

تقدير السعة الحقلية في ترب غوطة دمشق الشرقية باستعمال النمذجة الرياضية وإنشاء خرائط رطوبة للترب

أمل الحفري^{(1)*} و هاني ابراهيم⁽²⁾ و محمد سعيد الشاطر⁽¹⁾

(1). قسم علوم التربة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، دمشق، سورية.

(2). الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق، سورية.

(* للمراسلة، م. امل الحفري، البريد الإلكتروني: amalalhafary8@gmail.com).

تاريخ الاستلام: 2023/11/12 تاريخ القبول: 2024/02/26

الملخص

أُنجزَّ البحث في منطقة الغوطة الشرقية بمحافظة ريف دمشق في عامي 2022-2023 بمساحة بلغت 211 كم²، جُمعت العينات الحقلية من 72 موقع بعمقين (0-30 و 30-60 سم) فكان مجموعها 144 عينة، وتم توثيق الإحداثيات لكل نقطة باستخدام جهاز تحديد المواقع العالمي. أُجريت بعض التحاليل (التركيب الميكانيكي، pH، EC، المادة العضوية، السعة الحقلية)، طُبِّقَت معادلة الانحدار الخطي للتنبؤ بالقيم المستقبلية السعة الحقلية بالاعتماد على بيانات التربة الأولية، ثم رُسمت خرائط تبين التوزيع المكاني لقيم السعة الحقلية لكلا العمقين في منطقة الدراسة باستعمال Model Maker في برنامج معالجة الصور الفضائية ERDAS IMAGINE. أظهرت النتائج أن غالبية ترب المنطقة المدروسة كانت ذات قوام طيني، غير مالحة، ذات رقم حموضة pH خفيف إلى متوسط القلوية، كما ظهر تباين في محتوى الترب من المادة العضوية. بينت النتائج أيضاً أن قيم السعة الحقلية كمحتوى رطوبي وزني كانت مرتفعة في معظم العينات، لوحظ وجود علاقة ارتباط معنوية قوية إيجابية بين السعة الحقلية من جهة وكل من السلت والطين والمادة العضوية.

الكلمات المفتاحية: السعة الحقلية، نموذج رياضي، معادلات وظيفية، الانحدار الخطي، الغوطة الشرقية.

المقدمة:

تُعرَّف السعة الحقلية بأنها المحتوى الرطوبي الذي تحتفظ به التربة عند قوة شد قدرها 33 كيلو باسكال بعد صرف الماء الزائد بفعل الجاذبية الأرضية وتباطؤ معدل الرشح كثيراً، ويقدر الزمن اللازم لذلك بحدود 24 إلى 72 ساعة بعد ري كافٍ أو هطل غزير (Dingman, 2002). بينت دراسات عديدة أن زمن التصريف المطلوب (في الحقل) يتوقف على قوام التربة ويتراوح ما بين يوم بالنسبة للتربة ذات القوام الرملية أو الخشن وربما تكون في حدود 4 أيام بالنسبة للتربة ذات القوام الناعم أو الثقيل، وأن السعة الحقلية ربما تكون أقل من 10% في الترب الرملية، بينما ربما تتعدى 40% للترب الطينية المحتوية على مواد عضوية (الخوري والحسن، 2019). تُعدُّ السعة الحقلية من أهم المؤشرات التي تحدد الماء الكلي المتاح في التربة وسعة التربة للاحتفاظ بالماء، وتتغير هذه المؤشرات تغيراً أساسياً تبعاً لتغير التربة وخصائصها الفيزيائية وخاصةً قوام التربة الذي يؤثر بطبيعته في التوزيع

الهندسي للمسام، كما تعددت طرائق قياس هذه المؤشرات بين طرائق حقلية وأخرى مخبرية واختلفت القيم فيما بينها من حيث دقة القياس حتى بالنسبة لنفس عينة التربة.

