي.....

للمياه لما تمتلكه من اهمية كبيرة جداً في عملية تصنيف نوعية المياه الجوفية من حيث مدى ملائمتها للأستخدامات المختلفة مثل ري الاراضي الزراعية وشرب الانسان والحيوانات بشكل رئيسي .

١٤- منطقة الدراسة

في هذه الدراسة تم اختيار الحوض الساحلي لتكوين الدببة Dibdiba Formation في محافظة البصرة كمنطقة للبحث ، حيث تبلغ مساحة منطقة الدراسة (١٠,٠٦٠) كم^٢ تقريباً ، يعتبر هذا التكوين الجيولوجي من اهم خزانات المياه الجوفية في العراق التي توفر المياه في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ، والتي تستخدم في الزراعة بصورة رئيسية في قضاء الزبير، حيث تساعد خصائص ترسبات تكوين الدببة على ترشح وتغلغل مياه الامطار والتي تعتبر المصدر المباشر لتغذية هذا الخزان الجوفي ، ويقع هذا الخزان في الجزء الجنوبي من العراق في محافظة البصرة وكذلك في جزء من منطقة الفرات الاوسط في محافظة النجف الاشرف وتتراوح اعماق الابار الجوفية في هذا التكوين (١٢-٧٥) متر في قضاء الزبير في محافظة البصرة والشكل (١) يوضح امتداد خزان الدببة الجوفي في محافظة البصرة .



الشكل (٤) خارطة العراق موضح عليها منطقة الدراسة

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

١٥- جمع البيانات

البيانات هي عينة من الظاهرة الحقيقية التي نسعى لنمذجتها والتي قد تكون غير ممثلة بالكامل لجميع جوانبها الاحصائية والمكانية ، تم اخذ البيانات من وزارة الموارد المائية الهيئة العامة للمياه الجوفية وتمثل هذه البيانات تركيز NO_3 و TDS و EC في مياه الابار في جنوب العراق في محافظة البصرة في الجزء الجنوبي من العراق مع احداثياتها .

الجدول (١) يبين ذلك اما الشكل (٢) فيوضح توزيع الابار في منطقة الدراسة .

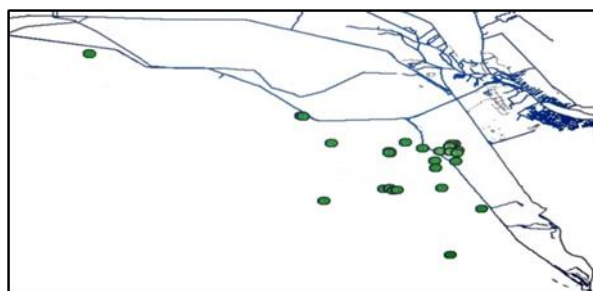
جدول (١) تركيز الملوثات NO_3 و TDS و EC مع احداثياتها في محافظة البصرة

ت	اسم الموقع	ppm TDS_	EC_ cm/us	NO3_ ppm	Longitude X	Latitude Y خط العرض
1	شركة المشروبات الغازية/ ٤	13723	١٨٩٦٠	2.6	47.478658	30.478364
2	شركة المشروبات الغازية رقم/ ٣	11334	—	3.1	47.479917	30.477797
3	شركة انوار سورى رقم/ ١	—	21550	3	47.720581	30.406583
4	شركة انوار سورى رقم/ ٢	٣٦٣٤١	25100	3	47.716967	30.406414
5	شركة المشروبات الغازية رقم / ١٠	8635	13360	٣	47.482056	30.477
6	شركة المشروبات الغازية رقم / ٩	10170	15750	3.1	47.481333	30.476361
7	القرية الكرافانية الثانية رقم / ١	8720	12600	—	47.617244	30.388344
8	القرية الكرافانية الثانية رقم / ٣	9760	—	2.3	47.618903	30.383892
9	محطة أبحاث البرجسية/ ٤	12200	17500	2.3	47.609669	30.291761
10	المزرعة الارشادية في البرجسية	7850	11200	—	47.619583	30.293028
11	متوسطة حلم الغد للبنات	—	7030	2.6	47.767778	30.238333
12	عزيز سعود وبدان	3087	4410	3	47.513222	30.262444
13	مدرسة الشهيد وجدي/ البديل	7810	—	3	47.703	30.293833
14	فادي يسر حمود	10222	2900	2.7	47.156833	30.6295
15	اعدادية الزبير المهنية	—	9500	2.6	47.727636	30.389339
16	مدرسة الزبير الحكومية	4620	6610	—	47.698611	30.388722
17	بلدية الزبير/ شارع العونان/ ٢	3900	5670	3	47.713833	30.400333

