

التغيرات المكانية لبعض الخواص الطبيعية للتربة

Kriging and Cokriging - ٢

عبدرب الرسول موسى عمران، وجيه علي المصطفى، ومرسي مصطفى مرسي

قسم علوم التربة، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض

(ورد البحث في ٢٥/١٢/١٤١٤هـ؛ وقُبل للنشر في ٦/٨/١٤١٥هـ)

ملخص البحث. هذه التجربة صممت لدراسة الاختلافات المكانية لبعض الخواص الفيزيائية للتربة الجيرية في محطة الأبحاث والتجارب الزراعية (جامعة الملك سعود) بديراب. وقد تم استخدام الطرق الجيوإحصائية لتحليل الاختلافات المكانية لكل من معدل التسرب المائي والكثافة الظاهرية لقطاع طوله ٥٠٠م والمسافة بين العينة والأخرى كانت ٥٠ (١٠٠ عينة).

في هذه التجربة تم حساب نموذج التباين المشترك Variogram لكل من معدل التسرب المائي والكثافة الظاهرية لمواقع الـ ١٠٠ عينة، وكذلك لمواقع جديدة على امتداد القاطع بمسافة ٥٠م بين العينة والأخرى بدلاً من ٥ أمتار. كما تم حساب نموذج التباين المشترك المزدوج Cross variogram لخاصية معدل التسرب المائي والكثافة الظاهرية للمواقع نفسها (١٠٠ عينة). ومن ثم إيجاد علاقة التباين المشترك في تحديد العدد الأولي للعينات التي يجب أن تؤخذ لوصف التباين على امتداد القاطع. ولقد اتضح من النتائج أنه يمكن تخفيض عدد المواقع من ١٠٠ إلى ١١ موقعاً (أي المسافة بين العينات أصبحت ٥٠م تقريباً بدلاً من ٥ أمتار) دون فقد التغيرات الموجودة على امتداد القاطع. ومن الفوائد الأخرى لقياس كل من Kriging and cokriging عمل الخرائط الكنتورية لخواص التربة المختلفة (الفيزيوكيميائية) في الحقل إذا توافرت بعض المعلومات عنها في مواقع مختلفة من الحقل الزراعي.

المقدمة

وجد العمران Al-omran وآخرون [١] أن تحديد التغيرات المكانية للخواص الطبيعية للتربة مهمة في توفير إدارة جيدة للحقل الزراعي. وبالتأكيد يمكن أن تقدر قيم أي خاصية من خواص التربة لو ارتبطت بعلاقة رياضية ثابتة وتكون خطية مثلاً مع خاصية أخرى. ولكن

تكمن المشكلة في وجود متغير آخر وهو المكان. أيضاً وجد العمران Al-omran وآخرون [١] أنه يمكن تحديد علاقة التباين المشترك Variogram لأي خاصية في التربة ومنها يمكن الاستفادة في تحديد قيم للخاصية نفسها من الموقع نفسه أو في مواقع جديدة في الحقل، وقد سميت هذه الطريقة السابقة بطريقة Kriging نسبة للعالم Krige عندما استخدم الطرق الجيواحصائية في المناجم بجنوب أفريقيا. وبالإمكان استخدام خاصيتين من خواص التربة في تحديد وتوقع البيانات لإحدى الخواص وتسمى هذه العملية بـ Kriging [٢-٥].

ولقد تمت الاستفادة من الطرق الجيواحصائية الحديثة وخاصة Kriging في تقدير قيم بعض خواص التربة في المواقع غير المقاسة بعد حساب قيم التباين المشترك لهذه الخواص. ولقد استخدم كل من [٦] Davs [٧] Journal [٨] Webster هذه الطرق في دراستهم لوصف بعض خواص التربة وتحديد مواقع أخذ العينات واستخدامها في مجال ملوحة الترب. أما Ahuja و [٩] Nielsen فقد استخدموا في دراستهم على قيم معدلات التسرب المائي في التربة. بينما Warrick & Nielsen [١٠]، ص ٣١٩-٣٤٤. [١١] Campbell وكذلك [١٢] Vauclin et al استخدموا Kriging لدراسة ووصف بعض الخواص الطبيعية للتربة كالقوام والمحتوى الرطوبي. وهذه الدراسات أوضحت أنه يمكن استخدام طريقة Kriging في التوقع بقيم الخواص المختلفة في الترب الزراعية ورسم الخرائط الكنتورية لهذه الخواص في تلك الترب.