بيّن Keshavaza وآخرون (2014) أن رطوبة التربة تعبر عن إحدى المتغيرات المهمة في علوم التربة والدراسات المتعلقة بالتنمية المستدامة للزراعة والصناعات الزراعية، ويمكن تقديرها بطرائق مباشرة وغير مباشرة. تُجرى القياسات المباشرة باستعمال أجهزة TDR (Time Domain Reflectometer) ونيوترون بروب (Neutron Scattering Method) والتشويتمترات (Tensiometer) حقلياً ومن ثم تُعاير مخبرياً بالطريقة الوزنية أو أجهزة مخبرية خاصة كجهاز الضغط الغشائي وطاولو التوتر (Pressure Membrane and Table Tension)، إذ توفر تلك الطرائق معلومات دقيقة جداً، لكن تحتاج إلى كادر خبير كبير من الموارد البشرية وتحتاج إلى ميزانية ضخمة للمساحات الواسعة، يمكن أن تشمل المراقبات الموضعية منطقة محدودة ويصعب زيادة المساحة لضيق وقلة الكادر في أغلب الأحيان، أما الطرائق غير المباشرة فتحتاج إلى نماذج ومعادلات معينة تسمى Pedotransfer Functions (PTFs) تسمح لنا بالتنبؤ بخصائص التربة المائية بالاعتماد على بيانات التربة الأولية، كما تتميز هذه الطريقة بتوفير الكثير من الوقت والجهد وإمكانية تطبيقها على مساحات واسعة، علاوة على ذلك تُعتبر النمذجة في الوقت الحاضر عملية أساسية في الكثير من تطبيقات المعلوماتية؛ لأنها تعمل على التنبؤ بقيم بعض المتغيرات ضمن عمليات مختلفة من الصعب قياسها حقلياً أو مخبرياً، ففي مجال علوم التربة تعد النماذج الرياضية طريقة غير مباشرة من أجل وصف ومحاكاة ظاهرة ما تحدث في التربة تتوافق مع ظواهر أخرى تحدث معاً أو بتعاقب وتساعد النمذجة على اختصار العمل الحقل في مجال تقدير الثوابت المائية مثل السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم، وتسمح أيضاً بالتنبؤ بمسارات مستقبلية لتغيرات هذه الثوابت.

تملاً نماذج PTFs الفجوة بين بيانات التربة المتاحة والخصائص الأكثر فائدة أو المطلوبة لنموذج معين أو تقييم الجودة إذ تستعمل PTFs العديد من تقانات تحليل الانحدار لاستنتاج القواعد التي تربط خصائص التربة الأساسية بخصائص أكثر صعوبة في القياس. تُعدُّ تقانة (PTFs) أحد الأساليب المتبعة للتنبؤ بخصائص التربة الطبيعية التي تتميز بالدقة العالية في التقدير مع قلة المدخلات التي تحتاجها، إذ إنها تنقل وتحول البيانات المتوفرة عن التربة مثل التوزيع الحجمي لحبيبات التربة، الكثافة الظاهرية والمسامية إلى بيانات تقديرية لخصائص التربة الطبيعية الأخرى، وتم استعمال تقانات (PTFs) للتنبؤ بالخصائص المائية للتربة، ومن أمثلتها تلك التي تستعمل للتنبؤ بالمحتوى الرطوبي للتربة عند قيم محددة للشد الرطوبي، حيث استعملت من قبل كل من Gupta و Larson (1979) و Rawls و Brakensiek (1987) و Minasny وآخرون (1999) لتقدير المحتوى الرطوبي الحجمي في حدود -10، -33 كيلو باسكال الموافق للسعة الحقلية و-1500 كيلو باسكال المقابلة لنقطة الذبول الدائم.

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية دراسة الخصائص المائية للتربة ومنها السعة الحقلية كونها تعطي فكرة عن المخزون المائي في التربة الذي يؤثر تأثيراً مباشراً في محتوى التربة من العناصر الغذائية القابلة للامتصاص التي يتطلبها النبات، ولما لهما من دور في ترشيد استهلاك مياه الري في المناطق الجافة وشبه الجافة الفقيرة في مواردها المائية، كما أنها يمكن تدخل في حساب الاحتياج المائي للنباتات عند إجراء أي عملية نمذجة رياضية للخصائص المائية وحركية المياه في التربة.

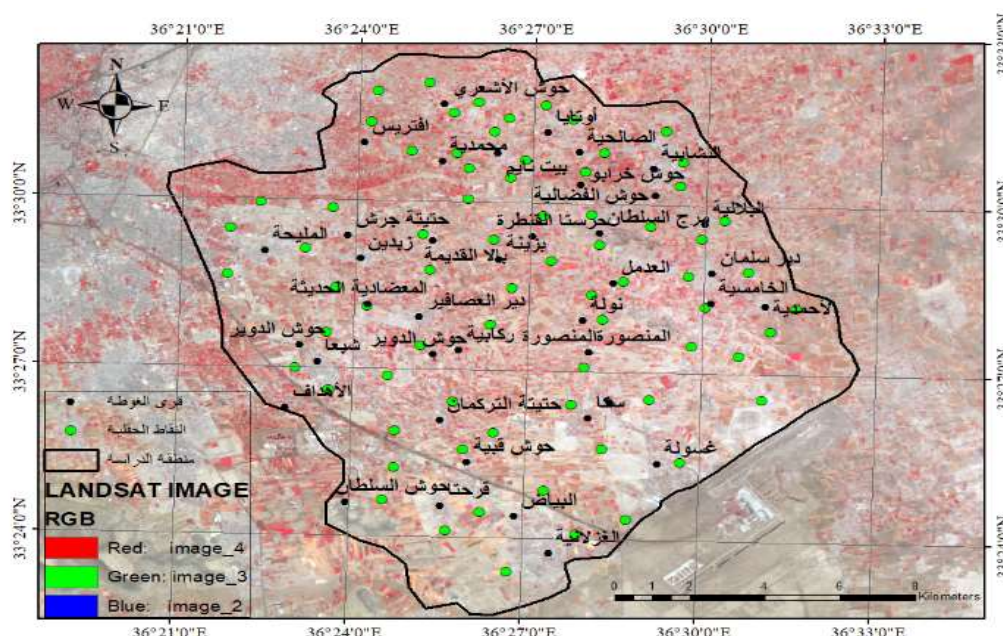
يهدف هذا البحث إلى ما يلي: 1- إيجاد معادلة مرجعية يمكن الاعتماد عليها في قياس السعة الحقلية بالاعتماد على بيانات التربة الفيزيائية والكيميائية الأولية لترب منطقة الدراسة.