30.287422	47.624819	3.3	14560	—	وحدة نخيل البرجسية رقم ٢	18
30.289536	47.631672	3.1	15160	10610	وحدة نخيل البرجسية رقم ١	19
30.386583	47.714667	2.6	—	3600	بلدية الزبير / شارع الجاهزة/ ٣	20
30.362389	47.724694	—	3700	3730	بلدية الزبير/ حي الشهداء	21
30.363361	47.690944	2.2	—	5800	حسينية فاطمة الزهراء(ع)	22
30.117086	47.718747	3.1	9910	6884	نادي سفوان الرياضي	23
30.395083	47.670722	2.7	8550	7044	حي البتول/ حسام عبد الرحمن	24
30.346222	47.691556	2.7	6728	—	منطقة مزارع البرجسية	25
30.386861	47.619194	3	9100	6370	القرية الكرفانية رقم/ ٢	26
30.384667	47.616833	3	16810	11700	القرية الكرفانية رقم/ ٤	27
30.409008	47.526558	3	18540	5564	وليد عبد الحسين راضي	28
30.411703	47.642678	—	9030	6264	معسكر الشعبية البديل	29
30.383428	47.725806	3.1	9560	7052	بلدية الزبير / افراز ٥٣٧	30

مصدر البيانات وزارة الموارد المائية / الهيئة العامة للمياه الجوفية

من الجدول (١) نجد بأن هناك بعض الابار لا توجد فيها قيم للتراكيز الملوثة NO_3 و TDS و EC ولذلك سنعتبرها مجهولة والشكل (٢) يوضح توزيع الابار في تكوين الدبدبة داخل قضاء الزبير ضمن محافظة البصرة.



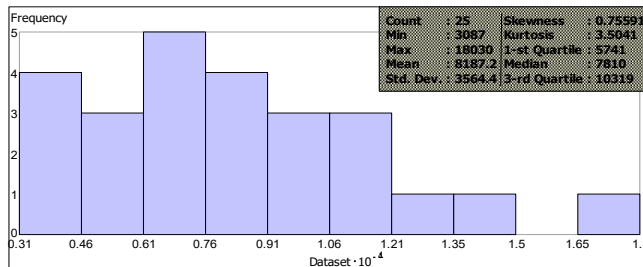
الشكل (٥) توزيع الابار في محافظة البصرة

..... مقارنة بين انموذجي كريكناك المؤشر (IK) و كريكناك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

١٦- استكشاف ومعالجة البيانات Data Explore and Manipulate

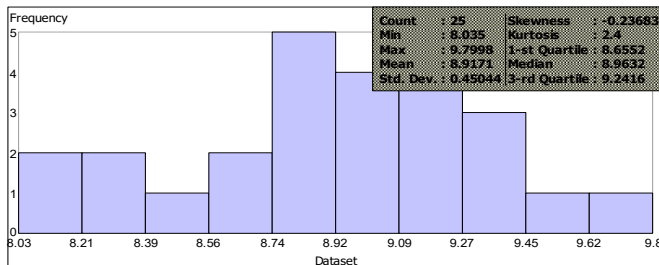
يتم ملائمة البيانات على عدة افتراضات حيث تتبع البيانات التوزيع الطبيعي وتعتبر هذه الفرضية احدى افتراضات استخدام نماذج كريكناك اللاخطية ، وكذلك افتراض بان البيانات تكون مرتبطة مكانياً ولا تظهر اي اتجاهات عامة Global trend اما عندما نريد تكوين السطوح المستمرة من البيانات المقاسة فان هذه البيانات يجب ان تتوزع التوزيع الطبيعي ولهذا السبب فانه سيتم اجراء التحويلات العكسية للبيانات Transformation لتتطابق مع التوزيع الطبيعي الشكل (٦) و(٨) و(١٠) يوضح توزيع البيانات قبل التحويل اللوغاريتمي والشكل (٧) و(٩) و(١١) يوضح توزيع البيانات بعد التحويل اللوغاريتمي

Histogram
Transformation: None



Dataset : Export_Output_12 Attribute: TDS_ppm_
Histogram

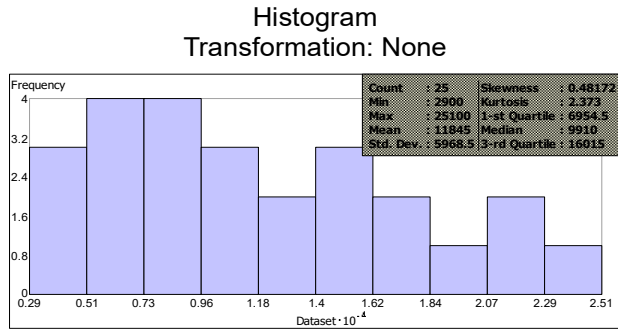
Transformation: Log



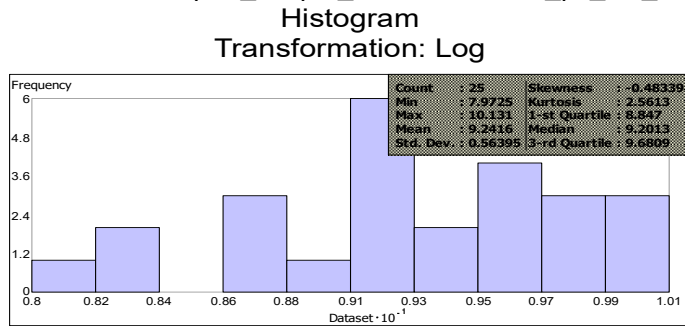
Dataset : Export_Output_12 Attribute: TDS_ppm_

