

مقارنة بين استخدام طريقتي **Idw** و **Kriging** في التنبؤ المكاني للنترات في جنوب محافظة طرطوس (منطقة تيشور)

عماد الدرويش¹، د.م. غادة بلال²

1طالب ماجستير في كلية الهندسة المدنية اختصاص بيئة- جامعة دمشق.

2دكتوراه في الهندسة المدنية اختصاص بيئة -كلية الهندسة المدنية- جامعة دمشق.

الملخص

تعتبر المياه الجوفية من اهم المصادر المتاحة للاستعمال في المناطق الداخلة وبعض المناطق الساحلية في القطر العربي السوري، لذلك لابد من ضبط جودتها. تعد البيانات المرتبطة بالتوزيع المكاني والزمني أهمية كبير، كما تعتبر الطرائق الاستيفاء الرياضي واحدة من أكثر التقانات المتقدمة من أجل التنبؤ بنوعية المياه.

تاريخ الإيداع: 2022/6/16

تاريخ القبول: 2023/1/22



حقوق النشر: جامعة دمشق -سورية، يحتفظ

المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

استخدمت طريقتا **kriging, idw** من أجل التنبؤ بالتوزيع المكاني للنترات **NO3-** في المياه الجوفية، وجرى جمع البيانات من مديرية المياه في محافظة طرطوس ل 25 بئر موزعة من منطقة تيشور باتجاه المنطار وذلك بسبب ظهور مشكلة تلوث بئر تيشور من التسرب الحاصل في شبكة الصرف الصحي من شباط 2018 وحتى التاريخ الحالي، وبعد جدولة البيانات، ورسم مخططات التغير، واستخدمت القيمة الأقل ل **RSS**، وبناء عليه تم اختيار التابع الأسّي لطريقة **KRIGING** على انه النموذج الأفضل، تم تحديد الطريقة الأفضل للتنبؤ بناء على **CROSS-VALIDATION** وقيمة **RMSE**. أظهرت النتائج أن طريقة **IDW** هي الطريقة الأفضل بمقارنتها مع **KRIGING**، وتوجد تبعية مكانية كبيرة لمتغير النترات، ثم تم إعداد خرائط توزيع النترات بطريقة **KRIGING**، وتحديد مدى صلاحية المياه الجوفية للشرب والري والاستخدام في هذه المنطقة.

الكلمات المفتاحية: نترات، المياه الجوفية، **IDW**، **Kriging**.

In Spatial Prediction Of Nitrate In Southern Tartous Governorate (Taishor Region)

Emad ALDarweesh¹, Dr. GHada Bilal²

¹Master's student at the Faculty of Civil Engineering, Environmental Specialization - Damascus University

²PhD in Civil Engineering, Environmental Specialization, Faculty of Civil Engineering, Damascus University.

Abstract

Groundwater is considered one of the most important sources available for use in the interior and some coastal areas in Syrian Arab Republic, so its quality must be controlled.

Data related to spatial and temporal distribution has a great importance, as mathematical interpolation methods are one of the most advanced technologies used for water quality prediction.

The two methods kriging, idw were used in order to predict the spatial distribution of nitrate NO₃⁻ in groundwater, and data were collected from the Water Directorate in Tartous Governorate for 25 wells distributed from the Tishur area towards Al-Mentar, due to the emergence of the problem of pollution of the Tishur well from leakage in the sewage network from February 2018 to the present date, after tabulating the data, plotting the change, and using the lowest value of RSS, and accordingly, the exponential function of the KRIGING method was chosen as the best model, the best forecasting method was determined based on the CROSS-VALIDATION and RMSE value.

The results showed that the IDW method is the best method compared with KRIGING, and there is a large spatial dependency on the nitrate variable, then maps of nitrate distribution were prepared using the KRIGING method, and the suitability of groundwater for drinking, irrigation and use in this area was determined.

Keywords: nitrate, ground water, IDW, Kriging.