2- وضع خرائط للمنطقة المدروسة يمكن الاستفادة منها في الدراسات المائية والزراعية التي تتعلق في الري والتخطيط للاستعمال الزراعي للترب.

مواد وطرائق البحث:

منطقة البحث: تقع الغوطة في محافظة ريف دمشق في جنوب سورية، وتشغل غوطة دمشق الثلث الغربي من حوض دمشق الواقع إلى الشمال من هضبة حوران، وترتفع عن سطح البحر نحو 630 م، وتشغل حوالي 9.7% من المساحة الإجمالية لسورية، بمساحة تصل إلى 18.018 ألف كيلو متر مربع، تتميز هذه المنطقة بمناخ جاف، بمعدل هطول مطري سنوي لا يزيد عن 215 ملم/سنة (Lengiprovodkhoz, 1986)، وتنقسم الغوطة إلى قسمين: الغوطة الغربية والغوطة الشرقية.

تبلغ مساحة منطقة الدراسة حوالي 211 كم² ضمن الغوطة الشرقية، وتقع بين خطي طول (36°21'0" و 36°33'0") وبين دائرتي عرض (33°24'0" و 33°30'0")، وتضمنت منطقة الدراسة ما يقارب 38 قرية تقع ضمن الحدود الإدارية للغوطة الشرقية، وتباينت طبيعة استعمالات الأراضي بين أراضي غير مزروعة (مراحة)، أراضي مخصصة للرعي، وأراضي مزروعة (محاصيل صيفية، خضار صيفية، محاصيل حبية، محاصيل بقولية، وغيرها).



الشكل (1): حدود منطقة البحث وتوزع النقاط الحقلية ضمنها.

جمع وتحضير العينات:

خُدد 72 موقعاً لأخذ العينات بحيث تمثل كامل منطقة الدراسة (211 كم²) وأخذت عينات التربة من عمقين مختلفين (0-30 سم) و (30-60 سم) خلال المدة 2022-05-19 إلى 2022-06-11، بلغ عدد العينات الحقلية المأخوذة 144 عينة ووثقت الإحداثيات لكل موقع باستعمال جهاز تحديد المواقع العالمي (GPS) (The Global Positioning System) وذلك لإمكانية التعامل معها في نظام المعلومات الجغرافية (GIS) (Geographic Information System) بهدف إعداد الخرائط.

- البرامج والأدوات المستعملة:

- تطبيق نموذج الانحدار الخطي Linear Regression بالاعتماد على الخوارزمية Gradient Descent والتي تُعد إحدى خوارزميات Machine Learning.

- برنامج معادلة الصور الفضائية ERDAS IMAGINE Version 14.