أهداف البحث

- ١ - استخدام الطرق الجيواحصائية وخاصة Kriging and Cokriging في تحليل بيانات كل من معدل التسرب المائي والكثافة الظاهرية للترب الجيرية.
- ٢ - التوقع بقيم معدلات التسرب المائي والكثافة الظاهرية في مناطق غير مقاسة على امتداد خط القياس.
- ٣ - الاستفادة من هذه النماذج الرياضية في تقليل عدد العينات للحقل المراد دراسته.

التجربة والبيانات

تم أخذ بيانات وقياسات كل من معدل التسرب والكثافة الظاهرية لقطاع طوله

٥٠٠ م بمسافة بين عينة وأخرى ٥ أمتار. يقع هذا القاطع في الجزء الشمالي الغربي من مزرعة ديراب. بمحطة الأبحاث والتجارب الزراعية - جامعة الملك سعود - ديراب. يتميز هذا القاطع من الحقل بأن الجزء الجنوبي منه تزداد فيه نسبة الرمل والحصى عن الجزء الشمالي. ولقد تم قياس التسرب المائي Infiltration باستخدام طريقة الأسطوانة المزدوجة - والتي تتكون من أسطوانتين مختلفتي الأقطار، فالداخلية قطرها ٢٣ سم، والخارجية بقطر ٧٥ سم مع خزان مائي. تم إدخال الأسطوانتين إلى داخل التربة لمسافة ٥ سم من سطح التربة بدقة [١٣، ١٥]. كذلك تم تقدير الكثافة الظاهرية للمواقع نفسها التي تم فيها قياس التسرب المائي [١٦]، وذلك باستخدام طريقة أسطوانة التربة لعمق (صفر-١٥ سم).

النظريات

يمكن الرجوع إلى تفاصيل المعادلات المستخدمة في [٢، ٥، ١١] لتحديد قيم بعض البيانات المقاسة في الحقل بطريقة Kriging والتي يجب أن تحدد علاقة شبه التباين لهذه البيانات المقاسة على امتداد الحقل باستخدام المعادلة التالية:

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

حيث:

$$\gamma(h) = \text{شبه التباين}$$

$$n(h) = \text{عدد ازدواج البيانات «المشاهدات»}$$

$$Z(x_i) = \text{قيم الخاصية } Z \text{ (معدل التسرب) عند موقع } x_i$$

$$Z(x_{i+h}) = \text{قيم الخاصية السابقة نفسها عند موقع } (x_{i+h})$$

$$h = \text{المسافة بين موقعين}$$

وبعد حساب قيم شبه التباين ورسم العلاقة بينها وبين المسافة والتي تسمى Variog-ram فإنه يمكن استخدام أحد النماذج الرياضية وليكن النموذج الكروي Spherical لوصف هذه العلاقة على النحو التالي:

هذه العلاقة على النحو التالي :

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1.5 \left(\frac{h}{a} \right) - 0.5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] \dots \dots \dots (٢)$$

حيث :

C_0 = ثابت التوزيع العشوائي «Nugget»

C_1 = ثابت التغيرات المكانية «Sill»

a = المدى الذي تتحقق فيه العلاقة «Range»

وبعد الحصول على النموذج الرياضي الذي يصف قيم التباين المحسوبة يتم استخدام طرق تقدير البيانات كما وضعت في المعادلتين رقم ١، ٢ بالمعادلة التالية :

$$Z^*(X_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(X_i) \dots \dots \dots (٣)$$

حيث :

$Z^*(x_0)$ = معامل تقدير قيم ((Z)) الحقيقية غير المعروفة .

n = عدد النقاط أو البيانات المتجاورة والمستخدمه في تقدير Kriging

λ_i = الثابت الموزون

ويتم تقدير λ_i من المعادلة التالية :

$$\sigma^2(X_0) = \mu + \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(X_i - X_0) \dots \dots \dots (٤)$$

حيث :

$\sigma^2(X_0)$ = التباين المقدر عند النقطة X_0

μ = مضروب Lagrangion المتحصل عليه من أقل تباين Kriging .

$$\gamma(X_i - X_0) = \text{شبه التباين للخاصية } Z \text{ عند المسافة } (X_i - X_0)$$

ويستخدم نموذج التباين المحسوب Fariogram من المعادلة رقم (٢) للحصول على قيم μ و λ_i والتي استخدمت في معادلة رقم (٣)، ومن ثم استخدام هذه القيم في المعادلة رقم (٤) لحساب القيم الجديدة المقدرة لخواص التربة المدروسة في مواقعها القديمة أو في مواقع جديدة في الحقل وتقدير التباين.