Received: 16/6/2022

Accepted: 22/1/2023



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

المقدمة

تعتبر المياه الجوفية جزءاً من دورة المياه الطبيعية على الأرض، إذ تتسرب داخل الأرض عند هطول الأمطار عبر التربة وفتات الصخور، وترشح خلال الصخور المسامية لتصل إلى منطقة تتجمع فيها، ويفصل منسوب المياه المتجمعة بين المنطقة المشبعة بالمياه أو طبقات المياه الجوفية حيث تميل المياه للتحرك باتجاه الأسفل خلال المنطقة غير المشبعة حتى تصل إلى المنطقة المشبعة، أما في المنطقة المشبعة فتتحرك المياه بشكل أفقي اعتماداً على الانحدار المائي أو تدرج ضغط المياه متجهةً من الجزء الأعلى انحداراً إلى الأقل انحداراً، وقد ترشح بعض هذه المياه أثناء حركتها الأفقية خارج الحوض لتتضم إلى مياه المحيطات. [1]

واستخدمت الأوساط المائية منذ زمن بعيد ولا تزال تستخدم إلى وقتنا الحالي كأمكنة لتصريف المخلفات البشرية المختلفة، مما أدى إلى تفاقم مشكلة تلوث المياه العذبة في الأنهار والبحيرات والخزانات المائية بسبب تغير خصائصها الفيزيائية أو الكيميائية أو الحيوية، بالإضافة إلى تلويث هذه المخلفات للمياه الجوفية نتيجة تسرب الملوثات المختلفة إليها عن طريق التربة عندما تكون نفاذيتها عالية. [2]، [3]

حيث أصبحت مشكلة ارتفاع تركيز النترات في المياه الجوفية من إحدى أهم المشاكل التي تواجه إمداد السكان بمياه الشرب في كثير من دول العالم وخاصة القطر العربي السوري، إذ توجد في القطر العربي السوري قرابة 400 بئر تحتوي مياهها على تراكيز النترات التي تتجاوز الحدود المسموحة (44mg/l). [4]

مصادر النترات في المياه الجوفية

يوجد نتروجين النترات بشكل طبيعي في المياه الجوفية وفي مياه الأمطار بكميات قليلة وتزداد هذه المنية في المناطق التي يقوم فيها المزارعين برش الأسمدة غير العضوية والأسمدة الحيوانية على الأراضي

المزروعة، وبعد ري الأراضي الزراعية يمكن أن يرشح النتروجين غير المستهلك من قبل النباتات عبر التربة إلى المياه الجوفية، فضلاً عن أن سكان الريف كثيراً ما يستعملون الحفر الفنية للتخلص من مياه صرفهم، وإن التسربات من هذه الحفر الفنية يمكن أن تكون مصدراً للنترات التي تصل إلى المياه الجوفية، إضافة إلى أن جميع المركبات الحاوية على النتروجين يمكن أن تتحول إلى مركبات النترات، وإن القابلية الكبيرة لانهلال النترات في الماء وعدم ارتباطها بالتربة يجعلان تلوث المياه الجوفية بها من الأمور الشائعة. [5]

جرى دراسة دقة طرائق التنبؤ لخواص المياه في دراسات عديدة سابقة [6]، حيث أثبت الباحث safari أن الطريقة الأنسب في الإحصاء الجيولوجي لتقدير واحد من المتغيرات تعتمد على نوع المتغير والعوامل المحلية التي تؤثر فيه، وأكد على أن طريقة محددة للتنبؤ في المنطقة المدروسة لن تكون معممة بالنسبة للمناطق الأخرى [7]، كما استخدم Nazari et al طرائق الإحصاء الجيولوجي لدراسة التغيرات المكانية لنوعية المياه الجوفية في حوض Balarood، حيث أظهرت نتائج أن النموذج الكروي يعد الأفضل ليتوافق مع المخطط المتغير التجريبي لمتغيرات الناقلية الكهربائية Electrical Conductivity EC، الكلورايد، وشاردة الكبريتات. [8]

استخدم كل من Istock and Cooper طريقة Kriging لتقييم المعادن الثقيلة في المياه الجوفية، فوجد أن الطريقة المذكورة هي الأفضل للتنبؤ المكاني للخصائص. [9]

كما درس Dagostino التغير المكاني والزمني للنترات باستخدام طريقة Kriging في المياه الجوفية وأظهرت الدراسة زادت من دقة تقدير تراكيز النترات. [10]

أهمية البحث وأهدافه

تأتي أهمية هذا البحث من الحاجة إلى تأمين مصدر مياه جوفية آمن لاستخدامه للشرب والسقاية وذلك بعد مشكلة التلوث التي حصلت في بئر قرية تيشور في جنوبي محافظة طرطوس منذ شباط 2018 وحتى الآن، والتي ظهرت نتيجة التسرب من مياه الصرف الصحي ومياه معصرة الزيتون، حيث ساهمت التربة ووجود المياه الجوفية على أعماق قريبة من سطح الأرض إلى زيادة حدة التلوث، حيث يعاني الأهالي حتى الآن من نقص في المورد المائي مع الحاجة اليومية لشراء أو استئجار المياه من مصادر وقرى أخرى لم يصلها التلوث، ويهدف هذا البحث إلى اختبار أداء تقانات التنبؤ المكاني باستخدام طريقتي IDW (Inverse Distance Weighting) , Kriging من أجل إنجاز خرائط توزيع النترات في المياه الجوفية واختبار الطريقة الأدق للتنبؤ، وتحديد التبعية المكانية للنترات، وصلاحية المياه الجوفية للري والشرب حسب تركيز النترات فيها بناء على المواصفة القياسية السورية.