الشكل (٦) المدرج التكراري قبل اجراء التحويل اللوغاريتمي لتركيز TDS

الشكل (٧) المدرج التكراري بعد اجراء التحويل اللوغاريتمي لتركيز TDS



Dataset : Export_Output_12 Attribute: EC_μs_cm_



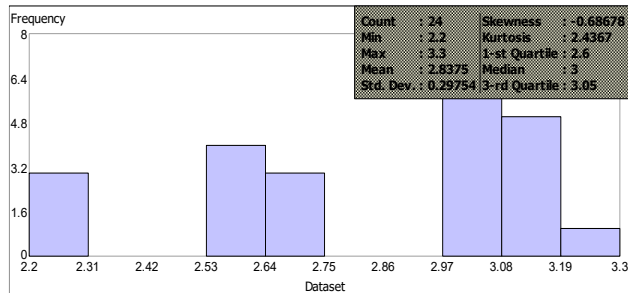
Dataset : Export_Output_12 Attribute: EC_μs_cm_

الشكل (٨) المدرج التكراري قبل اجراء التحويل اللوغاريتمي لتركيز EC

الشكل (٩) المدرج التكراري بعد اجراء التحويل اللوغاريتمي لتركيز EC

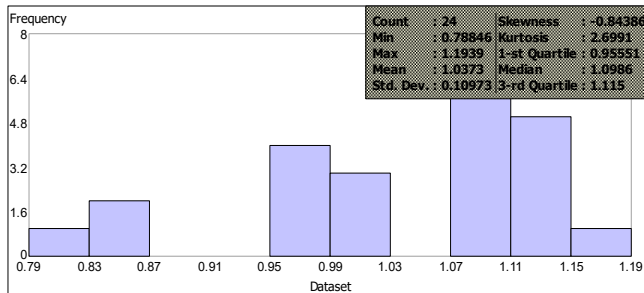
..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

Histogram
Transformation: None



Dataset : Export_Output_12 Attribute: NO3_ppm_

Histogram
Transformation: Log



Dataset : Export_Output_12 Attribute: NO3_ppm_

الشكل (١٠) المدرج التكراري قبل اجراء التحويل اللوغاريتمي لتركيز NO₃

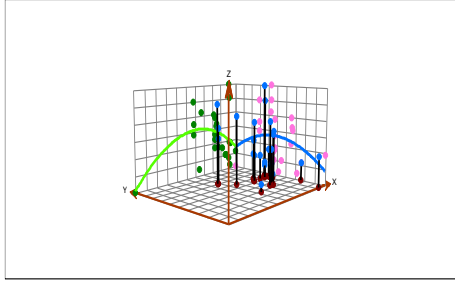
الشكل (١١) المدرج التكراري بعد اجراء التحويل اللوغاريتمي لتركيز NO₃

١٧- تحليل الاتجاه Trend Analysis

تتيح اداة تحليل الاتجاه تحديد وجود او غياب الاتجاهات في مجموعة البيانات المدخلة وهي توفر منظوراً ثلاثي الابعاد للبيانات حيث يتم رسم مواقع نقاط العينة على المستوى X و Y وتعطى ارتفاع ذو البعد Z ، يتم اسقاط القيم بعد ذلك على المستوى X و Z والمستوى Y و Z عبر مخططات مبشرة تدعى بمتعددات الحدود ومن مميزات هذه الاداة هي تدوير الشكل وذلك لعزل البيانات الاتجاهية وكذلك تغيير منظور الصورة بأكملها اضافة الى سهولة تغيير حجم ولون النقاط والخطوط وازالة المستويات والنقاط ، الشكل (١٢) يبين عملية تحليل الاتجاه لبيانات EC و TDS و NO₃ المقاسة ، حيث ان النقاط باللون الاحمر تمثل نقاط العينات في المستوى X,Y والنقاط باللون الوردى تمثل النقاط في المستوى Z,Y والنقاط باللون الوردى تمثل البيانات المتوقعة في المستوى Y, Z ، اما النقاط باللون الازرق تمثل البيانات المختارة بالبرنامج ، وان كل خط عمودي يمثل الموقع والقيمة ، بينما يمثل الخط الاخضر اتجاه الشرق الى الغرب ويمثل الخط الازرق اتجاه الشمال الى الجنوب وهذا الاتجاه يناسب بيانات EC و TDS و NO₃ لأن الخط منحنيًا الى الاعلى او الاسفل على التوالي ، فاذا كان الخط بشكل افقي فان الاتجاه لايناسب البيانات ويظهر اتجاه عام للبيانات Global Trend سيطلب ازالة هذا الاتجاه .

