المجلة الليبية للعلوم الزراعية
المجلد (22): العدد (1): 2017: 19- 34

ورقة أصيلة

التغايرات المكانية لبعض خواص التربة الكيميائية لمنطقة سهل الجفارة (حالة دراسية: طرابلس، وادي المجينين، بن غشير).

مختار محمود العالم
قسم التربة والمياه - كلية الزراعة- جامعة طرابلس

المستخلص

إن استخدام طرائق التنبؤ المكاني في دراسة التغيرات المكانية لخصائص التربة الكيميائية لها يُمكّن من القدرة على تقدير البيانات غير المدروسة حقلياً. في هذه الدراسة اختيرت قطاعات التربة الممثلة لكل من طرابلس، وادي المجينين، وبن غشير لمعرفة التوزيع المكاني لكل من نسبة الصوديوم المتبادل (ESP) والسعة التبادلية الكاتيونية (CEC) ونسبة كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) باستخدام طريقتي Kriging و IDW. تم استخدام 250 قطاع تربة ممثل موزعة عشوائياً في منطقة الدراسة، 225 قطاع تربة ممثل استخدمت في التنبؤ المكاني لخصائص التربة الكيميائية المشار إليها و25 قطاع تربة ممثل استخدمت في تقييم النتائج المتحصل عليها بإحدى الطريقتين. أظهرت النتائج عدم إمكانية استخدام طريقة Kriging نوع Simple في التنبؤ المكاني لكل من ESP و CEC و $CaCO_3$ وذلك بالرغم من تحويلهم إلى الصورة اللورغاتمية للحصول على توزيع طبيعي يمكّن من استخدام طريقة Kriging. كما أوضحت النتائج عدم إمكانية الحصول على الاعتمادية المكانية التي يمكن الوثوق بها، مما أكد على استخدام طريقة IDW في تخريط كل من ESP و CEC و $CaCO_3$ لأنها أقل تعقيداً من طريقة Kriging. إن النتائج المتحصل عليها من استخدام طريقة IDW يمكن الوثوق بها وهذا ما أظهرته قيم الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (RMSE) ومعامل التحديد (R^2) لكافة الخصائص المدروسة. هذه الدراسة توصي باستخدام طرائق التنبؤ المكاني في دراسة التغايرات المكانية لخصائص التربة المختلفة.

الكلمات الدالة: كريكينج (Kriging)، مقلوب المسافة الوزنية (IDW)، الصوديوم المتبادل، السعة التبادلية الكاتيونية، كربونات الكالسيوم.

المقدمة

إن دراسة التغاير المكاني مهم في فهم صفات التربة (الطبيعية والكيميائية) والتعرف على كيفية أخذ العينات منها. إن فهم مصطلح التغايرات المكانية الموجود في خصائص التربة المختلفة يمكن الاستفادة منه في تطوير النماذج المستخدمة في دراسة صفات التربة وفي عملية إعداد خرائط التربة التفسيرية المختلفة (Bekele and Hudnall, 2006) . إن الهدف الأساسي من دراسة التغاير المكاني لخصائص التربة المختلفة هو الحصول على تفسير منطقي لهذه التغايرات، وأيضا التنبؤ بقيم خواص التربة المختلفة عند المواقع التي لم تؤخذ منها عينات التربة حقلية (De la Rosa; 1979; Burrough,1989; White *et al.*, 1997; Talkkari *et al.*, 2002). وفرت تقنية نظم المعلومات الجغرافية طرائق عدة في دراسة التغايرات المكانية الموجودة في التربة، حيث أثبتت هذه الطرائق بأنها مفيدة في فهم وتفسير

*للاتصال: مختار محمود العالم. قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة طرابلس ، طرابلس، ليبيا.
هاتف: 218925080367+ .البريد الالكتروني: mukhtarelaalem@yahoo.com

استلمت بتاريخ: 2017/2/26 أجيزت بتاريخ: 2017/4/26

التنبؤ المكاني لخصائص التربة المختلفة، فلقد استخدمت على نحو متزايد من قبل مختصي علم التربة في السنوات الأخيرة في دراسة التغايرات المكانية والزمانية لخصائص التربة الكيميائية والطبيعية (Burrough,1993; Santra *et al.*, 2008; Camachu *et al.*, 2009; Corwin and Lesch,2005; Fahad *et al.*, 1993; Hosseini *et al.*, 2009 ; Usowicz *et al.*, 2004) ، أتاحت بعض طرائق التنبؤ المكاني مثل طريقة مقلوب المسافة الوزنية (Inverse Distance Weighting) (IDW) وطريقة كريكينج (Kriging) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية التنبؤ المكاني للمواقع التي لم تؤخذ منها عينات، وأظهرت هذه الطرائق دقتها وجودتها العاليتين، حيث أثبت الباحث Gotway *et al.,* (1996)، وان استخدام طريقة IDW أمكن من خلالها التنبؤ المكاني لكل من المادة العضوية وتركيز النترات في التربة، وأن نتائج هذه الطريقة ذات جودة ودقة عاليتين مقارنة بطرقة Kriging في تخريط هذه الخصائص، وذلك من خلال حساب قيم الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (Root Mean Square Error) (RMSE) كمؤشر لتقييم خرائط التنبؤ المكاني لكل من المادة العضوية والنترات في التربة.

كما قارن Las lett *et al.,* (1987) طريقة Kriging مع طريقة IDW في التنبؤ المكاني لخاصية درجة التفاعل في التربة. وأوضحت نتائجهم أن طريقة كريكينج تعد أفضل من طريقة IDW، ويعزى السبب في ذلك إلى أن بيانات درجة تفاعل التربة المستخدمة في التنبؤ المكاني للمواقع غير المدروسة ذات توزيع طبيعي، واعتمادية مكانية (Nugget-Sill Ratio) مقبولة، وقيمة (RMSE) يمكن الوثوق بها، مقارنة بطريقة مقلوب المسافة الوزنية. وفي دراسة أخرى تمت بواسطة Warrick *et al.,* (1980) للتنبؤ المكاني لكل من النسبة المئوية للرمل ومعدل الرشح السطحي وتركيز كربونات الكالسيوم باستخدام طريقة Kriging، تم الحصول على نتائج مقبولة اعتماداً على الاعتمادية المكانية (Nugget-Sill Ratio) والجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (RMSE) والجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ المعياري (Root Mean Square Standardized Error) كمؤشرات لتقييم نتائج خصائص التربة المدروسة. وأشار الباحثون إلى أن طريقة Kriging توفر معايير لتقييم الخصائص المدروسة لم تتوفر في طريقة IDW، إلا أن هذه الطريقة تتطلب بيانات ذات جودة ودقة عاليتين وأيضاً ذات توزيع طبيعي جيد.

وبين Sokoti *et al.,* (2006) أن طريقة Kriging المستخدمة في التنبؤ المكاني لملوحة في التربة بسهل أورميا في إيران أعطت نتائج مرضية ودقيقة مقارنة بطريقة IDW، لما لها من قدرة عالية على التنبؤ ببيانات ملوحة التربة في المواقع التي لم تدرس إطلاقاً، وأوضحوا أن البيانات المستخدمة تتطلب شروطاً من بينها التوزيع الطبيعي للبيانات وإلمام بالمفاهيم الإحصائية المختلفة، وبينوا- أيضاً- أنها تعطي نتائج أفضل كلما صغرت قيمة الاعتمادية المكانية (Nugget-Sill Ratio).