طرائق البحث ومواده

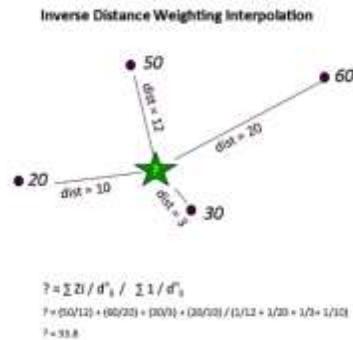
استخدمت معطيات التحاليل الفيزيائية والكيميائية من 25 بئر من آبار الشرب في جنوب محافظة طرطوس وتتركز حول قرية تيشور التي تعاني من تلوث المياه الجوفية فيها من عام 2018، المأخوذة من نفس العام من شركة مياه طرطوس.

من أجل إنجاز خرائط توزيع العناصر الفيزيائية والكيميائية تم استيراد كافة الشرائح ذات الصلة وعرضها في برنامج Arcgis 10.2.2، من ثم استكشاف البيانات من خلال التحقق من الخصائص الإحصائية وتحديد ملائمة البيانات لتوليد السطح الرياضي أم لا، ثم اختيار النموذج المناسب بناءً على الرقم الأصغر من بين النماذج المختلفة والذي يعرض داخل البرنامج وتنفيذ التحليل وبالتالي التنبؤ.

وللمقارنة بين أنسب الطرائق IDW، Kriging تستخدم قيمة (Root Mean Square-Error) RMSE والتي تعني الجذر المربع لمتوسط الخطأ، لتقييم فعالية النموذج، كما تشير القيمة الأصغر ل RMSE إلى التنبؤات الأكثر دقة. [11]

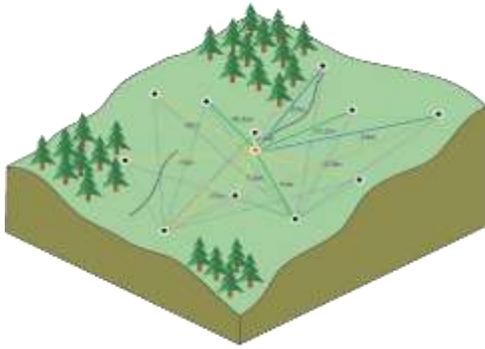
Spatial prediction methods

تم استخدام طرائق للاشتقاق المكاني لبعض العناصر الكيميائية كالنترات في آبار منطقة الدراسة: **مقلوب المسافة الموزونة IDW**: وهي طريقة تعتمد في عملية الاشتقاق على المسافات بين الآبار، ويتم الربط بين كل أقرب نقطتين من النقاط، حيث يتم تقدير قيم النقاط بين كل نقطتين عن طريق مقلوب المسافة بينهما، وأن القيم تتناقص مع المسافة بمعنى أن القيم المتنبئة لن تتجاوز قيم العينات المعلومة، من عيوب هذه الطريقة بأنه لا تصلح للتنبؤ المستقبلي أو التنبؤ خارج حدود العينة. [12] الشكل (1)



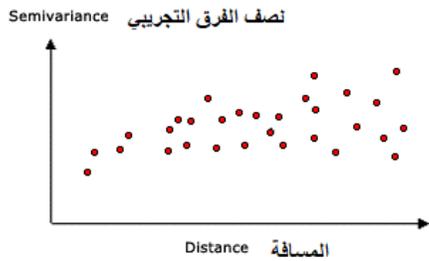
الشكل (1) شكل توضيحي لطريقة IDW [12]

طريقة Kriging: وهي أكثر الأساليب تعقيداً وأقواها ويطبق طرائق إحصائية متطورة، كما وتعد هذه الطريقة مناسبة وسريعة لتوليد سطح رياضي مضبوط، وتعتمد اعتماداً أساسياً على افتراض وجود ارتباط داخلي بين عناصر العينة المدروسة بشكل رسومي، وتحتاج هذه الطريقة دراية ومعرفة بالإحصاء المكاني لأن البيانات



الشكل (2) العلاقة المكانية بين النقطة المطلوب حساب البيان فيها والنقاط المعلومة البيان [13]