وتستخدم طرق Cokriging لدراسة التباين المشترك بين خاصيتين من خواص التربة. وللحصول على تقدير لإحدى هذه الخواص من مواقع جديدة غير مقاسة أو في مواقعها القديمة تستخدم المعادلة التالية:

$$Z(X_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_{1i} Z(X_i) + \sum_{i=1}^n \lambda_{2i} H(X_i) \dots \dots \dots (٥)$$

حيث:

$Z(X_0)$ = أقل تباين مقدر بدون تميز للخاصية الأولى (معدل التسرب المائي).

X_i = مسافة مواقع كل من الخاصية الأولى (Z) وهي معدل التسرب المائي والخاصية

الثانية (H) وهي الكثافة الظاهرية.

λ_1, λ_2 = ثوابت

ونحسب قيم $Z(X_0)$ من المعادلة التالية:

$$\sigma^2(X_0) = \mu + \sum_{i=1}^n \lambda_{1i} \gamma_{12}(X_{1i} - X_0) + \sum_{i=1}^n \lambda_{2i} \gamma_{21}(X_{2i} - X_0) \dots (٦)$$

حيث:

$$\begin{aligned} \mu &= \text{مضروب Lagrangion المتحصل عليه من أقل تباين.} \\ \gamma(X_i - X_0) &= \text{شبه التباين للخاصية H (الكثافة الظاهرية)} \\ \sigma^2(X_0) &= \text{التباين المشترك المقدر} \end{aligned}$$

ويتم تقدير التباين المشترك باستخدام المعادلة التالية:

$$\gamma_c(h) = \frac{1}{2} n(h) \sum_{i=1}^{n(h)} \lambda_i [Z(X_i) - Z(X_{i+h})] [H(X_i) - H(X_{i+h})]$$

حيث:

$\gamma_c(h)$ = التباين المشترك لخاصيتي معدل التسرب المائي والكثافة الظاهرية على امتداد القاطع.

$Z(X_i)$ = قيمة التباين للخاصية الأولى (معدل التسرب المائي) عند المسافة (X_i) .

$Z(X_{i+h})$ = قيمة التباين للخاصية الأولى (معدل التسرب المائي) عند المسافة (X_{i+h}) .

$H(X_i)$ = قيمة التباين للخاصية الثانية (الكثافة الظاهرية) عند المسافة (X_i) .

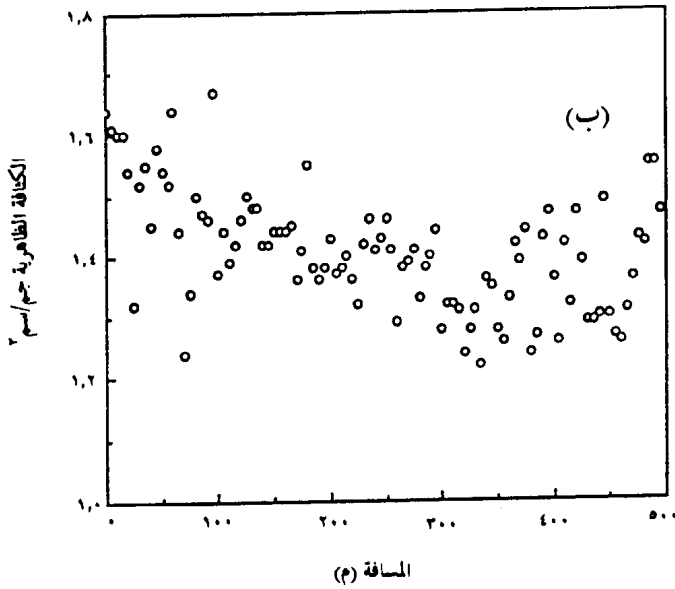
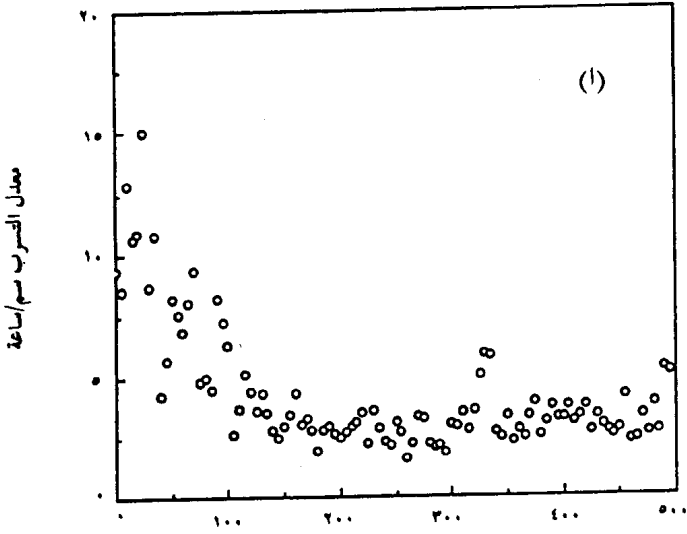
$H(X_{i+h})$ = قيمة التباين للخاصية الثانية (الكثافة الظاهرية) عند المسافة (X_{i+h}) .