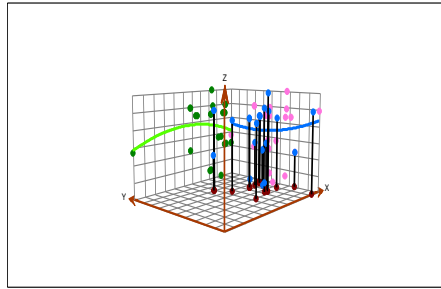
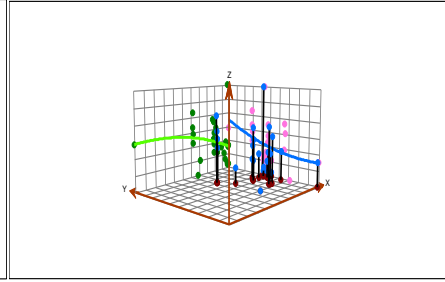
..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

Trend Analysis



Dataset : Export_Output_12 Attribute: EC_μs_cm Dataset : Export_Output_12 Attribute: TDS_ppm_ Trend Analysis

Trend Analysis



Dataset : Export_Output_12 Attribute: NO3_ppm_

الشكل (١٢) تحليل اتجاه البيانات TDS و EC و NO₃

١٨- تحديد دالة شبه الفاريوكرام لانموذجي كريكنك اللاخطية لبيانات

EC و NO₃ و TDS

بأستعمال انموذجي كريكنك اللاخطية (انموذج كريكنك اللوغاريتمي الطبيعي وانموذج كريكنك المؤشر) ولكل دالة من دوال شبه الفاريوكرام الاربعة المختارة يتم تقدير تراكيز التلوث TDS و NO₃ و EC غير المقاسة ولتحديد اي دالة من دوال شبه الفاريوكرام هي الافضل وهي الدالة الاكثر ملائمة لانموذج كريكنك اللوغاريتمي الطبيعي وانموذج كريكنك المؤشر عند استخدام تراكيز تلوث TDS و NO₃ و EC وبأستخدام معايير المقارنة لكل دالة من دوال شبه الفاريوكرام نحصل على الجدول التالي :

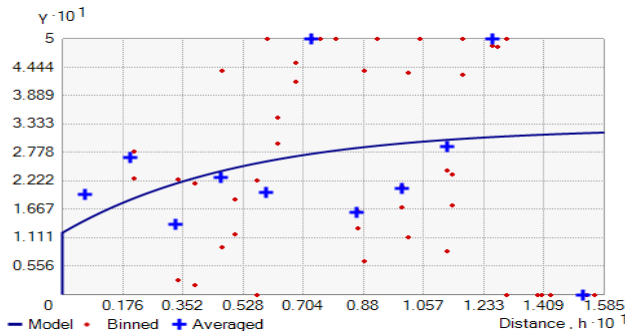
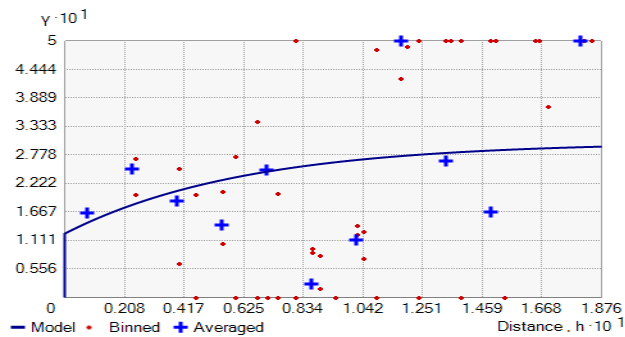
جدول رقم (٥) نتائج التحقق من نماذج كريكنك اللاخطية بعدة انواع من دوال شبه الفاريوكرام والخاصة ببيانات EC,NO₃, TDS

العنصر	Model	model	ME	RMSE	MSE	ASE
TDS	Lognormal Kriging	Spherical	٤٥٩,٢٢٣	٣٠٠٦,٩٨ ٩	٠,٠٣٨ ٥	٤٩٦٠
		Exponential	٢١٣,٧٣٢	٢٨٣٦,٤٢	٠,٠١٦ ٧	٤٤٧٦
		Gaussian	٥٥٢,٨٤٧	٢٩٥٢,٨٤ ٢	٠,٠٤١ ٨	٥٠٠٠
		K- Bessel	٤٠٦,٨٠٥	٣٠٠١,٨٧	٠,٠١٨	٤٧٩٦
	Indicator Kriging	Spherical	0.0415	0.4123	0.0466	0.4552
		Exponential	0.0317	٠,٤٠٠٥	0.0318	0.4551
		Gaussian	0.0323	0.4217	0.0329	0.4562
		K- Bessel	0.0386	0.4006	0.0413	0.4587
NO ₃	Lognormal Kriging	Spherical	٠,٠٠٥٠	٠,٣٤٢٧	٠,٠٣٦ ٠	٠,٤٠٥٣
		Exponential	٠,٠٠١٠	٠,٣٣١٩	٠,٠٢٢ ٠	٠,٤٠٢٥
		Gaussian	٠,٠٠٤٣	٠,٣٣٩٨	٠,٠٣٣ ٦	٠,٤٠٦٨
		K- Bessel	٠,٠٠٤٠	٠,٣٤٠٨	٠,٠٣٢ ٦	٠,٤٠٧٦
	Indicator Kriging	Spherical	٠,٠٠٠٧	٠,٤٦٠٦	٠,٠٠١ ١	٠,٤٢٠٢
		Exponential	٠,٠٠١٤	٠,٤٦٣٠	٠,٠٠٥ ٦	٠,٤٢١٧
		Gaussian	٠,٠٠١٤	٠,٤٦٨٩	٠,٠٠٤ ٣	٠,٤٢٠٤
		K- Bessel	٠,٠٠١٤	٠,٤٦٨٨	٠,٠٠٤ ٥	٠,٤٢٠٣
EC	Lognormal Kriging	Spherical	606.968 1	5173.424	0.0351	7119.66 1
		Exponential	293.144 5	4961.697	0.0346	6550.87 8
		Gaussian	532.547 8	5074.063	0.0387	6957.05 9