- برنامج نظام المعلومات الجغرافي ArcGIS version 10.2.1.
 - برنامج (SPAW) Soil-Plant-Air-Water.
 - برنامج Microsoft Excel.
 - نقلت عينات التربة إلى مخابر كلية الزراعة-جامعة دمشق، ثم جففت هوائياً ونخلت على منخل أقطاره 2 مم، وذلك من أجل تحضيرها لإجراء التحاليل المخبرية:
 - التحليل الميكانيكي: طريقة الهيدروميتر، باستعمال مادة مفرقة من هكسا ميتا فسفات الصوديوم (Gupta, 2000).
 - درجة حموضة التربة pH: القياس باستعمال جهاز قياس pH meter على معلق تربة - ماء (2.5:1) (Conyer and Davey, 1988).
 - الناقلية الكهربائية (EC) Electrical Conductivity: بواسطة قياس الناقلية الكهربائية في مستخلص تربة - ماء (5:1) (Rhoades, 1996).
 - المادة العضوية: طريقة الأكسدة الرطبة المعدلة للكربون العضوي باستعمال ديكرومات البوتاسيوم (N 1) بوجود حمض الكبريت المركز ثم المعايرة باستعمال كبريتات الحديد بوجود مشعر الفروئين (N 0.5) (Walkley and Black, 1934).
 - حساب نقطة السعة الحقلية مخبرياً: تحت محاكاة الطريقة الحقلية لتقدير السعة الحقلية، وُضعت عينات التربة بوزن 1 كيلو غرام لكل تربة في منخل يحتوي على ورق ترشيح، ثم رُطبت بالماء حتى الوصول إلى التشبع وذلك حتى رشح الماء من الأسفل ثم غُطيت بأكياس من النايلون لمنع التبخر وتركها ترشح لمدة يومين، بعدها أزيل الغطاء وأخذت عينة بواسطة جفئات خزفية معلومة الوزن وسُجل الوزن الرطب للعينات قبل إدخالها إلى فرن التجفيف على درجة حرارة 105 درجة مئوية حتى ثبات الوزن وأخيراً حُسب المحتوى الرطوبي الوزني لكل عينة بحساب الفرق بين وزن العينة قبل التجفيف ووزنها بعد التجفيف وتقسيم الناتج على وزن عينة التربة الجافة تماماً وضرب الناتج بـ 100 للحصول على النسبة المئوية الوزنية.
 - إنشاء النموذج الرياضي في بداية العمل:
 - طُبّق في هذا البحث إحدى خوارزميات Supervised Machine Learning والمسمى بالانحدار الخطي Linear Regression والتي تقوم على استعمال المعادلة الخطية في التنبؤ بالقيم المستقبلية للظاهرة المدروسة (السعة الحقلية)، إذ تم العمل في هذه الخوارزمية باتباع الخطوات التالية:
 - 1- تحديد المعادلة الخطية التي سيتم استعمالها في التنبؤ بقيم السعة الحقلية من بيانات التربة الفيزيائية والكيميائية الأولية والتي تعطى بالشكل التالي:
- $$h(x) = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_3 + \theta_4 x_4$$
- حيث تعبر $h(x)$ عن قيم السعة الحقلية المقاسة، θ_0 تمثل نقطة تقاطع الخط المستقيم مع محور الإحداثيات Intercept، $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ يمثلون ميل الخط المستقيم Slope / Gradient وتسمى $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ بمعاملات المعادلة الخطية Coefficient حيث يتم ضبطها للحصول على المعادلة الأنسب التي تمثل البيانات الموجودة لدينا، x_1, x_2, x_3, x_4 قيم كل من الرمل والصلت والطين والمادة العضوية على التوالي.

2- إعطاء قيم أولية عشوائية لكل من $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ ضمن المعادلة الخطية السابقة للحصول على قيم السعة الحقلية المنتبأ بهما عند كل نقطة مأخوذة حقلياً.

3- المقارنة بين قيم السعة الحقلية المنتبأ بهما عند كل نقطة حقلية وعمق معين باستعمال المعادلة الخطية السابقة وقيم المعاملات $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ المعطى في بداية عمل الخوارزمية عشوائياً، مع قيم السعة الحقلية المقابلة المقاسة مخبرياً، وذلك لحساب مقدار الخطأ الكائن بين قيم السعة الحقلية المقاسة مخبرياً والقيم المنتبأ بها بالمعادلة الخطية السابقة باستعمال معادلة مقدار الخطأ والمسمى Cost Function والتي تحسب بخوارزمية Ordinary Least Squares Error والمعطى بالشكل التالي:

$$j(\theta) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (h(x^i) - y^i)^2$$

إذ إن: $j(\theta)$ مقدار الخطأ بين القيم المقاسة والقيم المنتبأ بها، $h(x^i)$ قيم السعة الحقلية المقاسة، y^i القيم المنتبأ بها، m عدد الأمثلة.

حيث يتم بالمعادلة السابقة حساب مربع الفروقات بين القيم المنتبأ بها والقيم المقاسة، وهي كما هو ملاحظ معادلة تربيعية وبالتالي فإنها تأخذ على المحاور البيانية عند تمثيلها الشكل المحدب Convex بحيث محور x يمثل قيم المعاملات $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ ومحور y يعبر عن مقدار الخطأ $j(\theta)$ الناتج عن تعويض قيم المعاملات $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ في المعادلة السابقة $j(\theta)$ ، وهي أيضاً معادلة قابلة للاشتقاق ومن المعروف أن معنى الاشتقاق يتجلى في حساب مقدار التغير في قيمة ما، وحتى يتحقق الهدف الرئيسي من عملية التعلم Learning باستعمال خوارزمية Linear Regression وبيانات التربة الحقلية وما يقابلها من قيم سعة حقلية مخبرية مقاسة لا بد من تقليل قيمة الخطأ $j(\theta)$ الناتجة بعملية التعلم باستعمال إحدى خوارزميات الملائمة Optimization Algorithm والمسمى Gradient Descent والتي يتم بها إيجاد القيم المثلى للمعاملات $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ لتابع قابل للاشتقاق مثل $j(\theta)$ ، ويقوم عمل هذه الخوارزمية على تكرار حساب قيم المعاملات $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ للحصول على معاملات جديدة ومن ثم حساب قيم الأخطاء $j(\theta)$ الناتجة عن تعويض قيم هذه المعاملات في المعادلة الخطية المستخدمة في التنبؤ، والاستمرار في هذه العملية المتكررة حتى الوصول الى قيم $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ المثلى التي تمكننا فيما بعد من التنبؤ بقيم السعة الحقلية باستعمال بيانات التربة الفيزيائية والكيميائية الأولية بالحصول على معادلة خطية تم تدريبها على بيانات تربة (فيزيائية و كيميائية) مأخوذة حقلياً وما يقابلها من قيم سعة حقلية مقدرة مخبرياً.