ويبين الشكل (3) العلاقة بين نصف الفرق التجريبي على المحور y والمسافة بين النقاط على المحور x ، الذي يعطينا شكل التابع الرياضي الخاص بالمتغير الذي ندرسه، الذي سنقارنه مع التوابع الرياضية المعروفة ذات المخطط البياني المعروف، لتحديد التابع الرياضي الأمثل لتمثيل هذه العلاقة. [14]



الشكل (3) العلاقة بين نصف الفرق التجريبي والمسافة بين النقاط [14]

2- حساب التنبؤ ببيانات النقاط المجهولة:

يعد نصف الفرق التجريبي **semivariogram** هو مفتاح الدخول إلى التنبؤ المكاني **spatial prediction**، وهنا نقصد بالمكان أن البيانات قد تكون تابعة للزمن أو المكان، وتكون وظيفة نصف الفرق التجريبي **semivariogram** هي تقديم المعلومات المطلوبة عن الارتباط الذاتي المكاني بين النقاط في المنطقة المدروسة التي تعد قاعدة البيانات، ومع ذلك فإنه لا يقدم معلومات عن كل الاتجاهات الممكنة وعن المسافات، ولهذا السبب لابد من تمثيل البيانات ومواعمتها مع منحني التابع الرياضي الأنسب لها، ومن هذه التوابع :

لابد أن تخضع لفحص إحصائي قبل تطبيقها، فهي تعتمد على المسافة والعلاقة بين القيم المعلومة في تنبؤ القيم المجهولة، ومن الممكن في تنبؤ القيم ان تجاوز القيم المعلومة أو تقل عنها.

يجب أن تكون بيانات العينة شريحة نقطية أو شريحة **raster** حصراً، والبيانات مستمرة وخاضعة للتوزيع الطبيعي، مع فرضية الارتباط الخطي ضمن البيانات أساساً.

ويحدد الهدف من توليد السطح الرياضي بمعرفة قيمة الظاهرة المدروسة في مناطق غير مقيسة، وإعطاء حس مكاني للظاهرة، وخريطة توضح المناطق الخطرة من حيث الانتشار.

ويجب الإشارة أن القيم المتوقعة لا تكون محصورة ضمن مجال الحدين الأعلى والأدنى في العينة، وتصلح للتنبؤ المستقبلي أو التنبؤ خارج حدود العينة في حال توافر سلسلة زمنية كافية للظاهرة المطلوبة. [13]

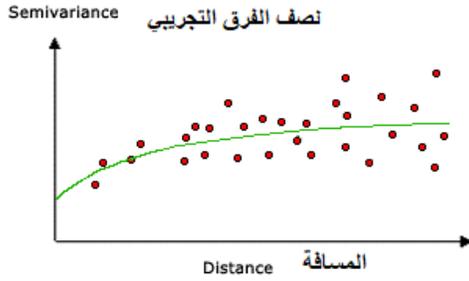
وتعد هذه الطريقة طريقة مقارنة تعطي أفضل تنبؤ بالقيم المجهولة لتابع عشوائي، الذي هو في الحقيقة عبارة عن تركيب مرجح موزون للقيم المقاسة، كما أن لهذه الطريقة مهمتين هما كشف القواعد التبعية وتحقيق التنبؤ، ولتحقيق هاتين المهمتين لابد من إجراء مايلي:

1- حساب الارتباط الذاتي بين النقاط وذلك عن طريق حساب التباين ونصف الفرق التجريبي كتوابع رياضية كما توضحه العلاقة التالية:

$$\text{Semivariogram}(\text{distance}_{ij}) = 0.5 \times \text{average}[\{\text{value}_i - \text{value}_j\}^2]$$

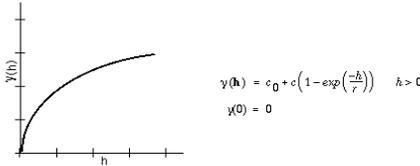
حيث أن البيانات المستخدمة في هذه الطريقة تستخدم بالدرجة الأولى لحساب الارتباط الذاتي بين النقاط ومن ثم التنبؤ ببيانات النقاط المجهولة بالدرجة الثانية.

ويبين الشكل (2) العلاقة المكانية بين النقطة المطلوب حساب البيان فيها وبين النقاط المعلومة البيان كما يوضح علاقة النقاط المعلومة البيان مع بعضها [13].