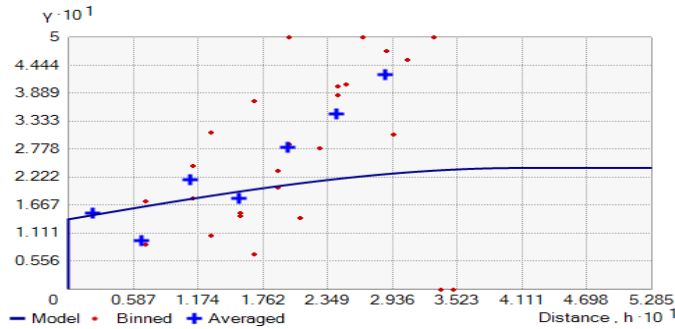
..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

		K- Bessel	360.995	5139.346	0.0548	6621.18 3
Indicator Kriging		Spherical	٠,٠٤٠٥	٠,٣٩٠٥	٠,٠٤٢ ٧	٠,٤٤٥٩
		Exponential	0.0345	0.3904	0.0359	0.4458
		Gaussian	٠,٠٣٤٧	٠,٣٩١٣	٠,٠٣٦ ٧	٠,٤٤٥٩
		K- Bessel	0.0347	0.3914	0.0362	0.4461

ومن الجدول رقم (٥) نلاحظ بان دالة شبه الفاريوكرام من نوع Exponential Indicator هو الامثل بالنسبة لتركيز عنصري كل من TDS و EC ، اما بالنسبة لتركيز عنصر NO₃ فان الانموذج الامثل له هو Indicator Spherical وذلك لامتلاكها اقل متوسط اخطاء معيارية MSE واقل قيمة للجذر التربيعي لمتوسط مربعات الاخطاء RMSE وقيمة للجذر التربيعي واقل قيمة لمتوسط الخطأ ME وهي الاقرب الى الصفر وان قيمة معدل الخطأ المعياري ASE هي الاصغر



Indicator Exponential (EC) Indicator Exponential (TDS)



Indicator Spherical (NO₃)

الشكل (١٣) يمثل دوال شبه الفاريوكرام الامثل لتراكيز EC, NO₃, TDS

وبعد تحديد دالة شبه الفاريوكرام الافضل لكل من انموذج كريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK) و انموذج كريكنك المؤشر (IK) في الجدول رقم (٥) سنحدد الان اي انموذج كريكنك غير خطي هو الافضل لبيانات تركيز EC, NO₃, TDS وذلك باستخدام معايير المقارنة السابقة اضافة الى استخدام معيار معلومات اكايكي (AIC) للمقارنة بين النماذج، والجدول (٦) يبين قيم معايير المقارنة ما بين الانموذجين

جدول (٦) يبين قيم معايير المقارنة لانموذج كريكنك اللوغاريتمي

الطبيعي (LK) و انموذج كريكنك المؤشر (IK) لبيانات EC, TDS, NO₃

العنصر	model	معايير المقارنة دالة شبه الفاريوكرام	ME	RMSE	MSE	ASE	AIC
TDS	Lognormal Kriging	Exponential	٢١٣,٧٣ ٢	٢٨٣٦,٤ ٢	٠,٠١٦ ٧	٤٤٧٦	4.974 9
	Indicator Kriging	Exponential	0.0317	٠,٤٠٠٥	0.031 8	0.455 1	0.816 2

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

NO ₃	Lognormal Kriging	Exponential	0.0010	0.3319	0.0220	0.4025	4.7217
	Indicator Kriging	Spherical	0.0007	0.4606	0.0011	0.4202	2.1523
EC	Lognormal Kriging	Exponential	293.1445	4961.697	0.0346	6550.878	4.9974
	Indicator Kriging	Exponential	0.0345	0.3904	0.0359	0.4458	0.6248

وبذلك فإنه من خلال الجدولين (٥) و(٦) فإن الانموذج الافضل لبيانات تراكيز NO₃, EC, TDS هو انموذج كريكنك المؤشر (IK) وذلك لامتلاكه القيمة الاقل ولكل المعايير المستخدمة MSE, RMSE, ASE, ME, AIC.