كما أوضح جبير (2013) أن طريقتي IDW و Kriging أعطت نتائج جيدة لحساب التنبؤ المكاني داخل قطاع التربة لكل من قوام التربة والكثافة الظاهرية وملوحة التربة والمادة العضوية والسعة التبادلية الكاتيونية لبعض الترب في محافظة صلاح الدين بالعراق. وبين جبير (2003) أن النتائج المتحصل عليها من استخدام طريقة IDW كانت أفضل من نتائج طريقة Kriging إذا كانت قيمة الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ المنتجة من خلال هذه الطريقة أكبر من قيم الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ المتحصل عليها من طريقة IDW.

وفي دراسة Jabro *et a.l,* (2006) أشير إلى أن استخدام طرائق التنبؤ المكاني في دراسة صفات التربة تعمل على إنجاح برامج إدارة التربة واستغلالها الاستغلال الأمثل. وبينوا أن طريقتي Kriging و IDW مكنت الباحثين من دراسة وفهم التغير المكاني لخواص التربة بكفاءة وفعالية أكبر.

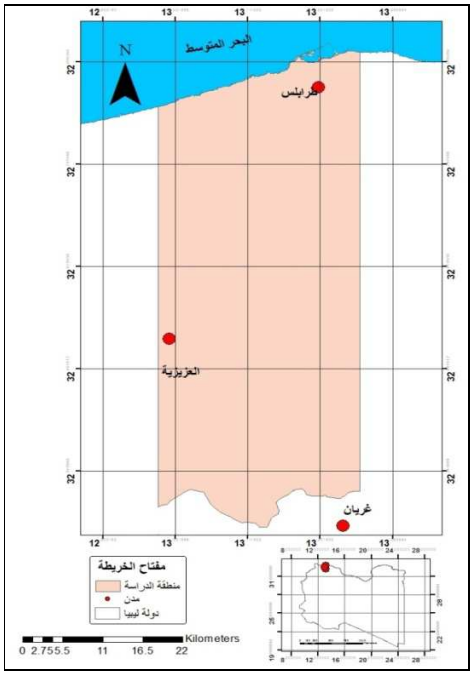
وبين (1980) Warrick *et al.,* و سليمان وجبير (2014) أن طريقة Kriging تعطي نتائج جيدة عندما تكون البيانات مرحلية وموزعة توزيعاً طبيعياً، شريطة أن يطبق هذا الأسلوب على مساحة محددة بين القيم وإلا سوف يعطي نتائج غير مقبولة.

إن استخدام طرائق التنبؤ المكاني في دراسة التغاير المكاني لخصائص التربة المختلفة لم تستخدم الا على نطاق محدود جداً على المستوى المحلى، حيث استخدم امحمد (2015) طريقتي IDW و Kriging في تخريط وتقييم الملوحة لبعض المحاصيل الزراعية في منطقة سواوة بسرت، وبين الباحث ان هذه الطرائق أعطت نتائج يمكن الوثوق بها في تتبع التغاير المكاني لبعض خصائص التربة الكيميائية. وبالتالي فإن هذه الدراسة تهدف إلى اختبار طرائق التنبؤ المكاني والمتمثلة في طريقتي IDW و Kriging في تخريط كل من CEC و ESP و $CaCO_3$ في التربة لبعض من لوحات التربة شبه التفصيلية في منطقة سهل الجفارة (لوحات: طرابلس، وادي المجنين، بن غشير) والمنجزة بواسطة شركةSolkhozprom Export في سنة 1980.

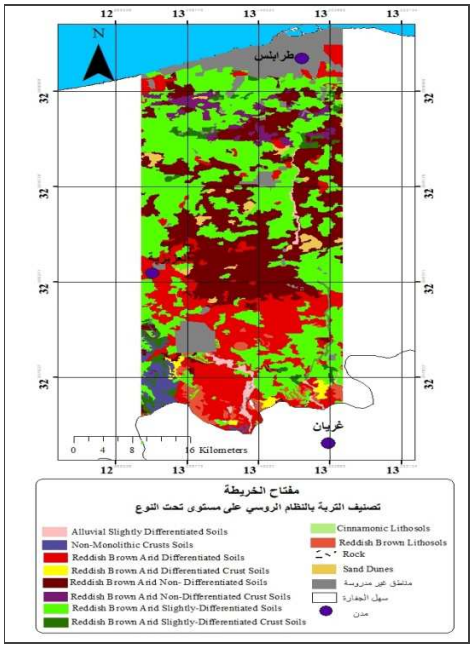
مواد و طرائق البحث

منطقة الدراسة وخصائصها:

تقع منطقة الدراسة بالتحديد ما بين خطي طول `45 $12^{o}$ ، `15 13^{o} شرقاً، ودائرتي عرض `52 $31^{o}$ ،`52 32^{o} شمالاً، وتبلغ مساحة المنطقة 150086 هكتار، وبعمق 72 كيلومتر في الشمال الشرقي، 64 كيلومتر في الشمال الغربي، وبعرض يصل إلى 23 كيلومتر كما هو موضح في الشكل (1). أشارت الدراسة التي قامت بها شركة سلخوزبروم إكسبورت Solkhozprom Export (1980) إلى أن منطقة الدراسة تحتوى على عدد من وحدات التربة التصنيفية على مستوى تحت النوع (Soil Subtype) (شكل، 2).



شكل1. الموقع العام لمنطقة الدراسة.



شكل2. توزيع الترب على مستوى تحت النوع في منطقة الدراسة.

البيانات المستخدمة في الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة، تم الحصول على خريطة التربة الرقمية وخريطة مواقع قطاعات التربة الممثلة (غير الرقمية) لمنطقة الدراسة بمقياس رسم 50,000:1، وتقرير التربة شبه التفصيلية من مشروع التخريط الزراعي بوزارة الزراعة.

تطبيق طرائق التنبؤ المكاني في تخريط ESP و CEC و $CaCO_3$ في التربة:

لتحقيق أهداف الدراسة، تم تقسيم آلية العمل إلى ستة مراحل، وهي:

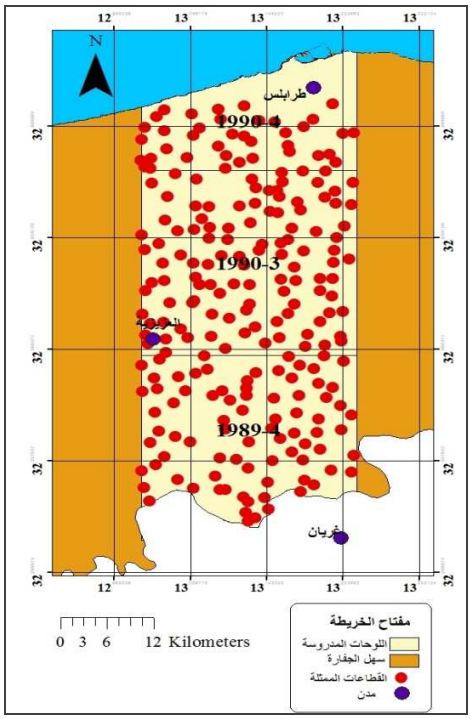
مرحلة التصحيح الجغرافي للخرائط: تم خلال هذه المرحلة عملية التصحيح الجغرافي لخرائط مواقع قطاعات التربة الورقية (غير الرقمية) لتتلائم مع خريطة تصنيف التربة الرقمية (مصححة جغرافياً مسبقاً) لمنطقة الدراسة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS10.1).