الشكل (6) النموذج الأسي [14] Exponential model

EXPONENTIAL



الشكل (7) المنحني البياني للتابع الأسي [14]

حيث: c العتبة الخاصة بالتابع الرياضي

γ(0) قيمة نصف الفرق التجريبي عند كل قيمة

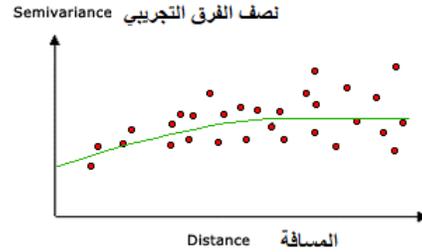
معلومة من البيانات بين α و h

3- التابع الغوسي (الطبيعي) Gaussian model

تتمثل أهم معالم هذا التوزيع بالوسط الحسابي μ وبالاتجاه المعياري σ، ويتميز هذا التابع بأنه متماثل حول العمود المنشأ على مما يعني أن الانحرافات المختلفة من القيمة الأكثر احتمال تعتبر متساوية الاحتمال، ويشبه شكل الجرس، إن مجموع الانحرافات ذات قيمة نهايتها محدودة، أي أن المساحة المحصورة بتابع التوزيع تكون مساوية (1)، ويوضح الشكل (8) التابع الغوسي والشكل (9) المنحني البياني الممثل له [14].

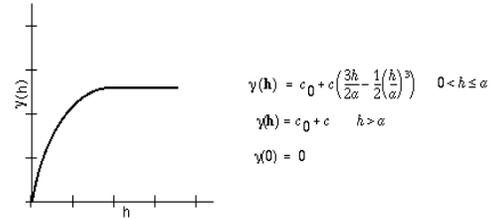
1- النموذج الكروي spherical model

يعطي هذا النموذج انخفاضاً تدريجياً في الارتباط الذاتي المكاني بين النقاط مع ازدياد نصف الفرق التجريبي وذلك ضمن المسافة المدروسة ويعد من أكثر النماذج استخداماً وهذا ما يوضحه الشكلان (4)، (5) [14].



الشكل (4) النموذج الكروي [14] Spherical model

SPHERICAL



الشكل (5) المنحني البياني للتابع الكروي [14]

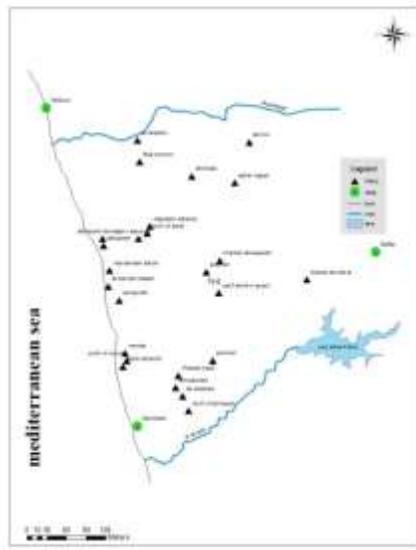
حيث: c العتبة الخاصة بالتابع الرياضي

γ(0) قيمة نصف الفرق التجريبي عند كل قيمة

معلومة من البيانات بين α و h

2- النموذج الأسي exponential model

في هذا النموذج يتناقص الارتباط الذاتي المكاني مع ازدياد المسافة ويتلاشى تماماً عندما تصبح المسافة لانهاية، ويعد هذا التابع أيضاً من التوابع الرياضية الشائعة جداً، ويستند اختيار التابع الرياضي المطلوب على الارتباط المكاني بين نقاط البيانات الخاصة بكل ظاهرة مدروسة و يبين الشكل (6) النموذج الأسي والشكل (7) المنحني البياني الخاص به [14].



الشكل (10) منطقة الدراسة

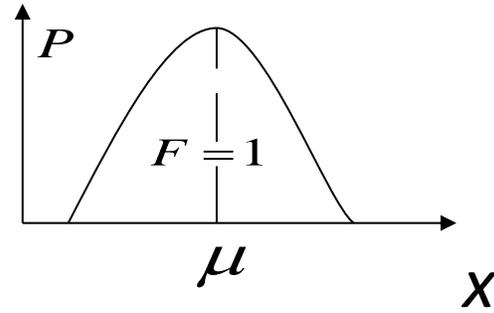
الوضع الهيدروجيولوجي

تتواجد الحوامل المائية على الأغلب في حوض الساحل ضمن صخور الحجر الكلسي والدولوميت المشقق والمكرست (الكريتاسي الأعلى) والجوراسي، حيث يفصل بينهما مارل الكريتاسي الأسفل كما يلاحظ انتشار عشوائى للمياه الجوفية في بعض المستويات الكلسية العائد لعمر الباليوجين والرياعي.