تبين المعادلة الرياضية التالية كيفية الحصول على قيم المعاملات $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ بصورة تكرارية حتى الوصول للقيم المثلى وتسمى هذه المعادلة بخوارزمية Gradient Descent:

$$\theta_j := \theta_j - \gamma \frac{\partial}{\partial \theta_j} j(\theta)$$

إذ إن: θ_j قيم المعاملات $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ المراد تحديثها في كل عملية تكرارية، θ_j قيم المعاملات $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ السابقة، γ معدل التعلم Learning rate وهي قيمة ثابتة تعطى في خوارزمية Gradient Descent للعمل على ضبط مقدار تغير قيم مشتق الخطأ $\frac{\partial}{\partial \theta_j} j(\theta)$ للحصول على مقدار خطأ معين يتوافق وقيم المعاملات $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ المثلى، $\frac{\partial}{\partial \theta_j} j(\theta)$ مشتق الخطأ الحاصل بين قيم السعة الحقلية المقاسة والقيم المنتبأ بها.

- تطبيق النموذج الرياضي السابق:

- 1- بُرِجَت الخوارزمية السابقة للحصول على قيم المعاملات $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ المثلى لمعادلة التنبؤ الخطية باستعمال لغة البرمجة Python، إذ قُسمَت البيانات بدايةً باستعمال Module ضمن بيئة عمل Python تقسيماً عشوائياً إلى قسمين أساسيين هما: بيانات مخبرية استُعملت لتدريب النموذج الرياضي Training Data بنسبة (70%) من عدد العينات، بيانات مخبرية لاختبار النموذج الرياضي الناتج من عملية التدريب (المعادلة الخطية) Testing Data بنسبة (30%).
- 2- عُمِلَ على توحيد مجال قيم المتغيرات التالية (الرمل، السلت، الطين، المادة العضوية، السعة الحقلية) أو ما يسمى Feature Scaling للحصول على قيم متغيرات ضمن مجال واحد وذلك لاستعمالها في خوارزمية Gradient Descent باستعمال المعادلة التالية:

$$X_{\text{feature scaling}} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

إذ إنَّ x قيم المتغير، $x_{\min}$ اصغر قيمة للمتغير، $x_{\max}$ اكبر قيمة للمتغير.

- 3- استُنتِجَت قيم المعاملات $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ المثلى في معادلة الانحدار الخطي Linear Regression للسعة الحقلية ولكلا العمقين، ثم استُعملت هذه المعادلات الخطية المشتقة في عملية تصنيف السعة الحقلية في منطقة الدراسة، للحصول على خرائط سعة حقلية لكلا العمقين، باستعمال Model Maker في برنامج معالجة الصور الفضائية ERDAS IMAGINE.
- 4- توليد سطوح باستعمال خوارزمية طريقة مقلوب المسافة الوزنية Inverse Distance Weighting IDW لكل من قيم الرمل، السلت، الطين، والمادة العضوية، المتوزعة مكانياً في منطقة الدراسة بصورة متجانسة للحصول على Rasters يمكننا من استعماله لاحقاً في تصنيف منطقة الدراسة والحصول على قيم السعة الحقلية.

النتائج والمناقشة:

يُلاحظ حسب نتائج التحليل الميكانيكي أن قوام التربة في معظم المناطق المدروسة هو طيني مع ملاحظة وجود زيادة في نسبة الطين مع العمق وذلك في جميع المناطق المدروسة، وذلك وفق مثلث القوام الأمريكي USDA (USDA Soil Survey Division Staff, 1993). تراوحت قيم pH التربة بين (7.4-8.2) ويصنف رقم pH التربة بين خفيف إلى متوسط القلوية في جميع الترب المدروسة وذلك حسب USDA (1993). كانت قيم الناقلية الكهربائية EC ما بين (0.2-0.5 dS/m) وهذا يعني أن جميع ترب المنطقة المدروسة غير مالحة وذلك وفق تقييم الـ FAO (2007). تراوحت قيم المادة العضوية في ترب منطقة الدراسة بين المنخفضة جداً إلى المرتفعة قليلاً وذلك حسب Tyurin (1965) وبلغت ما بين (0.41-2.26%) حيث سادت القيم العالية في الأراضي المزروعة محاصيل بقولية وخاصة (فول) وتليها الأراضي المخصصة للرعي نتيجة وجود روث الأغنام، وُثم بدأت بالتناقص تدريجياً في الأراضي المزروعة خضار صيفية، ثم في الأراضي المزروعة محاصيل حبية وكانت أقل ما يمكن في الأراضي غير المزروعة.