مرحلة إدخال البيانات المكانية وغير المكانية وتخزينها: في هذه المرحلة تم إدخال إحداثيات قطاعات التربة والبالغ عددها 250 قطاعاً ممثلاً موجودة في منطقة الدراسة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (شكل، 3).

بعد ما تم تأسيس قاعدة بيانات مكانية لقطاعات التربة الممثلة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، تم إدخال البيانات غير المكانية لكل من ESP و CEC و $CaCO_3$ للتربة لعدد 250 قطاع تربة ممثل في ملف اكسل وتصنيفها للعمق المؤثر في التربة، ومن ثم حفظها وربطها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

مرحلة تحليل البيانات الاستكشافية (Exploratory Data Analysis):

تتيح برمجيات نظم المعلومات الجغرافية إجراء عملية تحليل للبيانات، وذلك للتحقق من التوزيع الطبيعي لها، والذي يشمل استخدام المدرج التكراري (Histrogram) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية الذي يستند على استخدام بعض المفاهيم الإحصائية في إيجاد المقاييس الإحصائية الرقمية للمتغيرات، والمتمثلة في القيمة الدنيا للبيانات(Min)، والقيمة العظمى(Max)، والمتوسط (Mean)، والانحراف المعياري (Standard Deviation)، والوسيط (Median)، والالتواء (Skewness)، والتفلطح (Kurtosis)، والمنوال (Mode)، والمدى الربيعي (Quadratic Range).



شكل3. قطاعات التربة الممثلة في منطقة الدراسة.

تم خلال هذه المرحلة إجراء التحليل الإحصائي لكل من ESP و CEC و $CaCO_3$ لبيانات 225 قطاع تربة ممثل، وذلك للتعرف على التوزيع الطبيعي لها، فالبيانات التي لم يتوفر فيها التوزيع الطبيعي للخاصية سوف تؤثر في اختيار طريقة التنبؤ المكاني. كما تم تحويل بيانات الخصائص غير المتماثلة إلى الصورة اللوغارتمية (Logarithmic Transformation)، وذلك للتحقق من مدى إمكانية استخدام طريقة Kriging من عدمه. إن طريقة Kriging تتوقف- أيضاً- على حساب الاعتمادية المكانية (Nugget-Sill Ratio) للخصائص المدروسة. حيث

أشار Cambardella *et al.*, (1994) إلى أن الاعتمادية المكانية تكون قوية عندما تصل قيمتها إلى أقل من 25 %، ومتوسطة عندما تكون ما بين 25- 75 %، وضعيفة عندما تكون أكبر من 75 %. وبالتالي فإن بيانات خصائص كل من ESP و CEC و $CaCO_3$ والتي تتحقق فيها شروط طريقة Kriging سوف تستخدم هذه الطريقة في التنبؤ المكاني لها، أما بيانات الخصائص التي لم يتوفر فيها التوزيع الطبيعي والاعتمادية المكانية فقد تم استخدام طريقة IDW للتنبؤ المكاني لكل من ESP و CEC و $CaCO_3$، إذا لا تتطلب هذه الطريقة سابقة الذكر.

مرحلة تخريط ESP و CEC و $CaCO_3$ باستخدام طريقة (Kriging):

تستخدم طريقة Kriging لتحليل التباين المكاني للعينات، وتنتج خرائط ذات سطوح مستمرة، وتعتمد على تحديد الخصائص الإحصائية للمجال المقاس، وهي من أكثر الطرق تعقيداً؛ لأن البيانات المستخدمة يشترط فيها التوزيع الطبيعي (Normally Distributed)، ومستقرة (Stationary) ولا اتجاه لها (trends No)، وأيضا وجود لفرضية الارتباط الخطي بين البيانات (Laslett *et al.*, 1987)، ويمكن التعبير رياضياً عن طريقة Kriging من خلال المعادلة التالية:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n} [Z(\chi_i) - Z(\chi_i + h)]^2 \quad (1)$$

حيث تمثل $\gamma(h)$ متوسط مربع الاختلافات الموجودة بين المشاهدات المكانية التي تبعد عن بعضها البعض، h المسافة الفاصلة بين كل زوج من المشاهدات، Z القيمة المقاسة للخاصية في أي موقع χ_i، n عدد أزواج المشاهدات التي تبعد عن بعضها بالمسافة h، $Z(\chi_i)$ تمثل الخاصية المدروسة.

طريقة Kriging تستخدم كل من الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (Root Mean Square Error) (RMSE)، الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ المعياري (Root Mean Square Standardized Error) (RMSSE)، ومتوسط الخطأ المعياري (Standardized Error Mean) (MSE) في تقييم نتائجها (Ahmedi and Sedghamiz, 2007).

تعتمد طريقة Kriging على حساب مخطط التباين أو ما يعرف بالفاريوجرام (Variogram)، ودالة التباين النصفي (Semivariance)، ومن ثم مطابقتها بأحد النماذج الرياضية مثل النموذج الكاسي (Gaussian) والدائري (Circular) والكروي (Spherical) والأسي (Expotinatil) والتي تتباين فيما بينها في قدرتها على التنبؤ بقيم الخواص أو الخصائص في المواقع التي لم يتم تخريطها (Warrick *et al.*, 1980; Goovaerts, 1997). كما أن هذه النماذج يتم من خلالها ربط العلاقة ما بين مربع الاختلافات والمسافة; أي: أن العلاقات الإحصائية بمنطقة الدراسة تعتمد على المسافة. ويحتوي الفاريوجرام على كل من: Nugget (C0) يمثل مستوى التباين العشوائي داخل البيانات، المدى (Range) يشير إلى المسافة في Semivariogram التي تصل إلي قيمة Sill، Sill (C0+C) يبين الخط المجاور للمنحني حيث التباين التركيبي يبلغ قيمته القصوى (Cynthia *et al.*, 2000).

إن إمكانية تطبيق طريقة Kriging من خلال هذه الدراسة في تخريط كل من ESP و CEC و $CaCO_3$ يعتمد على نتائج مرحلة تحليل البيانات الاستكشافية. فإذا ما تحققت شروط هذه الطريقة والمشار إليها في المرحلة الأولى فإنه سوف يتم تطبيقها، أما في حالة عدم إمكانية تطبيقها فان طريقة IDW يمكن أن تستخدم عوضاً عنها في التنبؤ المكاني وتخريط كل من ESP و CEC و $CaCO_3$، وهذا ما أظهرته العديد من الدراسات السابقة المشار إليها سلفاً. في حالة ما تحققت شروط تطبيق طريقة Kriging فإنه سوف يتم استخدام 225 قطاع تربة ممثل من أصل 250 قطاع تربة ممثل في التنبؤ المكاني للخصائص المشار إليها، ومن ثم تقييم الخرائط المنتجة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية بالاعتماد على الجذر التربيعي لمتوسط مربع

الخطأ (RMSE)، الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ المعياري (RMSSE)، ومتوسط الخطأ المعياري (MSE).