وباستعمال احداثيات الانموذج الامثل بالنسبة لتراكيز العناصر NO₃, TDS, EC وتطبيق احداثيات الموقع المراد التنبؤ به نحصل على اوزان اقرب الجيران للموقع ولكون ان الانموذج الامثل هو كريكنك المؤشر (IK) فان مجموع اوزان الجيران $\sum \lambda_i$ يساوي واحد ، وبعد ترتيب البيانات حسب البعد وقياس المسافة الاقليدية h بين النقاط ، يتم تطبيق المعادلة (١١) لحساب شبه الفاريوكرام من نوع Exponential

$$\gamma_{a,b}^{exp}(h) = b \left[1 - \exp\left(-\frac{|h|}{a}\right) \right] \quad \text{for } |h| \geq 0$$

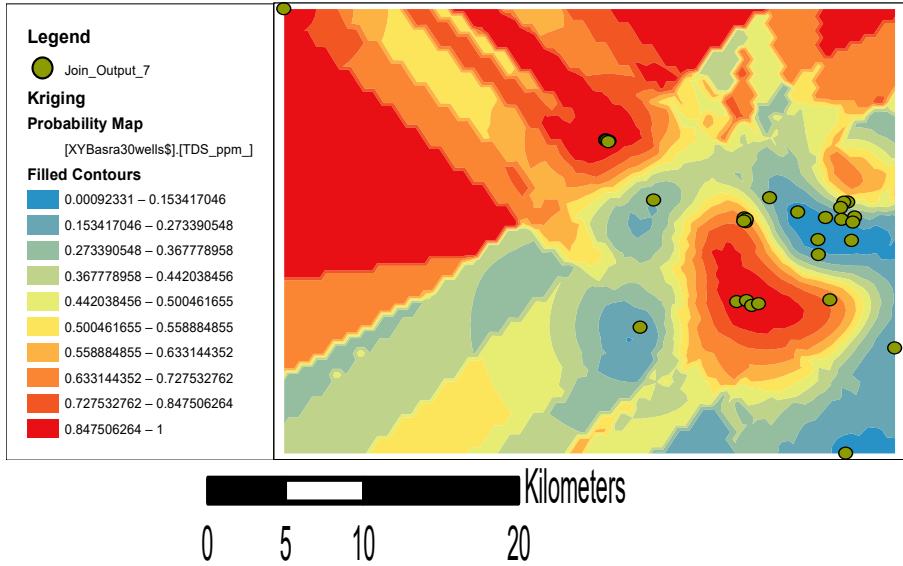
والمعادلة النظرية (١٢) لحساب التباين المشترك من نوع Exponential

$$C_{a,b}^{exp}(h) = b \left[\exp\left(-\frac{|h|}{a}\right) \right] \quad \text{for } |h| \geq 0$$

حيث ان b تمثل العتبة ، وان a تمثل المدى ، وهذه المعلمات يتم تقديرها من دالة شبه الفاريوكرام التجريبي المرسوم في برنامج Arc GIS ، وتطبيق المعادلات اعلاه نحصل على قيم دالة شبه الفاريوكرام والتباين المشترك ، وللحصول على التقدير الموقعي Local Estimation للنقاط الغير مقاسة وباستخدام اوزان الجيران مع القيم المقاسة المجاورة ومن خلال تطبيق المعادلة (٢٥) التالية :

$$\hat{I}(S., Z_T) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(Z_T) I(S_i, Z_T)$$

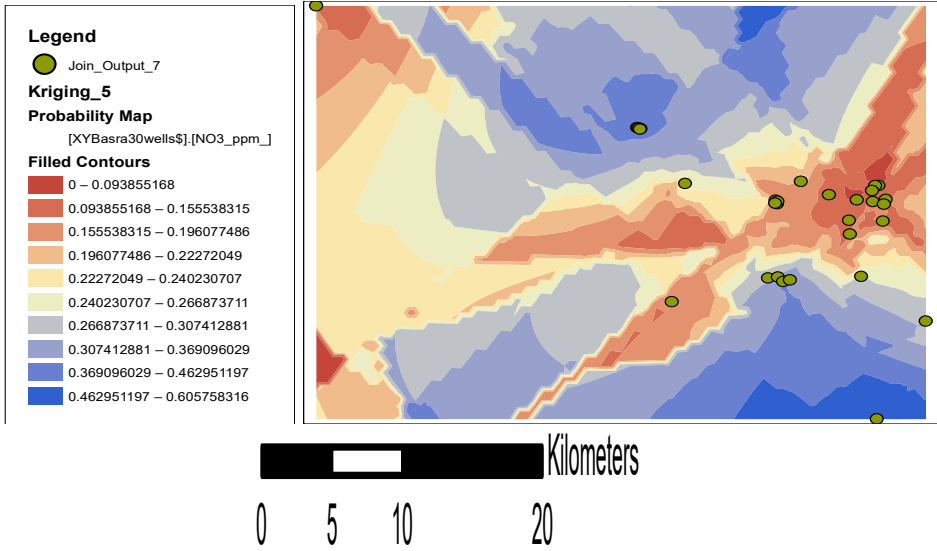
نحصل على القيمة المقدرة لتراكيز NO₃, EC, TDS ونلاحظ ان القيمة النظرية قريبة من القيمة المقدرة باستخدام برنامج Arc GIS .