كانت قيم السعة الحقلية كمحتوى رطوبي وزني بشكل عام مرتفعة في جميع العينات المدروسة، وتراوح ما بين (26.59 - 64.97 %) لترب المنطقة المدروسة وبلغت بالمتوسط (38.29 %)، وهذه القيم تميز الترب الطينية في القدرة على الاحتفاظ بالماء بشكل جيد.

- نتائج النمذجة الرياضية باستعمال خوارزمية الانحدار الخطي للحصول على معادلة تنبؤية لقيم السعة الحقلية استناداً إلى نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية الأولية للترب:

قُدرت قيم السعة الحقلية في منطقة الدراسة للعمقين (0 - 30 سم) و (30 - 60 سم) باستعمال المعادلتين الرياضيتين (2،1) على التوالي واللذان حُصلَ عليهما بتطبيق نموذج الانحدار الخطي Linear Regression وباعتماد على الخوارزمية Gradient Descent والتي تُعد إحدى خوارزميات Machine Learning للحصول على قيم $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ المثلى التي تُمكن من بناء معادلات خطية يمكن بها الحصول على قيم السعة الحقلية للعمقين المدروسين من بيانات الترب المدروسة الأولية:

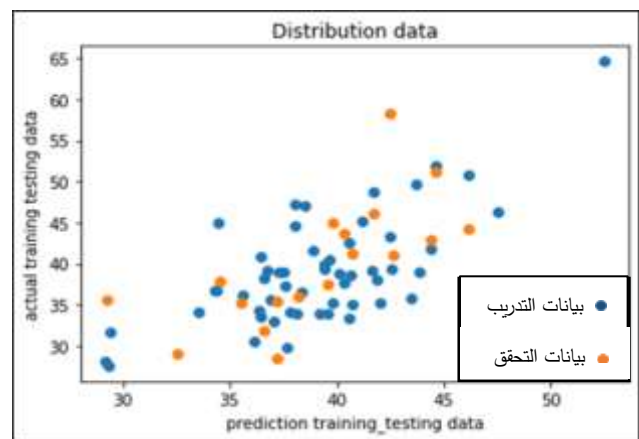
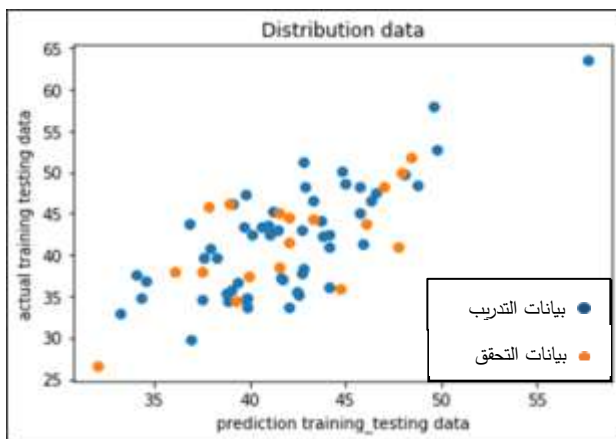
$$FC = 39.085 - 1.8 * SAND + 2.31 * CLAY + 0.53 * SILT + 0.99 * OM \quad (1)$$

$$FC = 41.899 - 1.57 * SAND + 3.12 * CLAY + 0.4 * SILT + 0.59 * OM \quad (2)$$

حُصلَ على هاتين المعادلتين باستعمال البيانات المخبرية (54) عينة ترابية حقلية (رمل، سلت، طين، مادة عضوية، سعة حقلية مقدرة مخبرياً وتغطي المساحة المدروسة من غوطة دمشق الشرقية) كبيانات تم التدريب عليها باستخدام النموذج المقترح، واستعمال البيانات المخبرية (18) عينة ترابية حقلية كبيانات تحقق لدقة عمل النموذج الرياضي.

بلغت قيمة معامل التحديد بين قيم السعة الحقلية المتنبأ بها باستعمال هذا النموذج والسعة الحقلية المقابلة المقاسة مخبرياً في عينات التدريب للعمقين (0 - 30 سم) و (30 - 60 سم) على التوالي $r^2 = 0.478$ و $r^2 = 0.547$ ، وأن جميع قيم معاملات الارتباط r التي تم الحصول عليها لكلا بيانات التدريب والتحقق هي معاملات ارتباط معنوية عند مستوى معنوية 0.05.

يبين المخططان البيانيان (2،1) توزيع بيانات السعة الحقلية المتنبأ بها بالنموذجين الرياضييين السابقين وقيم السعة الحقلية المقابلة والمقاسة مخبرياً لكلا بيانات التدريب والتحقق للعمقين المدروسين على التوالي.