النتائج والمناقشة

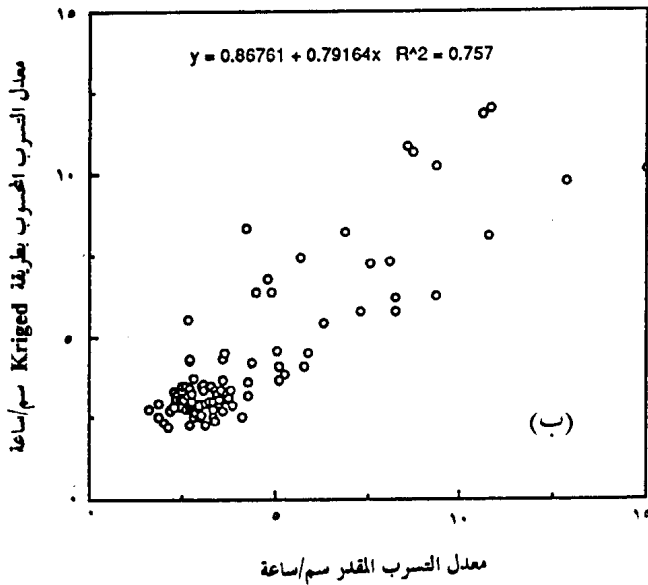
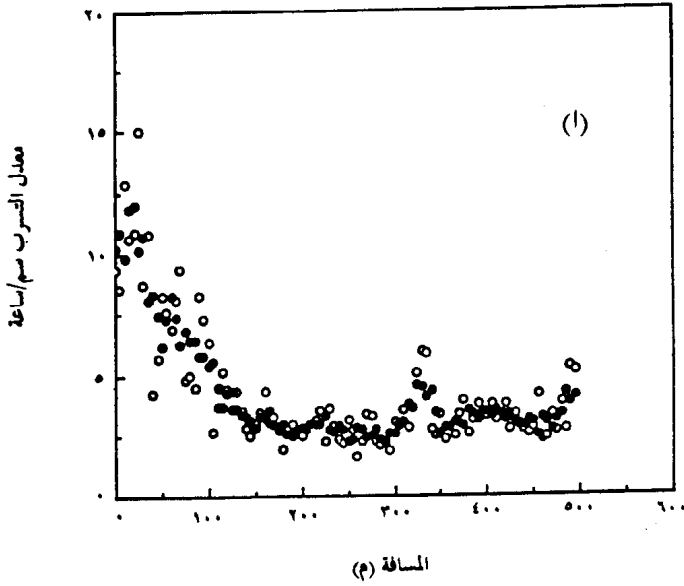
يوضح الشكل رقم ١ (أ- ب) الاختلافات في قيم معدل التسرب المائي Infiltration والكثافة الظاهرية Bluk density المقاسة على امتداد الحقل. يتضح من هذا الشكل وجود

اختلافات في هذه القيم على امتداد القاطع . فقد وجد أن قيم معدل التسرب المائي (الشكل رقم ١ - أ) مرتفعة في الجزء الجنوبي من القاطع (١٠-١٥ سم / ساعة)، ثم تبدأ في الانخفاض عند ١٥٠ م من الجهة الجنوبية وبعدها تبدأ في انخفاض قيم معدل التسرب حتى تتراوح ما بين ٢-٦ سم / ساعة في الجهة الشمالية . أما الكثافة الظاهرية فهي أيضاً تختلف على امتداد القاطع (الشكل رقم ١ - ب)، حيث يظهر بوضوح مدى الاختلافات في الجهة الجنوبية من القاطع وبدرجة أقل من الجهة الشمالية .