مرحلة تخريط ESP و CEC و $CaCO_3$ باستخدام طريقة (IDW):

تعتبر طريقة مقلوب المسافة الوزنية (IDW) من الطرائق التقديرية التي لا تعتمد على نظرية الاحتمالات في حسابها، بل تعتمد على الاستفادة من البيانات المقاسة في مواقع محددة في المنطقة من أجل الحصول على بيانات في نقاط لا تتوفر فيها أية قياسات حقلية. تعتمد منهجية هذه الطريقة في الأساس على مفهوم قانون الجغرافيا لتوبلر (Tobler, 1970)، والذي ينص على أن " كل شيء يرتبط بكل شيء آخر ولكن الأشياء الأقرب ترتبط ببعضها أكثر من الأشياء البعيدة"; أي: أن كل نقطة معلومة يكون لها وزن معين يدخل في الحساب. بالإمكان وصف المعادلة الرياضية المستخدمة في حساب (IDW) على النحو التالي:(4)

$$Z^*(u) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \, z(u_i) \qquad (2)$$

$$\lambda_i = \frac{\left[\frac{1}{d_i^p}\right]}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^p}} (i = 1, \dots, n) \qquad (3)$$

حيث تمثل d_i المسافة بين النقطة المراد تقدير قيمة الخاصية عندها والنقطة المعلومة i، $Z^*(u)$ النقطة المراد تقدير الخاصية عندها، $Z(u_i)$ النقطة المعلومة عندها قيم الخاصية i ترمز للنقطة p أس المسافة لتحديد الوزن، λ معامل الوزن على أساس المسافة.

تتلخص فكرة الوزن في إعطاء أوزان خاصة للنقطة عند حساب المركز المتوسط، حيث إن الأوزان لا تعتمد فقط على المسافة الفاصلة بين النقاط، إنما تعتمد- أيضاً- على التوزيع المكاني لهذه النقاط والذي يعتمد بدوره على الارتباط الذاتي بين النقاط، ومن عيوب هذه الطريقة أن الخرائط المنتجة بها عيون كروية أو ما يعرف باسم (Bulls eyes) (Fotheringham and Rogerson,1993).

ويشترط في تطبيق هذه الطريقة أن تكون البيانات في صورة نقطية أو شبكية، ومعرفة قيمة الظاهرة المدروسة في المناطق غير المقاسة، كما يشترط أن تكون كافة القيم المتوقعة محصورة ضمن مجال الحدين الأعلى والأدنى في العينة (المحمد وآخرون، 2005) .

توفر طريقة IDW من خلال برمجيات نظم المعلومات الجغرافية أسلوباً إحصائياً لتقييم النتائج المستنبطة، وذلك من خلال حساب متوسط الخطأ (Mean Error) (ME)، والجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (Root Mean Square Error) (RMSE)، حيث تشير قيم ME و RMSE الأقرب إلى الصفر إلى أن التنبؤات أكثر دقة وثقة، ويمكن حساب كل من RMSE و ME من المعادلة الرياضية التالية:

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}} \sum_{i=1}^{n} \left(\chi_p - \chi_m\right)^2 \qquad (4)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} |Z^*(\chi_p) - Z(\chi m)| \qquad (5)$$

حيث تمثل n عدد البيانات أو القطاعات، χ_p تمثل القيمة المقدرة (المتنبأ بها) للخاصية المدروسة، χ_m تمثل القيمة المقاسة للخاصية المدروسة، Z* النقطة المراد تقدير الخاصية عندها.

سوف يتم في هذه الدراسة تطبيق طريقة IDW للحصول على خرائط التنبؤ المكاني لكل من ESP و CEC و $CaCO_3$ في حالة عدم توفر شروط طريقة Kriging المشار إليها سابقاً. لو استخدمت طريقة IDW في هذه الدراسة فإنه سوف يتم الاعتماد- أيضاً- على 225 قطاع تربة ممثل من أصل 250 قطاع تربة ممثل موجودة في منطقة الدراسة. إن الخرائط المنتجة خلال هذه الطريقة سوف يتم تقييمها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية من خلال حساب الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (RMSE)، والذي يتأثر بقيمة أس المسافة لتحديد الوزن (P) وفقاً للمعادلة (3)، حيث

تعتبر خرائط التنبؤ المكاني المنتجة أكثر ثقة ودقة كلما اقتربت قيم جذر متوسط مربع الخطأ من الصفر.

مرحلة تقييم صلاحية خرائط التنبؤ المكاني لكل ESP و CEC و $CaCO_3$:

حددت صلاحية الخرائط المتحصل عليها من هذه الدراسة باستخدام 25 قطاع تربة ممثل (10 % من القطاعات الموجودة في منطقة الدراسة) اختيرت عشوائياً ولم يتم استخدامها مطلقاً في التنبؤ المكاني لخصائص التربة المدروسة والذي تم من خلاله تحديد النماذج المعتمدة. حيث أجريت في هذه المرحلة مطابقة البيانات المقاسة لعدد 25 قطاع تربة ممثل مع خرائط التنبؤ المكاني للخصائص (القيم المتنبأ بها). عملية مطابقة بيانات 25 قطاع تربة ممثل (بيانات مقاسة) مع خرائط التنبؤ المكاني سوف تفيد من تحديد القيمة المقاسة (25 قطاعاً) والمتنبأ بها لكل من خرائط ESP و CEC و $CaCO_3$ عند نفس المواقع. حيث تم استخدام تقنية تحليل الانحدار لتقدير دقة القيم المتحصل عليها من IDW على النحو التي توضحه المعادلة (6):

$$y = \alpha x \qquad (6)$$

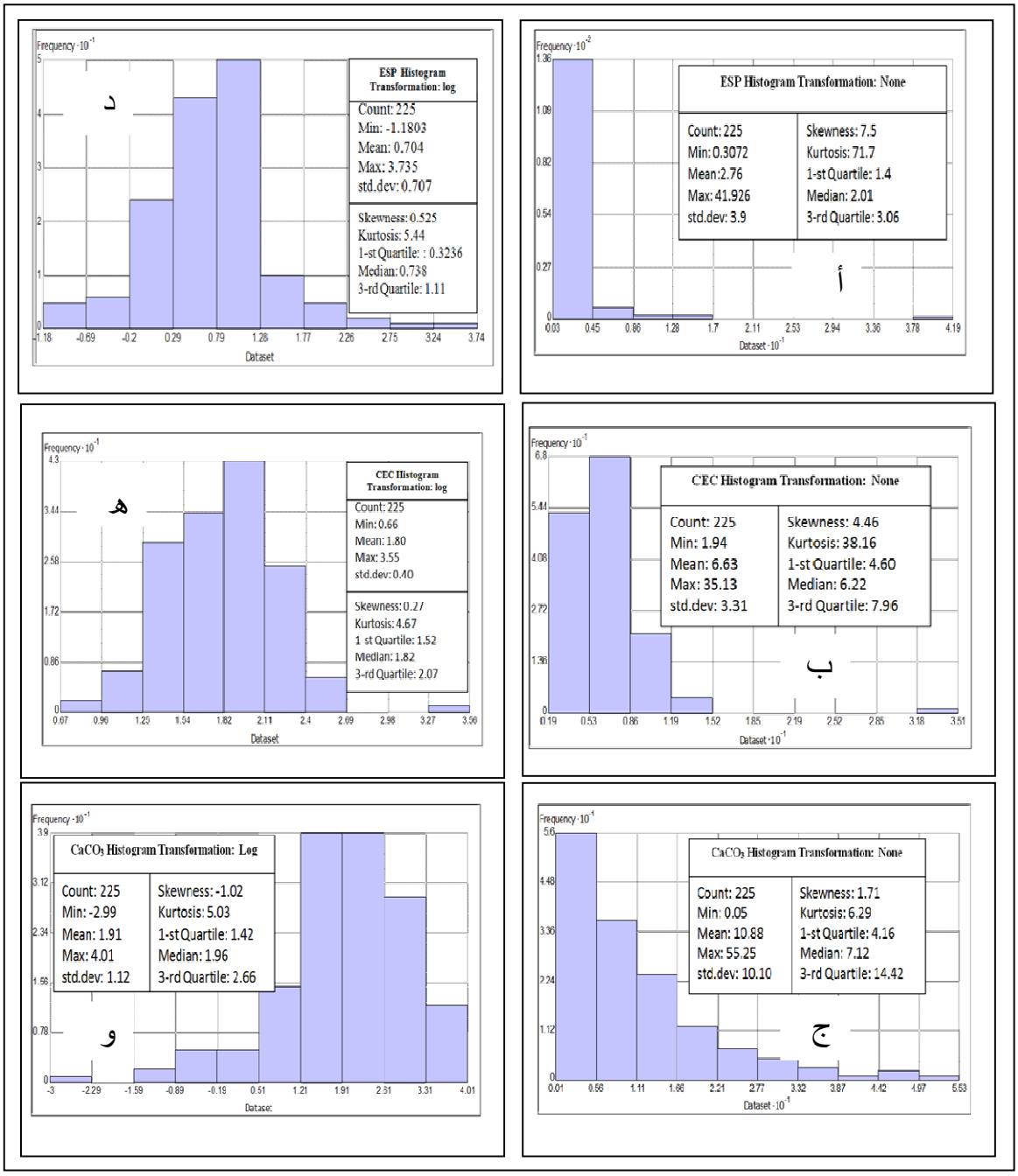
حيث تمثل قيم α قيمة ميل العلاقة بين القيمة المقاسة للخاصية المدروسة (x) والقيمة المقدرة (y) باستخدام (IDW). وتبين المعادلة أنه عند تساوي القيمة المقاسة للخاصية المدروسة (x) مع القيمة المقدرة باستخدام (IDW). فإن قيمة الميل (α) تساوي واحد. كما تشير قيم معامل التحديد (R^2) المتحصل عليه من استخدام تقنية تحليل الانحدار إلى مقدرة المعادلة (5) على تفسير التغير في القيم المقدرة باستخدام (IDW) الناشئ عن التغير في القيم المقاسة. وتشير قيم α القريبة من الواحد إلى ارتفاع دقة تقديرات المعادلة (6).