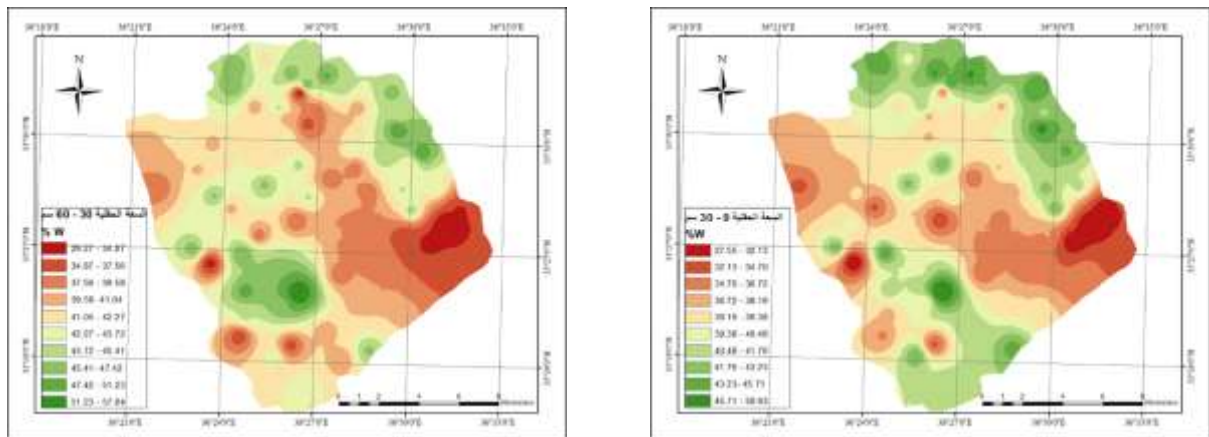


المخطط (1): يبين توزيع بيانات السعة الحقلية (0 - 30 سم) المقاسة والمتنبأ بها. المخطط البياني (2): يبين توزيع بيانات السعة الحقلية (30 - 60 سم) المقاسة والمتنبأ بها.

تشير النقاط الزرقاء إلى بيانات التدريب التي استعملت للحصول على النموذج الرياضي والنقاط الحمراء تشير إلى بيانات التحقق التي استعملت فيما بعد للتحقق من دقة عمل النموذج المقترح.

يتبين من المعادلتين (2،1) وجود علاقة ارتباط عكسية بين قيم السعة الحقلية والرمل، ووجود علاقة ارتباط طردية بين قيم السعة الحقلية وقيم الطين والملت والملت العضوية، وهذا يتوافق ونتائج كل من (Dijkerman, 1998; Cemek et al., 2004; Adhikary et al., 2008; Myeni et al, 2021).

حُصلَ على قيم السعة الحقلية في منطقة الدراسة لكلا العمقين المدروسين بالاعتماد على بيانات Rasters لكل من الرمل والطين والسلت والمادة العضوية والتي بُنيت باستعمال طريقة IDW المذكورة سابقاً. تبين الخرائط التالية (2،1) التوزيع المكاني لقيم السعة الحقلية في منطقة الدراسة لكلا العمقين المدروسين.



الخريطة (1): تبين التوزيع المكاني لقيم السعة الحقلية (0 - 30 سم) في منطقة الدراسة
الخريطة (2): تبين التوزيع المكاني لقيم السعة الحقلية (30 - 60 سم) في منطقة الدراسة

تراوحت قيم السعة الحقلية في منطقة الدراسة للعمق (30 - 60 سم) بين (29.27 - 57.84 %W) حسب ما انتجه النموذج الرياضي (2) وعُملت النتائج على كامل منطقة الدراسة، كما يُلاحظ من الخريطتين (2،1) تركز القيم العالية للسعة الحقلية في الجزء الشمالي الشرقي والجنوبي الغربي من منطقة الدراسة حيث تتواجد هذه القيم العالية ضمن نطاق القرى (حوش الأشعري، أوتايا، النشابية، البلالية، حتيبة التركمان)، بينما يُلاحظ انخفاض قيم السعة الحقلية في الأجزاء الشرقية والغربية من منطقة الدراسة وتتواجد هذه القيم ضمن نطاق القرى (الأحمدية، الخامسة، دير سلمان، شبعاء، حوش الدوير) في حدود منطقة الدراسة.

الاستنتاجات Conclusions:

- 1- استنتاج علاقة Pedotransfer Functions (PTFs) تربط بين (الرمل، السلست، الطين، والمادة العضوية) مع السعة الحقلية.
- 2- وجود علاقة ارتباط إيجابي كبير بين السعة الحقلية من جهة وكل من السلست، الطين، والمادة العضوية.
- 3- وجود علاقة ارتباط سلبي بين السعة الحقلية والرمل.
- 4- بينت الدراسة إمكانية تقدير السعة الحقلية في أي نقطة من نقاط المنطقة المدروسة أو خارجها من بيانات التربة الفيزيائية الأولية؛ وذلك لصعوبة إجراء قياسات السعة الحقلية بمقاييس مكانية كبيرة.
- 5- تكمن أهمية الخرائط الناتجة عن الدراسة في إمكانية استعمالها في برامج المحاكاة المختلفة الخاصة بالحسابات الهيدرولوجية والزراعية لأنها بيانات مكانية مستمرة.