أما منطقة الدراسة الممتدة بين نهر الأبرش ونهر الغمقة فتتواجد فيها المياه الجوفية من عمر الكريتاسي الأعلى حيث تراوحت السماكة السائدة للحامل المائي بين 40-50 متراً وتتناقص نحو الشرق بشكل عام، تميزت مياه هذا الحامل بناقلية كهربائية تراوحت بين 470-627 ميكروموس/سم والتصاريف بين 4-16 ل/ثا.

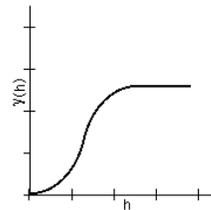
النتائج والمناقشة

يظهر الشكل (11) الملخص الاحصائي لتراكم النترات في المياه الجوفية لشهر شباط 2018، ويلاحظ أن البيانات لا تتمتع بالتوزيع الطبيعي لذلك تمت جدولة البيانات normalizing التي ملكت انحراف skewness كبيراً باستخدام الطريقة اللوغاريتمية.



الشكل (8) التابع الغوسي [14] Gaussian model

GAUSSIAN



الشكل (9) المنحني البياني للتابع الغوسي [14]

حيث: c العتبة الخاصة بالتابع الرياضي

$\gamma(0)$ قيمة نصف الفرق التجريبي عند كل قيمة

معلومة من البيانات بين a و h

المقارنة بين الطرائق المختلفة

تستخدم قيمة RMES Root-Mean-Square-Error

لتقييم فاعلية النموذج في طريقة cross-validation.

تشير القيمة الأصغر ل RMSE إلى التنبؤات الأكثر دقة.

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الجنوبي من حوض

الساحل جنوب مدينة طرطوس، وهي عبارة عن حوض

فرعي يتوضع بين الحوضين الصبايين لنهر الغمقة

والأبرش، تبلغ المساحة الاجمالية للحوض حوالي

200 كم²، تنتشر في منطقة الدراسة طبعا حاملة للمياه

الجوفية الحرة، تتكشف في 25 بئر موثقة من قبل مديرية

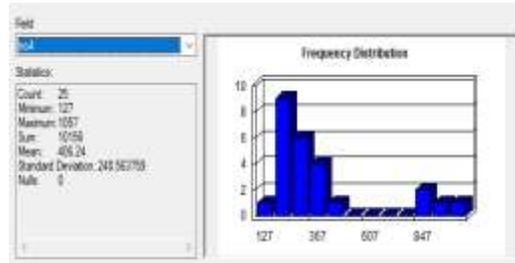
الموارد المائية ومديرية المياه في محافظة طرطوس.

الشكل (10) والذي تم رسمه على برنامج ARCGis

10.2.2 بناء على صورة من خريطة ورقية لمنطقة

الدراسة.

مع Semivariogram التجريبي، وجد أن النموذج الأسّي Exponential هو الأفضل لتوليد السطح الجدول (1)، حيث يلاحظ من هذا الجدول بان النموذج الأسّي يملك قيمة RSS الأصغر وهي 0.9327 مقارنة مع النموذج الكروي والغوسي، لذلك تم اختياره ليتم بناء عليه اختيار الطريقة الأفضل للتنبؤ بتركيز النترات، ويوضح الجدول (2) بارامترات النموذج الأسّي.



الشكل (11) ملخص التحليل الإحصائي للعينة المدروسة كما تم الحصول عليه في البرنامج

بعد جدولة البيانات، وحساب Semivariogram من أجل طريقة kriging وبناءً على القيمة الأصغر ل RSS تم اختيار النموذج الأفضل من أجل المطابقة الأفضل

الجدول (1) قيم RSS في النماذج المختلفة من التحليل باستخدام برنامج ARCGIS10.2.2

النموذج	الكروي	الأسّي	الغوسي
MODELS	SPHERICAL	EXPONENTIAL	GAUSSIAN
RSS	0.9458	0.9327	0.9361

يبين الشكل (13) توزع شاردة النترات لشهر شباط 2018 والتي بدأ فيها القياسات الحقلية الخاصة ببئر تيشور الملوث والذي سبب توقف الضخ من هذا البئر ومن جميع الآبار المحيطة به، حيث نلاحظ تناقص تركيز النترات من الشمال باتجاه الجنوب حيث بلغت أقصاها في بئر تيشور الملوث وضهر رجب والنقيب وتناقصت حتى بلغت أقل قيمة في شمال الجماسة وهذا يتوافق مع حركة المياه الجوفية الحرة من المنسوب الأعلى الى الأخفض وهذا المنسوب يمتد من الأعلى للأسفل من تيشور وحتى شمال الجماسة.