النتائج والمناقشة

نتائج تحليل البيانات الاستكشافية لكل من ESP و CEC و $CaCO_3$:

أظهرت نتائج تحليل البيانات الاستكشافية من خلال استخدام المدرج التكراري في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لتحديد طريقة التنبؤ المكاني لكل من ESP وCEC و $CaCO_3$، أن البيانات المتوفرة عن هذه الخصائص لا تتوفر فيها شروط التوزيع الطبيعي، وبالتالي تم اللجوء إلى تحويل البيانات إلى الصورة اللورغاتمية. وقد لوحظ أن خاصيتي كل من ESP و CEC عند تحويلهما إلى الصورة اللوغارتمية أمكن الحصول على توزيع طبيعي لهاتين الخاصيتين، أما فيما يتعلق بخاصية $CaCO_3$ فلم تظهر البيانات توزيعاً طبيعياً أو متماثلاً، مما يدل على عدم أمكانية تطبيق طريقة Kriging (شكل 4)، وبالتالي فإن طريقة IDW هي الأنسب للتنبؤ المكاني لهذه الخاصية. تم تطبيق طريقة Kriging من النوع البسيط (Simple) للتنبؤ المكاني لكل من خاصيتي ESP و CEC المحولتين إلى الصورة اللوغارتمية، وعند حساب الفاريوجرام ودالة التباين النصفي (Semivariance)، ومطابقتها مع كل من النموذج الكاسي، والدائري، والكروي، والأسي للتعرف على مدى إمكانية الحصول على خرائط ذات اعتمادية مكانية (Nugget-Sill Ratio) قوية، اتضح أن الاعتمادية المكانية المتحصل عليها لكل من ESP و CEC كانت ضعيفة وذلك على النحو الموضح في الجدول (1).

تظهر النتائج الموضحة في الجدول (1) أيضاً أن طريقة Kriging نوع Simple لا تصلح للتنبؤ المكاني وذلك لأن الاعتمادية المكانية المتحصل عليها لكل من ESP و CEC من كافة نماذج Kriging المستخدمة في هذه الدراسة كانت أكبر من 75 %، وذلك بالرغم من تحويل البيانات إلى الصيغة



شكل 4. الخصائص الإحصائية (أ، ب، ج) غير اللوغارتمي و (د، هـ، و) اللوغارتمي لكل من ESP و CEC و $CaCO_3$ على التوالي.

اللورغاتمية، ويعزى ذلك إلى ارتفاع مدى المسافة المؤثرة ما بين القطاعات الممثلة المدروسة. مما يدل على عدم جدوى الحصول على خرائط التنبؤ المكاني لهاتين الخاصيتين بطريقة Kriging نوع Simple مع كافة النماذج المستخدمة، المكاني لكل من ESP و CEC، $CaCO_3$، لأن هذه الطريقة ليس من شروطها تحقق التوزيع المتماثل للبيانات وأيضاً لا تعتمد على حساب الاعتمادية المكانية للخاصية المدروسة.

جدول 1. خصائص دالة التباين النصفي لنموذج Kriging نوع Simple.

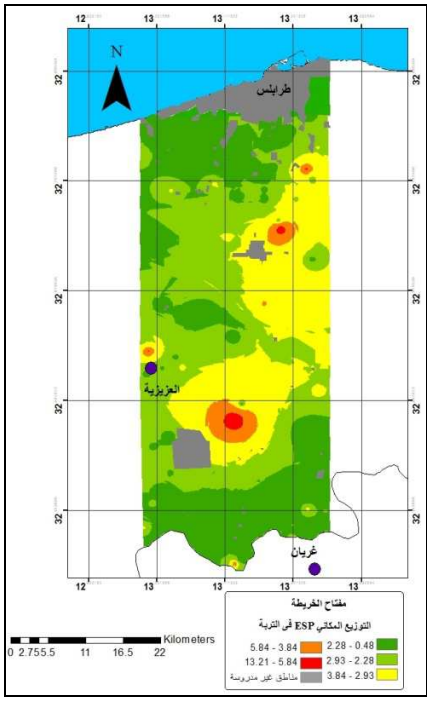
الخاصية	النموذج	Nugget	Partial Sill	Sill	الاعتمادية المكانية Nugget-Sill Ratio	تصنيف الاعتمادية المكانية
ESP	الكاسي	0.5	0	0.5	100	ضعيفة
	الدائري	0.5	0	0.5	100	ضعيفة
	الكروي	0.5	0	0.5	100	ضعيفة
	الأسي	0.5	0	0.5	100	ضعيفة
CEC	الكاسي	0.112	0.02	0.132	84.8	ضعيفة
	الدائري	0.102	0.02	0.122	83.6	ضعيفة
	الكروي	0.101	0.03	0.131	77.0	ضعيفة
	الأسي	0.113	0.01	0.123	91.8	ضعيفة

نتائج تخريط ESP بطريقة (IDW):