شكل (١٤) الخارطة الكونتورية التنبؤية لتراكيز تلوث TDS

عند رسم الخريطة الكنتورية وملاحظة توزيع العنصر TDS لبيانات المجال قيد الدراسة Filled Contours نلاحظ ان التلوث كان يتراوح بين (0.0009233-1).

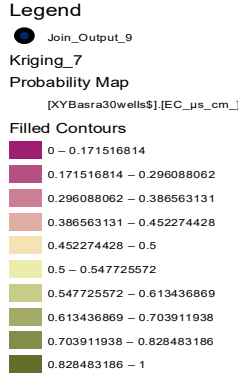
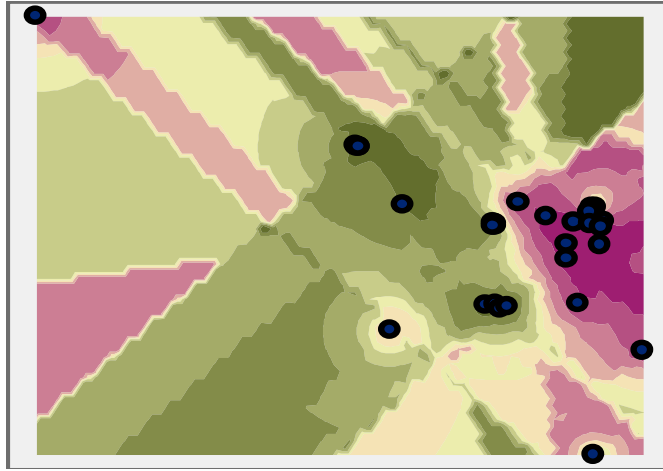
..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)



شكل (١٥) الخارطة الكونتورية الاحتمالية لتركيز NO_3

عند رسم الخريطة الكنتورية وملاحظة توزيع العنصر NO_3 لبيانات المجال قيد

الدراسة Filled Contours نلاحظ ان التلوث كان يتراوح بين (٠-٠, ٦٠٥٧٥٨).



شكل (١٦) الخارطة الكونتورية التنبؤية لتركيز

EC

عند رسم الخريطة الكنتورية وملاحظة توزيع EC لبيانات المجال قيد الدراسة Filled Contours نلاحظ ان التلوث كان يتراوح بين (1-0.17151). .

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

١٩- الاستنتاجات

١) عند التحويل اللوغاريتمي للبيانات التي لا تتوزع توزيعاً طبيعياً اثبتت كل من طريقتي اللوغاريتم الطبيعي لكريكنك (LK) Lognormal Kriging وكريكنك المؤشر (IK) Indicator Kriging جودتها في النمذجة الجغرافية المكانية .

٢) النماذج اللاخطية تقوم بنمذجة التوزيعات الشرطية للبيانات ولا يمكن للنماذج الخطية القيام بذلك ان حساب التوقع الشرطي في نماذج كريكنك اللاخطي يتطلب معرفة التوزيع الاحتمالي وان يكون المتغير العشوائي ثابت من الدرجة الثانية وشرط وجود تحويل غاوسي .

٣) نماذج كريكنك تفترض اوزان للقيم المقاسة المحيطة لحساب التنبؤ للموقع الغير مقاس وان اعلى وزن يمثل اقرب موقع حقيقي بالنسبة للموقع الغير مقاس وان اقل وزن يمثل ابعد موقع .

٤) انموذج كريكنك المؤشر (LK) Indicator Kriging كان الأكثر دقة للتنبؤ بتركيز التلوث بالعناصر NO_3 ، TDS ، EC ، في طبقة المياه الجوفية في محافظة البصرة بناء على القيم الدنيا لمعايير المقارنة حيث اثبت جودته بالتعامل مع البيانات شديدة التطرف او الانحراف .

٥) نلاحظ من نتائج تقدير التلوث بعنصر TDS في الابار المجهولة القياس ان تركيز العنصر الملوث في بئر شركة انوار سرى رقم ١ / كان (٠, ٦٨٥٦) وفي بئر متوسطة حلم الغد للبنات كان (٠, ١١٤٠) وفي بئر اعدادية الزبير المهنية كان (٠, ١٤١٨) وفي بئر وحدة نخيل البرجسية رقم ٢ / كان (٠, ٩٤٩٣) وفي بئر منطقة مزارع البرجسية كان (٠, ١٠٩٦) .

٦) اما بالنسبة لنتائج تقدير التلوث بعنصر NO_3 في الابار المجهولة القياس فان تركيز العنصر الملوث في بئر القرية الكرفانية الثانية رقم ١ / كان (٠, ١٨٧٧٨)

حنان حسين رحيم شايع / أ.د. عدي طه رحيم العنبيكي.....