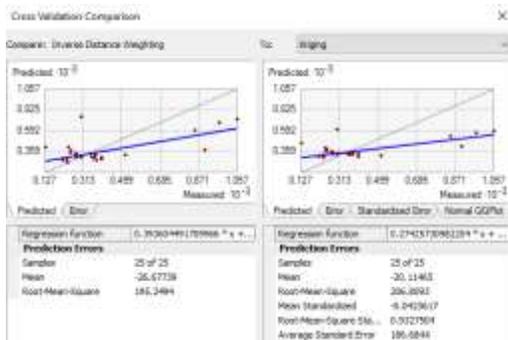
الجدول (2) بارامترات النموذج الأفضل (النموذج الأسّي) من التحليل باستخدام ARCGIS10.2.2

النموذج	EXPONENTIAL
Nugget (Co)	0.108552
Partial Sill (C)	0.170552
LAG SIZ	27.11 METER

استخدمت RMSE من أجل تحديد الطريقة الأكثر مناسبة للتنبؤ والخاصة بهذه المنطقة والمناسبة لتراكم النترات فيها، والمتضمنة طريقة IDW و KRIGING التابع الأسّي، حيث كلما صغرت قيمته تزداد دقة التنبؤ.

تظهر النتائج بأن طريقة الاستيفاء الرياضي INTERPOLEATION هي الأكثر دقة حيث بلغت قيمة RMSE=206.8093 في طريقة KRIGING التابع الأسّي، أما في طريقة IDW فبلغت RMSE=195.2494 وعليه فإن طريقة IDW هي الطريقة الأفضل للتنبؤ بقيم النترات مكانياً في هذه المنطقة. الشكل (12)

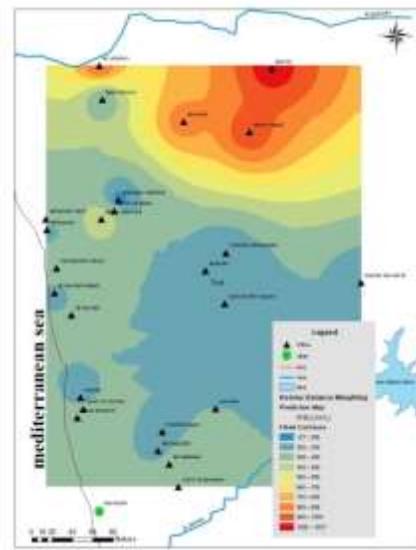
وبناءً على النتائج السابقة، أنجزت خرائط توزع النترات في المياه الجوفية باستخدام طريقة idw. الشكل (13).



الشكل (12) المقارنة بين طريقتي IDW و kriging التابع الأسّي من التحليل باستخدام ARCGIS10.2.2

وهذا ويتناسب أيضاً مع تلوث بئر تيشور بسبب وصول مياه الصرف الصحي إليها لعطل لم يستطع إلى الآن التخلص منه، ومع ابتعاد سبب التلوث عن الآبار تتخفف نسبة التلوث حتى تتلاشى في نطاقات بعيدة عن المنطقة ككل، كما تجدر الإشارة إلى أن التقرير الهيدروجيولوجي يبين أن المياه الجوفية الحرة في المنطقة المدروسة تتغذى من مياه الأنهار المحيطة بها وهي نهر الغمقة ونهر الابرش.

يبين الجدول (3) استخدامات المياه الجوفية في الري بناء على مواصفات القياسية السورية لمياه الري للعام 2008.



الشكل (13) توزيع شاردة النترات في جنوب محافظة طرطوس باستخدام طريقة **IDW** من التحليل باستخدام **ARCGis10.2.2**

الجدول (3) استخدامات مياه الري [13]

تركيز النترات ملغ/ل	استخدامات مياه الري
30 ≥	ري الأراضي القريبة من الحوامل الهيدروجيولوجية التي تستخدم مياهها الجوفية في الشرب خوفاً من تلوثها.
60	الري للمنتزهات والملاعب
70-60	الري للمساحات الخضراء والحدائق
80-70	ري الأشجار الحراجية
<80	غير مسموح الري منها

3. يلاحظ وجود تراكيز عالية جداً للنترات على كامل منطقة الدراسة، وبالتالي فإن مياه الضخ من هذه الآبار غير صالحة للشرب ولا للري وسقاية المزروعات وما يساعد على زيادة التلوث أن الحامل الهيدروجيولوجي للمياه الجوفية الحرة قريب من سطح الأرض وبالتالي إمكانية تلوثه كبيرة جداً.