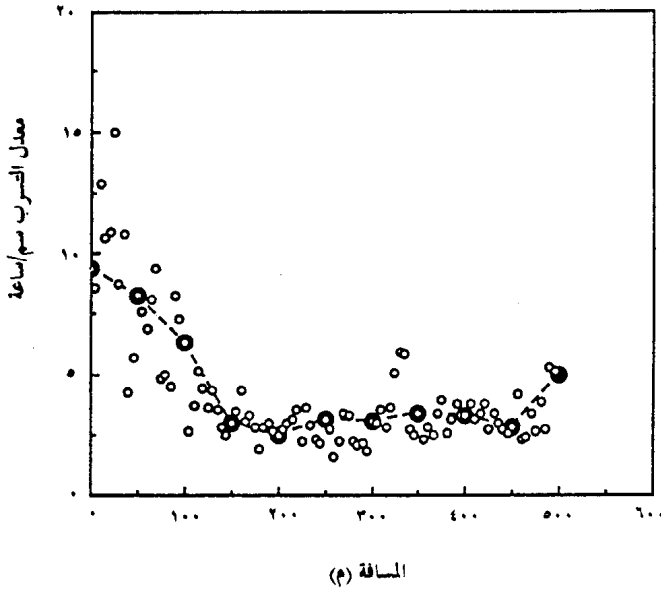
ولقد تم استخدام معدلات التباين والتقدير Kriging المشار إليها سابقاً بوساطة برامج لتحديد قيم التقدير Kriging and Cokriging. إن الشكل رقم ٢ (أ، ب) يوضح قيم معدلات التسرب المائي لقاطع التربة بطول ٥٠٠ م المقاسة من الحقل الزراعي والمحسوبة أيضاً باستخدام معادلة رقم (٥) . وكذلك العلاقة الخطية بين قيم معدلات التسرب المائي المقاسة والمحسوبة . ولقد استخدمت هذه الطريقة في تقدير جميع قيم معدلات التسرب المائي ، حيث استخدمت معادلة التباين ، وتم تقدير هذه الخاصية لكل نقطة من أربع نقاط مجاورة لها والموضحة في شكل رقم (١٢) . وقد قام Vaucelin وآخرون [١٢] باستخدام هذه المعدلات في تحديد قيم المحتوى الرطوبي في الحقل من بعض المواقع المقاسة . ويوضح الشكل رقم ٣ قيم معدلات التسرب باستخدام طريقة التقدير Kriging في مناطق جديدة على امتداد خط القياس . باستخدام جميع البيانات السابقة لمعدل التسرب . ومن الملاحظ أنه باستخدام بيانات ١٠٠ موقع لمعدل التسرب لتحديد ١١ موقعاً جديداً على امتداد القاطع لهذه الخاصية - يلاحظ من الشكل أن قيم معدلات التسرب المائي المقدرة تقع ضمن قيم معدلات التسرب المقاسة على امتداد القاطع . لقد وضع الباحثان Ahuja & Nielsen [٩] في دراستهما لمعدل التسرب المائي في الحقل أنه يمكن تخفيض عدد المواقع في الحقل من ١٢٦٤ موقعاً إلى ٢٥٦ موقعاً فقط دون التأثير على معنوية الاختلافات الموجودة على امتداد القاطع في الحقل وذلك باستخدام طرق التقدير Kriging . وفي دراستنا يتضح أنه يمكن تخفيض مواقع قياس معدلات التسرب المائي من ١٠٠ إلى ١١ موقعاً فقط (بمعدل ٥٠ م تقريباً بدلاً من ٥ أمتار) دون التأثير على معنوية الاختلافات الموجودة على امتداد القاطع .



شكل رقم ١ . (أ) الاختلافات المكانية المقاسة لمعدل التسرب .
 و(ب) الكثافة الظاهرية على امتداد القاطع .