وفي بئر المزرعة الارشادية في البرجسية كان (٠, ٣٧٧١٣) وفي بئر مدرسة الزبير الحكومية كان (٠, ١٦٨١٥) وفي بئر بلدية الزبير حي الشهداء كان (٠, ١٨٨٦٣٥) وفي بئر معسكر الشعبية البديل كان (٠, ٠٦٣٩) .
(٧) اما بالنسبة لنتائج تقدير التلوث بعنصر EC في الابار المجهولة القياس فان تركيز العنصر الملوث في بئر شركة المشروبات الغازية رقم ٣ / كان (٠, ٩٦٤٤) وفي بئر القرية الكرفانية الثانية رقم ٣ / كان (٠, ٧٢٣٢) وفي بئر مدرسة الشهيد وجدي كان (٠, ١٣٣٤) وفي بئر بلدية الزبير شارع الجاهزة كان (٠, ٠٧٦٥) وفي بئر حسينية فاطمة الزهراء كان (٠, ٠٣٨٢) .

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

٢٠-التوصيات

- ١- تحديد احداثيات موثوقة للبيانات تساعد الباحثين على التوصل الى النتائج الواقعية والتنبؤات للمواقع غير المقاسة والتوصية بالحلول العلمية المناسبة .
- ٢- استخدام الخرائط المنمذجة لتحديد مواقع التلوث ومناطق الخطر عالية التركيز بالعناصر الملوثة TDS و EC و NO₃ وهذا يساعد في اتخاذ التدابير لتجنب حفر ابار المياه الجوفية في هذه المواقع .
- ٣- استعمال الاستشعار عن بعد والنمذجة المكانية في التنبؤ عن مقدار التلوث في الاماكن التي يصعب الوصول اليها .
- ٤- من خلال هذه الدراسة تم تحديد المناطق ذات التراكيز العالية بالعناصر الملوثة TDS و EC و NO₃ في محافظة البصرة وعلى الجهات المختصة اتخاذ التدابير للتحكم في تقليل تراكيز الملوثات في مياه الابار الجوفية .
- ٥- دراسة نماذج الاستيفاء المكاني الاخرى كنهاذج كريكنك المشترك Co Kriging متعدد المتغيرات للتنبؤ عن ظاهرتين في الوقت ذاته مثلاً تركيز TDS مع اضافة عوامل اخرى ممكن ادخالها مثل متغير الزمن او درجة الحرارة .

..... مقارنة بين انموذجي كريكنك المؤشر (IK) وكريكنك اللوغاريتمي الطبيعي (LK)

المصادر

(١) البياتي، جعفر موسى محمد. (2011). التنبؤ بغبار الرصاص في مدينة الموصل بأستخدام اسلوب Kriging . مجلة جامعة كركوك للعلوم الادارية والاقتصادية ، 226-246 .

(٢) البياتي، جعفر موسى محمد. (2016). تقنية تقدير الكتلة في الاحصاء المكاني مع التطبيق . مجلة تكريت للعلوم الصرفة, 143-148 .

(٣) البياتي، ميس مؤيد. (2021). استعمال بعض نماذج كريكنك الاحصائية الجغرافية مع تطبيق عملي (رسالة ماجستير) كلية الادارة والاقتصاد -الجامعة المستنصرية .

(٤) البياتي ، ميس مؤيد والعنكي، عدي طه رحيم. (٢٠٢٢). مقارنة بين طريقتي كريكنك المنفصل وكريكنك المؤشر للتنبؤ بالتوزيع المكاني لنسبة تلوث، BOD في مياه الصرف الصحي في العراق. مجلة الدراسات الاقتصادية والادارية، العدد (٢٥)، ٣٢٢-٣٣٧ .

5) A. H. Shexo, & T. H. Abdullah. (2024). Robust Estimation Based on Lognormal Kriging Technique for Some Soil Data. Mathematical Modelling of Engineering Problems, Vol.11, no.5, p. 1341 .

6) Ghachi, E. Layati & Mohamed Ei. (2021). GIS and evaluation of spatial rainfall interpolation techniques between 1980 and 2019: Application to the Oued Oum Er-Rabia sub-watershed (Central High Atlas, Morocco). EWASH & TI Journal, vol.(5), no. 4, pp. 698-709.

7) Holbert, C. (2024). Lognormal Kriging and Bias-corrected Back-Transformation. Blog Project, pp.1-15.

- 8) M. Armstrong and A. Boufassa. (1988). Comparing the Robustness of Ordinary Kriging and Lognormal Kriging: Outlier Resistance. International Association for Mathematical Geology , pp.447-457.
- 9) Mateu, J.-M. M.-A. (2015). Spatial and Spatio-Temporal Geostatistical Modeling and Kriging. Wiley Series in Probability and Statistics.
- 10) Vasilewios Boumpoulis, M. M. (2023). Comparison between different spatial interpolation methods for the development of sediment distribution maps in coastal areas. Earth Science Informatics , pp.2069-2087.
- 11) Yamamoto, J. Kazuo. (2007). On unbiased backtransform of lognormal Kriging estimates. Springer Comput Geosci , pp.219-234.