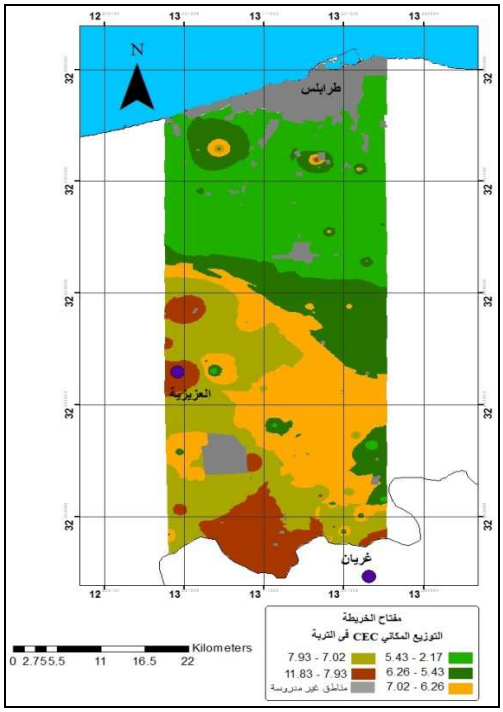
أظهرت نتائج تخريط ESP بطريقة IDW، أن 35.3 % من منطقة الدراسة ذات مستويات من ESP في حدود ما بين 2.28 - 2.93 %، بينما 30.6 % و 24.4 % و 2.4 % و 0.4 % من منطقة الدراسة ذات مستويات من ESP في حدود 0.48 - 2.28 % و 2.93 - 3.84 % و 3.84 - 5.84 % و 5.84 - 13.21 % على التوالي (الشكل، 5).

نتائج تخريط CEC بطريقة IDW:

أظهرت نتائج تخريط CEC بطريقة IDW، أن 28.9 % من منطقة الدراسة ذات مستويات من CEC في حدود ما بين 2.17 و 5.43 ملي مكافئ / 100 جرام تربة، بينما 20.7 % و20.7 % و 14.7 % و 8.1 % ذات مستويات من CEC في حدود ما بين 6.25 - 7.02 و 7.02 - 7.93 و 5.43 - 6.26 و 7.93 - 11.83 ملي مكافئ / 100 جرام تربة على التوالي (شكل، 6).



شكل 5. التوزيع المكاني لخاصية ESP في التربة بطريقة IDW.

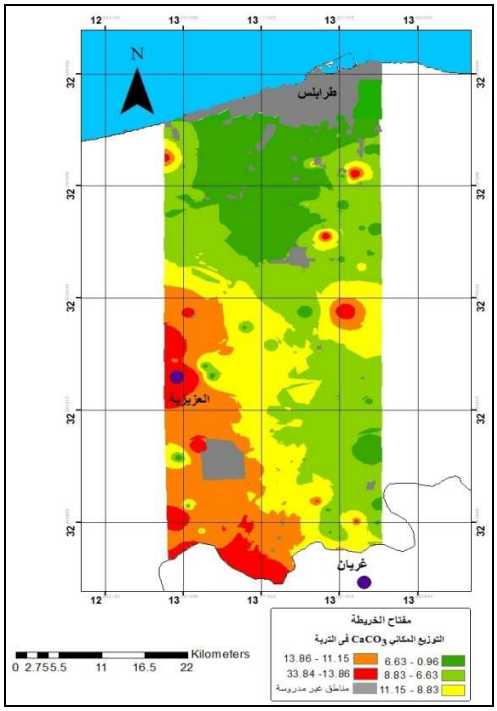


شكل 6. التوزيع المكاني لخاصية CEC في التربة بطريقة IDW.

نتائج تخريط $CaCO_3$ بطريقة IDW:

عند الاعتماد على طريقة IDW في تخريط $CaCO_3$، تبين أن 31.7 % من منطقة الدراسة تم تخريطها ذات مستويات من $CaCO_3$ ما بين6.63 - 8.83 %، بينما 20.8 % و 17.9 % و 17.4 % و 5.1 % من منطقة الدراسة تم تصنيفها ذات مستويات من $CaCO_3$ في حدود ما بين 8.83 - 11.15 % و 0.96 - 6.63 % و 11.15 - 13.86 % و 13.86 - 33.84 % على التوالي (شكل، 7).

خرائط التوزيع المكاني المشار إليها في الأشكال 5 و 6 و 7 متحصل عليها من خلال استخدام 225 قطاع تربة ممثل. هذه الخرائط معتمدة في إنتاجها على اختيار أفضل أس (Best Power) والذي أتاح الحصول على قيم منخفضة من الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (RMSE). إن قيم RMSE و MAE لكل من ESP و CEC و $CaCO_3$ في التربة المتحصل عليها من هذه الدراسة ذات قيم يمكن الوثوق بها لأنها ذات دقة وجودة عاليتين (جدول 2).



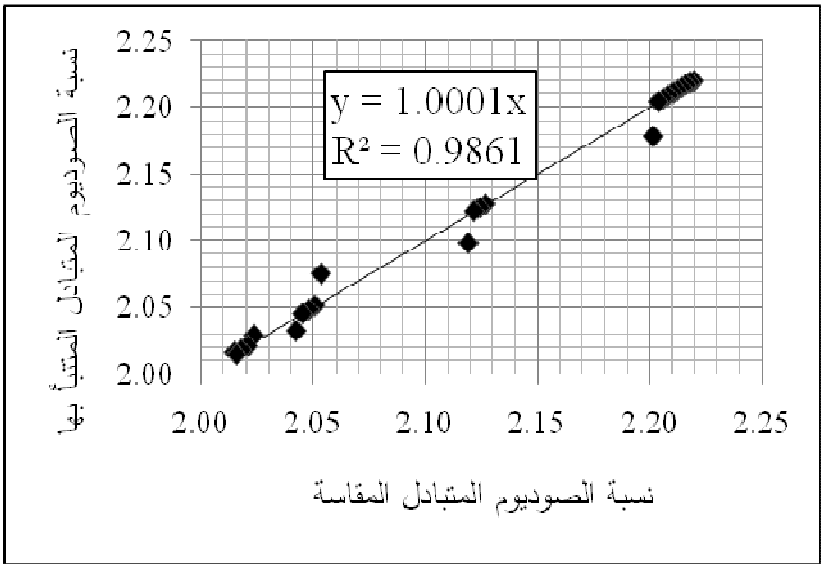
شكل 7. التوزيع المكاني لخاصية $CaCO_3$ في التربة باستخدام طريقة (IDW).

صلاحية خرائط التنبؤ المكاني:

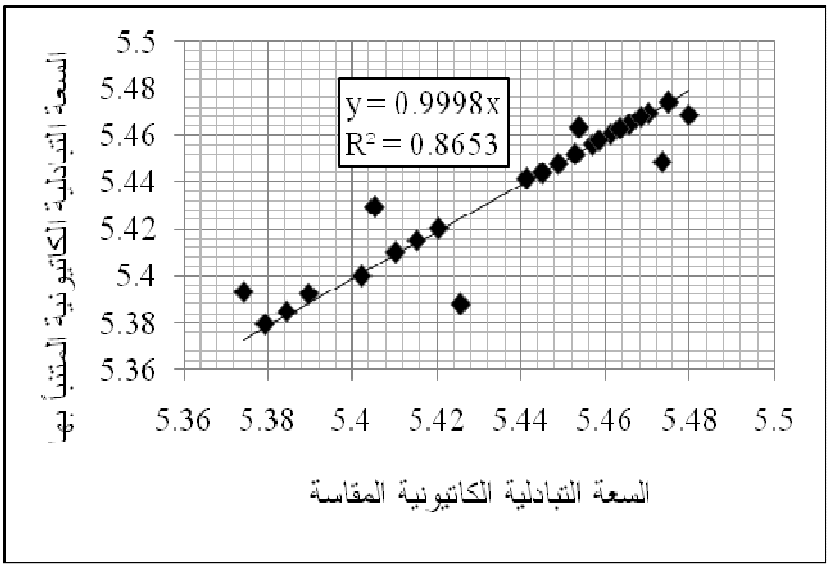
لتحديد صلاحية خرائط التنبؤ المكاني لكل من ESP وCEC و $CaCO_3$ والمنتجة بطريقة IDW، تم استخدام عدد 25 قطاع تربة ممثلاً عشوائياً لتحديد القيم المقاسة والمتنبأ بها لهذه الخصائص عند نفس المواقع. ويتبن من خلال معامل التحديد (R^2) أن معامل التحديد الذي يربط العلاقة ما بين القيم المقاسة (الفعلية) والقيم المتنبأ بها (المقدرة) يساوي 0.98 و 0.99 و 0.98 لكل من ESP وCEC و $CaCO_3$ في التربة على التوالي (الشكل 8 و 9 و 10)، مما يدل على وجود ارتباط طردي قوي لهذه الخصائص، وبالتالي صلاحية خرائط التنبؤ المكاني للخصائص المتحصل عليها بالاعتماد على طريقة IDW في منطقة الدراسة.