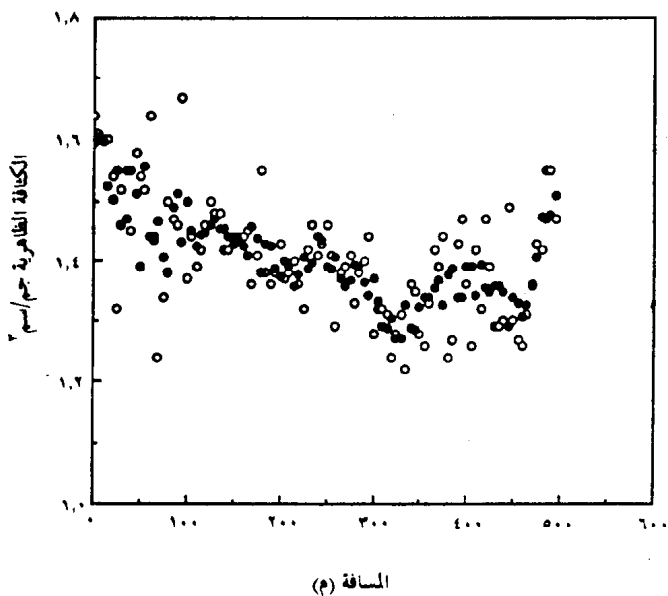


شكل رقم ٢ . (ا) معدلات التسرب المقاسة \circ والمقدّرة بطريقة (Kriging) \bullet على امتداد قطاع التربة .
 و(ب) العلاقة الخطية بين القيم المقاسة والمحسوبة .

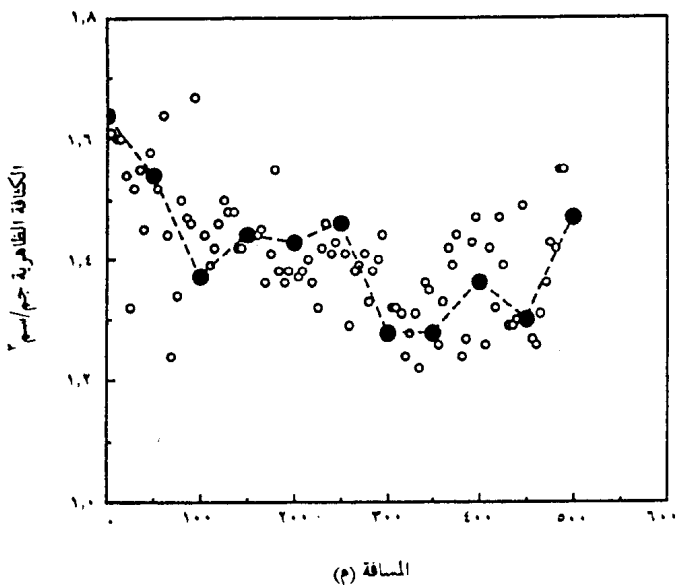


شكل رقم ٣ .. معدلات التسرب المقاسة \circ والمقدّرة بطريقة (Kriging) \bullet لمواقع جديدة على امتداد القاطع .

ولقد تم تطبيق المعادلات نفسها للخاصية الثانية المقاسة (الكثافة الظاهرية)، حيث يوضح شكل رقم ٤ قيم الكثافة الظاهرية المقاسة والمحسوبة باستخدام معادلة رقم (٥). بينما يوضح الشكل رقم ٥ قيم الكثافة الظاهرية المقاسة على امتداد الحقل للقيم المحسوبة للمواقع الجديدة (١١ موقعاً فقط).