4. يلاحظ أن كل منطقة الدراسة قد تجاوزت العتبة الحدية لتراكيز النترات المسموح بها بناء على مواصفات القياسية السورية، ومن المتوقع تزايد هذه المنطقة شرقاً وشمالاً في حال استمرار سبب التلوث، لذلك يجب اتخاذ الإجراءات الصحية لوقف هذا التلوث لحماية باقي

نلاحظ من هذه القيم أن المنطقة بالكامل غير صالحة للري بالمطلق لوجود تركيز عالي من النترات فيها، مع احتمالية تناقص هذا التأثير مع تقدم الوقت في المنطقة الجنوبية من منطقة الدراسة والتي من الممكن مع استمرار القياسات الحقلية والمتابعة وإيجاد حلول العودة لإمكانية استخدامها كمياه لري المزروعات.

الاستنتاجات

1. تظهر النتائج بأن طريقة **IDW** هي الأفضل والأدق بالمقارنة مع طريقة **KRIGING** للتنبؤ بالتوزيع المكاني للنترات في المياه الجوفية الحرة في المنطقة الجنوبية من سهل عكار (منطقة تيشور وماحولها).
2. توجد تبعية مكانية كبيرة لمتغير النترات بناء على طريقة **IDW**.

3. وضع جدول لتنفيذ التحاليل الكيميائية للمياه الجوفية في هذه المنطقة لدراسة تراكيز النترات وتوجيه الأهالي في المنطقة لاستخدامها بالشكل المناسب (كمياه شرب أو سقاية).

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

المنطقة بالإضافة لمعالجتها لتعود الابار لسخ مياه صالحة للشرب والسقاية من جديد.

التوصيات

1. تخطيط وتنفيذ خطط مراقبة دورية لنوعية المياه الجوفية والسطحية المتصلة بها.
2. شبكة مراقبة لشبكات الصرف الصحي في منطقة تيشور لإصلاحها والعمل على منع التسرب منها مستقبلاً.

المراجع References

1. Ponce, Victor. Groundwater utolization and sustainbility, www.groundwater.sdsu.edu , 3/2006.www.usgs.gov, Retrieved 11-12-2021.
2. MONTGOMERY. C.W. Enviromental Geology Fourth edition, Brown publisher, London, 1995, 496 p.
3. DOMENICO, P.A physical Chemical Hydrogeology Jon willy & son corp USA, 1998, 690 p.
4. حجار، سلوى. معالجة مياه الشرب، منشورات جامعة حلب، مديرية الكتب والمطبوعات، 2006، 34-365.
5. Robillard, D; et al, - Nitrate in Drinking Water. Agricultural and Biological Engineering Department USA,2006.
6. MEHRJARDI, R.T; JAHROMI, M.Z; MAHMUDI, SH; and HEIDARI, A. 2008 - Spatial distribution of groundwater quality with Geostatistics (case study: Yazard-Ardakan plain). World applied sciences journal No. 1 pp.09-17.
7. Safari, M., 2002. Determination filtration network of Groundwater using geostatistic method. M.Sc Thesis. Tarbiyat Modares University Agricultural Faculty, Persian Version.
8. Nazari Zade, F. and F. Arshadiyan Behnaz and Zand Vakily Kamran, 2006. Study of spatial variability of Groundwater quality of Balarood Plain in Khuzestan province. The first congress of optimized exploitation from water source of Karoon and Zayanderood Plain.Shahre kord University, Persian Version, pp: 1236-1240.
9. Istok, J.D. and R.M. Cooper, 1998. Geostatistics Applied to Groundwater Pollution. III: Global Estimates. Journal of Environmental Engineering, 114 (4): 915-928.
10. Dagostino, V., E.A. Greene, G. Passarella and M. Vurro, 1998. Spatial and temporal study of nitrate concentration in groundwater by means of coregionalization. Environmental Geology, 36: 285-295.
11. TUTMEZ. B; HATIPOGLU. Z. 2010 - Comparing two data driven interpolation methods for modeling nitrate distribution in aquifer. Ecological informatics. No. 5 pp. 311-315.
12. BIERKENS,F.P, (2010), Stochastic Hydrology, Department of Physical Geography, Utrecht University, Netherlands.
13. 18. PIERRE LE COINTE,(2006), Kriging with Partial Differential Equations in Hydrogeology, Canda.
14. 19. Bora Oz; Clayton V. Deutsch, (2006), Cross Validation for Selection of Variogram Model and Kriging Type: Application to IP Data from West Virginia, USA.
15. المواصفات القياسية السورية رقم 45 لعام 2007.