التوصيات Recommendations:

- 1- الاستفادة من الخرائط الناتجة في دراسات أخرى تتعلق بالدراسات المائية والزراعية (ري وتخطيط زراعي).
- 2- العمل على تطوير نماذج Pedotransfer Functions (PTFs) ما يوفر الكثير من الوقت والجهد.

المراجع:

الخوري، عصام. والحسن، حيدر. (2019). منشورات جامعة حمه كلية الهندسة الزراعية أساسيات علوم التربة وتصنيفها.

- Adhikary, P.P., Chakraborty, D., Kalra, N., Sachdev, C.B., and Patra, A.K. (2008). Pedotransfer functions for predicting the hydraulic properties of Indian soils. *Australian Journal of Soil Research*. Vol:46. P.476–484.
- Cemek, B., Meral, R., Apan, M., and Merdun, H. (2004). Pedotransfer Functions for the Estimation of the Field Capacity and Permanent Wilting Point. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. Vol:7. P.535-541.
- Conyer, M.K., and Davey, B.G. (1988). Observations on Some Routin Methods for Soil pH Determination. *Soil Science*. Vol:145. P.29-36.
- Dijkerman, J.C. (1998). An Ustult-Aquult-Tropept catena in Sierra Leone, West Africa, II. Land qualities and land evaluation. *Geoderma*. Vol:42. P.29–49.
- Dingman, S.L. (2002). "Water in soils: infiltration and redistribution". (Second Upper) *Physical Hydrology* Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Chapter 6, P.646.
- FAO. (2007). *Methods of analysis for soils of arid and semi-arid regions*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Gupta, P.K. (2000). *Soil plant water and fertilizer Analysis*. Agrobios pub. Bikaner. India.
- Gupta, S.C and Larson, W.E. (1979). Estimating soil water characteristics from particle size distribution, organic matter percent, and bulk density. *Water Resource. Res*. Vol:15. P.1633–1635.
- Keshavaza, M., Vazifiedoustb, M., and Alizadeh, A. (2014). Drought monitoring using a Soil Wetness Deficit Index (SWDI) derived from MODIS satellite data. *Agriculture Water Management* 132. P.37-45.
- Lengiprovodkhoz, I. I. (1986). *Water resources use in Barada and Auvage Basins for irrigation of crops*. Moscow: Feasibility Study Stage I, 1.
- Minasny, B., Mcbratney, A.B., and Bristow, K.L. (1999). Comparison of different approaches to the development of pedotransfer functions for water-retention curves. *Geoderma* .Vol.93 P.225-253.
- Myeni, L., Mdlambuzi, T., Paterson, D.G., Nysschen, G., and Moeletis, M.E. (2021). Development and Evaluation of Pedotransfer Functions to Estimate Soil Moisture Content at Field Capacity and Permanent Wilting Point for South African Soils. Vol:13. P.2639.
- Rawls, W.J and Brakensiek, D.L. (1987). Estimating soil water retention from soil properties . *Soc. Am. J. Civ. Eng. Irrig. Drain Div*. Vol:108. P.166-171.
- Rhoades, J. D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*. Vol:5. P.417-435.
- Tyurin, I. V. (1965). *Soil organic matter and its role in soil fertility*. Moscow. Nauka.
- USDA. (1993). "Soil Survey Manual: Chapter 3." *Natural Resources Conservation Service*. Accessed April 25, 2020.
- Walkley, A., and Black, A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*. 37. P.29-38.

Estimation of Field Capacity in Eastern Ghouta Soils Using Mathematical Modeling and Creation of Soil Moisture Maps

Amal Al-Hafary ^{*(1)}, Hani Ibraheem⁽²⁾ and Mohammad Saed Al-Shater⁽¹⁾

(1). Department of soil sciences, Faculty of Agriculture Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

(2). General Organization of Remote Sensing, Damascus, Syria.

(*Corresponding author: Amal Al-Hafary, E-mail amalalhafary8@gmail.com).

Received: 12/11/2023

Accepted: 26/02/2024

Abstract

The research was completed in the Eastern Ghouta area of Damascus countryside governorate in 2022-2023 with an area of 211 km², field samples were collected from 72 sites with two depths (0-30 and 30-60 cm), totaling 144 samples, and the coordinates for each point were documented using a GPS device. Some analyzes were performed (mechanical composition, pH, EC, organic matter, field capacity), the linear regression equation was applied to predict future values of field capacity based on primary soil data, then maps were drawn showing the spatial distribution of field amplitude values for both depths in the study area using Model Maker in ERDAS IMAGINE satellite image processing software. The results showed that the majority of the soils of the studied area were clayey texture, non-saline, with a pH light to medium alkalinity, and a variation in the content of the soil of organic matter. The results also showed that the values of field capacity as moisture and weight content were high in most samples, a strong positive significant correlation was observed between field capacity on the one hand and both salt, clay and organic matter.

Keywords: Field Capacity, Mathematical Model, Functional Equations, Linear Regression, Eastern Ghouta.