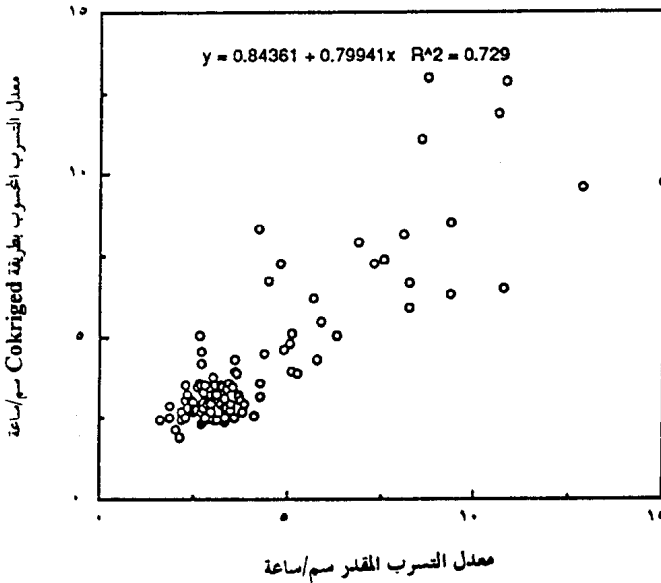
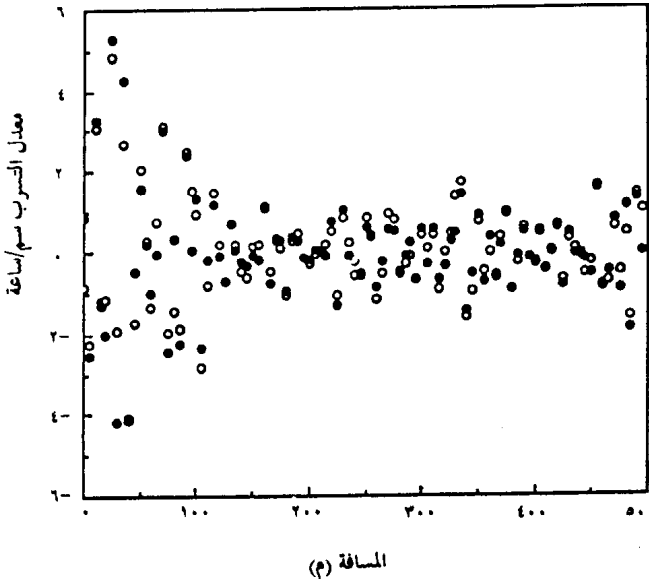
شكل رقم ٤ . الكثافة الظاهرية المقاسة \circ والمقدرة بطريقة (Kriging) \bullet على امتداد قطاع التربة.



شكل رقم ٥ . الكثافة الظاهرية المقاسة \circ والمقدرة بطريقة (Kriging) لمواقع جديدة \bullet على امتداد الحقل.

يوضح الشكل رقم ٦ (أ، ب) العلاقة بين قيم الفرق في معدلات التسرب باستخدام قيم معدلات التسرب المائي بطريقة Kriging وباستخدام قيم كل من التسرب المائي والكثافة الظاهرية بطريقة Cokriging . ويتضح من الشكل أن طريقة التقدير من القيم نفسها (Kriging) تعتبر أكثر دقة من تقدير قيم معدلات التسرب المائي باستخدام هذه القيم والكثافة الظاهرية بطريقة Cokriging . وأن قيم عامل الارتباط r^2 للعلاقة الخطية بين معدلات التسرب المائي المقاسة والمحسوبة بطريقة Cokriging تساوي ٠,٧٣, (شكل رقم ٦ - ب) في حين كانت هذه القيم r^2 تساوي ٠,٧٦ (شكل رقم ٢ ب) للعلاقة الخطية بين المعدلات المقاسة والمحسوبة بطريقة Kriging .

ويمكن أن نستخلص من هذه النتائج أنه يمكن استخدام الطرق الجيوإحصائية هذه في وصف الخواص الطبيعية للتربة على امتداد الحقل وتحديد عدد العينات ومواقعها التي يجب أن تؤخذ لوصف الاختلافات المكانية في الحقل . وفي هذه الدراسة تم أخذ قاطع واحد فقط من الجنوب إلى الشمال ولتوافرت بيانات لمواقع مختلفة من الحقل فإنه يمكن الاستفادة من هذه الطرق الجيوإحصائية في رسم خرائط كتورية للخواص المختلفة في الحقل . فمثلاً بتحديد مواقع معدلات التسرب المنخفضة في الحقل والتي تؤدي إلى تجمع وتراكم مياه الري المستخدمة يمكن تقليل كميات الري المضافة لهذه المناطق وبالتالي زيادة كفاءة إدارة الحقل . كما يمكن تحديد مواقع لخواص أخرى مختلفة في الحقل قد تؤدي في النهاية إلى رفع كفاءة وإنتاجية الحقل .



شكل رقم ٦ . (أ) الفرق في معدلات التفرق المقاسة وطريقة (Kriging) ○ وطريقة (Cokriging) ● .
 (ب) العلاقة الخطية بين القيم المقاسة والمحسوبة بطريقة (Cokriging) .