جدول 2. تقييم جودة نتائج خرائط التنبؤ المكاني لكل من ESP و CEC و $CaCO_3$.

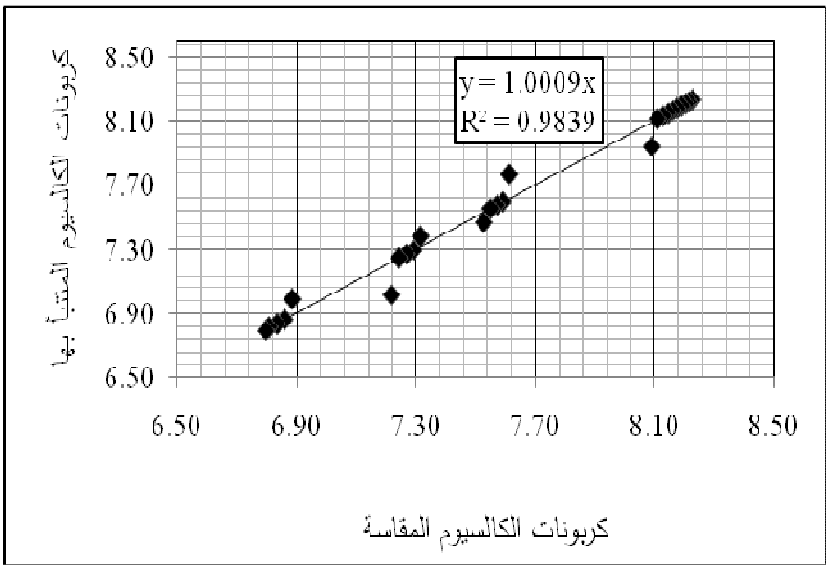
الخاصية	أفضل أس (Best Power)	متوسط الخطأ (MAE)	الجذر التربيعي متوسط مربع الخطأ (RMSE)
(%) ESP	2.9	$10^{-6} \times 1.56$	0.02
CEC (ملي مكافي / 100 جرام تربة)	1.9	$10^{-6} \times 3.42$	0.03
(%) $CaCO_3$	1.5	$10^{-6} \times 4.36$	0.08



شكل 8. العلاقة ما بين قيم ESP المقاسة والمتنبأ بها.



شكل 9. العلاقة ما بين قيم CEC المقاسة والمتنبأ بها.



شكل 10. العلاقة ما بين قيم $CaCO_3$ المقاسة والمتنبأ بها.

الاستنتاج

إن استخدام طرائق التنبؤ المكاني مثل طريقتي Kriging و IDW مهمة في التعرف على التوزيع المكاني لخصائص التربة المختلفة، وذلك لقدرتها على التنبؤ بقيم الخصائص المدروسة في المواقع التي لم تؤخذ منها عينات حقلية. نستنتج من هذه الدراسة أن استخدام طريقة Kriging نوع Simple في التنبؤ المكاني لكل من ESP وCEC و $CaCO_3$ يعتمد بدرجة كبيرة على دقة وجودة البيانات المستخدمة والتوزيع الطبيعي لها وأيضاً الحصول على اعتمادية مكانية مقبولة. كما أستنتجت هذه الدراسة أنه على الرغم من تحويل بيانات خصائص التربة

المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد (22)، العدد (1) 2017: 19-34

المدروسة من الصورة العادية إلى الصورة اللوغارتمية للحصول على توزيع طبيعي للبيانات، ومن خلال حساب دالة التباين النصفي والفاريوجرام ومطابقتها مع نماذج Kriging المختلفة اتضح عدم إمكانية استخدم طريقة Kriging وذلك لعدم القدرة في الحصول على القيم المقبولة للاعتمادية المكانية (Nugget-Sill Ratio) التي يمكن الوثوق بها في دراسة التنبؤ المكاني لهذه الخصائص. كما استنتجت هذه الدراسة قدرة طريقة IDW في التعرف على التنبؤ المكاني لكل من ESP و CEC و $CaCO_3$ حيث أنها أعطت نتائج يمكن الوثوق بها، وذلك من خلال حساب الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (RMSE) ومعامل التحديد (R^2) ما بين القيم المقاسة والمتنبأ بها. كما أظهرت هذه الدراسة الضرورة الملحة إلى تأسيس قاعدة بيانات مكانية وغير مكانية لخصائص التربة المختلفة، وذلك لتتبعها مكانياً وزمنياً في الدراسات المستقبلية.

المراجع

1. المحمد، ياسر وشريف حايك ودراين برجيه. 2013. مقارنة بين طريقتي IDW و Kriging للتنبؤ بالتوزع المكاني للنترات في المياه الجوفية في منطقة الغوطة الشرقية دمشق. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الأساسية. 35 (2): 25 - 41.
2. امحمد، مفتاح علي محمد. 2015. تقييم وتخريط ملوحة التربة للمحاصيل المروية باستخدام طرق الإحصاء المكاني (Geostatistics) والدراسات الحقلية بمنطقة سواوة. رسالة ماجستير، جامعة طرابلس، طرابلس - ليبيا، 107 صفحة.
3. جبير، أمل راضي .2013. دراسة التغايرات المكانية واستحصال العينات لبعض صفات التربة في شمال تكريت باستخدام مفاهيم الإحصاء الجيولوجي عن طريق نظام المعلومات الجغرافية (GIS). مجلة الفرات الزراعية. 5 (3): 268 - 279.
4. سليمان، عبد الحليم على و أمل راضي جبير.2014. دراسة التغاير المكانية لبعض الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة في وسط السهل الرسوبي باستخدام مفاهيم الإحصاء البيدولوجي. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية. 14 (1): 236 - 245.
5. Ahmadi, S. and Sedghamiz, A. 2007. Geostatistical Analysis of Spatial and Temporal Variations of Groundwater Level. Environmental monitoring and assessment, 129: 277–294.
6. ArcGIS software, version 10.1. 2012. Environmental Systems Research Institute (ESRI), New York.
7. Bekele, A. and Hudnall, W. 2006. Spatial Variability of Soil Chemical Properties of a Prairie–Forest Transition in Louisiana, plant soil, 280 (1): 7–21.
8. Burrough, P. A. 1993. Problems of Superim Posed Effects in The Statistical Study of The Spatial Variation of Soil Agricultural .Water Management, Netherlands, 6: 123 - 143.
9. Burrough, P. A. 1989. Fuzzy Mathematical Methods for Soil Survey and Land Evaluation. Journal of Soil Science, 40: 447- 492.
10. Camachu, T.; Jesus, H.; Luengas C. A. and Fabio R. L. 2009. Effect of Agricultural Intervention on the Spatial Variability of Some Soils Chemical Properties in the Eastern Plains of Colombia. Chilean Journal of Agricultural Research 68(1): 42 -55.