المراجع

- Al-Omran, A.M.; Al-Mustafa, W.A.; and Mursi M.M. "Spatial Variability of Some Soil Physical Properties." I. Autocorrelation, Cross-correlation and Variogram., *Submitted*. (1994). [١]
- Warrick, A.W.; Mullen, G.J.; and Nielsen, D.R. "Prediction of Soil Water Flux Based Upon Field Measured Soil Water Properties." *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41, No.1 (1977), 14-19. [٢]
- Biggar, J.W. and Nielsen. D.R. "Spatial Variability of Leaching Characteristics of Field Soil." *Water Resour. Res.*, 12, No.1 (1976), 78-84. [٣]
- Sharma, M. L.; Gander G.A.; and Hunt. C.G. "Spatial Variability of Infiltration in a Watershed." *J. Hydro.*, 45, (1980), 101-122. [٤]
- Nielsen, D.R.; Biggar, J.W.; and Erh. K.T. "Spatial Variability of Field Measured Soil Water Properties." *Hilgardia.*, 42, No.7 (1973), 215-260. [٥]
- Davis, J.C. *Statistics and Data Analysis in Geology*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1973. [٦]
- Journal, A.G. and Huijregts. C.J. *Mining Geostatistics*. London: Academic Press. 1978. [٧]
- Webster, R. "Quantitative Spatial Analysis of Soil in the Field". *Advances Soil Sci.*, 3, (1985), 1-70. [٨]
- Ahuja, L.R. and Nielsen. D.R. "Field Soil Water Relations". In: *Irrigation of Agricultural Crops*. Agronomy Monograph, ASA. 30, (1990), 143-190. [٩]
- Warrick, A.W. and Nielsen. D.R. "Spatial Variability of Soil Physical Properties in the Field." In D. Hillel. *Application of Soil Physics*. N.Y.: Academic Press, (1980). [١٠]
- Campbell, J.B. "Spatial Variation Sand Content and pH within Single Continuous Delineation of Two Soil Mapping Units." *Soil Sci. Am. J.*, 42, No.2. (1978), 460-464. [١١]
- Vauclin, M., Vieira, S.R.; Vachaud, G.; and Nielsen. D.R. "The Use of Cokriging with Limited Field Soil Observations." *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47, No.1, (1983), 175-184. [١٢]
- Alemi, M.H.; Shahriari; MR. and Nielsen. D.R. "Kriging and Cokriging of Soil Water Properties." *Soil Technology.*, 1, No.2 (1988), 117-132. [١٣]
- Elbassir, O. "Spatial Variability of Soil Properties of Some Calcareous Soils." *M.S c. Thesis. King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia*, (1989). [١٤]
- Sharma, M.L.; Barron R.J.W.; and De Boer. E.S. "Spatial Structure and Variability of Infiltration Parameters". In *Advances in Infiltration. Proc. Nat. Conf. Advances in Infiltration*. Chicago: ASAE Pub., 1983. [١٥]
- Black, C.A. (Ed). *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Agronomy Monograph no. 9. Madison, Wis.: ASA. 1965. [١٦]

Spatial Variability of Some Physical Properties of Soil II. Kriging and Cokrging

A.M. Al-Omran, W.A. Al-Mustafa and M.M. Mursi

*Soil Science Department, College of Agriculture, King Saud University,
Riyadh, Saudi Arabia*

(Received on 25/12/1414; accepted for publication on 6/8/1415 A.H.)

Abstract. A field experiment was designed to investigate the spatial variability of some soil physical properties of calcareous soils using geostatistical techniques, at the field of Agricultural Research and Experimental station, King Saud University, at Deirab. One transect was sampled from south to north every 5 meters for 500 meters long. Measurements were made for infiltration rate and bulk density.

Variograms for 100 observations of both infiltration rate and bulk density was used to kriging those parameters at the same locations (jackknife kriging), and used the same variograms to kriging for observations at distance of 50 meters instead of 5 meters.

A cross-variogram for 100 observations of infiltration rate and bulk density was used to kriging the infiltration rate at the same locations.

The large number of measured values along the transect of infiltration rate made it possible to calculate a variogram to produce a minimum number of observations. As a result, it could be concluded that a minimum of 11 observations, which means observations at distance of 50 meters rather than 5 meters, were enough to obtain almost the same information as with 100 observations along the transect tested. An additional advantage of kriging and cokriging is to construct the contour maps for the field if enough information was provided at different areas of the field.