11. Cambardella, C. A.; Moorman, T. B.; Novak, J. M.; Parkin, T. B.; Turco, R. F. and Konopka, A. E. 1994. Field-Scale Variability of Soil Properties in Central Lowa Soils. Soil Science Society of American Journal, 58: 1501-1511.
12. Corwin, D.L. and Lesch, S. M. 2005. Characterizing Soil Spatial Variability with Apparent Soil Electrical Conductivity Part 11. Case Study .Computers and Electronics in Agriculture, 46:135 -152.
13. Cynthia, S. A. W.; Joseph, M. W. and Stephen, R.Y. 2000. Characterizing the Spatial Structure of Vegetation Communities in the Mojave Desert Using Geostatistical Techniques. Computer Geo-science 26: 397 – 410.
14. Davidson, D.A. 1992. The Evaluation of Land Resources. London: Longman Group.
15. De la Rosa, D. 1979. Relation of Several Pedological Characteristics to Engineering Qualities of Soil. Journal of Soil Science, 30: 793 –799.
16. Fahad, A. A.; Shib, R. M.; Al-Siaykaly, A. A. and Razaq, I. B.1993. Spatial Variability of Field Soil Salinity Using Geostatistical Techniques. Basra, Journal Agricultural Science, 6 (1).
17. FAO, 1993. Guidelines for Land Use Planning. FAO Development Series, Rome. Food and Agricultural Organization of the United Nations.
18. Fotheringham, A. S and Rogerson, P. A. 1993. GIS and Spatial Analytic Problem. International Journal of Geographic Information System, 7(1): 3 -19.
19. Goovaerts, P. 1997. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. New York: Oxford University Press.
20. Gotway, C. A.; Ferguson R. B. and Hergert G. W. 1996. The Effects of Mapping and Scale on Variable-Rate Fertilizer Recommendations for Corn. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. P. C. Robert, R. H. Rust and W. E. Larson (ed.) pp. 321-330.
21. Hoobler, B. M.; Vance, G. F.; Hamerlinck, J. D.; Munn L. C. and Hayward J. A. 2003. Applications of Land Evaluation and Site Assessment (LESA) and a Geographic Information System (GIS) in East Park County, Wyoming'. Journal of Soil and Water Conservation. 58: 105 -112.
22. Hosseini, E.; Gallich, J. and Marcot, D. 2009. Theoretical and Experimental Performance of Spatial Interpolation Methods for Soil salinity analysis. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers. 37:1799 - 1907.
23. Jabro, J. D.; Sterens, W. B.; Evans, R. G. and Iversen, W. M. 2006. Spatial Variability and Correlation of Selected Soil Properties in The Ap. horizon of A CR P Grass land. 26 (3):419 - 428.
24. Laslett, G. M.; Bratney, Mc. Pahl, A. B. and Hutchinson, M. F. 1987. Comparison of Several Spatial Prediction Methods for Soil pH. Journal of Soil Science. 38: 325 - 341.

25. Santra, P.; Chopra, U. K. and Chkraborty, D. 2008. Spatial Variability of Soil Properties and its Application in Predicting Surface Map of Hydraulic Parameters in an Agricultural Farm. Current Science, 95: 937-945.
26. Soil Survey Staff. 1993. Soil Survey Manual, U.S.D.A. Hand Book No. 18, U.S. Government Printing Office Washington.
27. Sokoti, S.; Mahdian, M.; Mahmoodi, SH. and Ghahramani A. 2006. Comparison the Applicability of Some Geostatistics Methods to Predict Soil Salinity, a Case Study of Urmia Plain. J Pajuhesh and Sazandegi, 74 (1): 90 - 98.
28. Solkhozprom Export. 1980. Soil Ecological Expedition, USSR. Soil Studies in the Western Zone. Secret of Agricultural Reclamation and Land Development. Tripoli, Libya.
29. Talkkari, A.; Lauri, J. and Markku Y. H. 2002. Geostatistical Prediction of Clay Percentage Based on Soil Survey Data Agricultural Journal.11: 381- 390.
30. Tobler, W. 1970. A computer Movie Simulating Urban Growth in The Detroit Region". Economic Geography, 46 (2): 234 - 240.
31. U.S.D.A. , NRCS. 2010. Keys to Soil Taxonomy .Soil Survey Staff. Eleventh Addition.
32. Usowicz, B.; Hajnos, M.; Sokołolwska, Z.; Józefaciuk, G.; Bowanko, G. and Kossowski, J. 2004. Spatial Variability of Physical and Chemical Soil Properties in a Field and Commune Scale. Acta Agrophys 3:5 – 90.
33. Warrick, A. W.; Nielsen, D. R. and Hillel, D. 1980. Spatial Variability of Soil physical Properties in The Field. Applications of Soil Physics, New York: Academic Press. 319 - 344.
34. White, J. G.; Welch, R. M. and Norvell, W. A. 1997. Soil Zinc Map of USA Using Geostatististics and Geographic Information System. Soil Science Society of America Journal, 61:185 -194.

THE LIBYAN JOURNAL OF AGRICULTURE
Volume (22): No. (1): 2017: 19-34

Spatial Variability of Some Soil Chemical Proprieties in Jeffara Plain, Libya (Case Study: Tripoli, Wadi Almjainin and Bin Ghashir)

Mukhtar Mahmud Elaalem

Department of Soil and Water- Faculty of Agriculture - University of Tripoli

Abstract

Determining variabilities of soil properties is important for ecological modeling, environmental predictions, precise agriculture, and management of natural resources. This study was aimed to examine Kriging and Inverse distance weight (IDW) to predict the spatial variability of Exchangeable Sodium Percentage (ESP), Cation Exchange Capacity (CEC) and Calcium Carbonate Percentage (% $CaCo_3$). The study area selected for this work consists of Tripoli, Wadi Almjainin, and Bin ghashir, soil profile sheets.

Data for 250 randomly distributed representing soil profiles were encoded in spreadsheets, 225 of them were used for predicting the spatial variability in the GIS environment for ESP, CEC and % $CaCo_3$. The rest of Data (i.e. 25 representative soil profiles) were utilized to evaluate the maps produced using Kriging or IDW methods.

The results showed that using Simple Kriging method for spatial prediction of ESP, CEC and % $CaCo_3$ was unsuitable due to the higher range of Nugget-Sill Ratio (i.e. spatial dependency). Whilst the result produced using IDW method was more trustable because the values of RMSE and R^2 for all the IDW maps were within the acceptable range. The study suggested adopting the Geostatistical methods for studying spatial prediction for different soil proprieties.

Key Words: Kriging, Inverse Distance Weight (IDW), ESP, CEC, $CaCO_3$.

*Corresponding Author: Mukhtar Mahmud Elaalem. Dep. of soil and water, Fac. of Agriculture, Univ. of Tripoli, Tripoli, Libya. Phone: .+218925080367. E-mail:mukhtarelaalem@yahoo.com

Received: 26/2/2017 Accepted: 26/4/2017