استخدام البيانات الاستشعارية في دراسة حالة العناصر الصغرى في ترب بازلتية في منطقة مصياف – محافظة حماة

علاء خلوف[1]* وسمير شمشم[1] ويونس ادريس[2]

(1) . قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الزراعة، جامعة البعث، حمص، سورية.

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

(* للمراسلة: م. علاء خلوف على البريد الالكتروني alaakhallouf@gmail.com)

تاريخ الاستلام: 2020/11/21 تاريخ القبول: 2021/05/10

الملّخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة إمكانيّة استخدام بعض البيانات الاستشعاريّة كالصورة الفضائيّة من النوع Landsat 8 OLI، ونموذج الارتفاعات الرقمي DEM في التنبؤ بقيم العناصر الصغرى في ترب ذات أصل بازلتي في منطقة مصياف– محافظة حماة. تم أخذ وتحليل 56 عينة تربة من كامل منطقة الدراسة خلال شهر آب للعام 2020. استخدمت صورة فضائيّة من النوع Landsat 8 بدقة تمييز مكاني30م، حيث اشتقت منها بعض القرائن النباتية (NDVI,SAVI,GSAVI,EVI)، في حين استخدم نموذج الارتفاعات الرقمي DEM بدقة مكانية 30 م لمنطقة الدراسة في اشتقاق بعض العوامل الطبوغرافية بما فيها الانحدار والسفح. استخدم الانحدار الخطي المتعدد التدريجي Multiple Regression في وضع النموذج الرياضي لتقدير العناصر الصغرى من كامل النقاط الحقلية والبيانات الاستشعارية، في حين استخدمت طريقة Cross– validation في تقييم كفاءة النموذج الرياضي المنتج وفقاً لمعامل التحديدR^2، ومعامل التحديد المعدلR^2_{adj}، ومتوسط الخطأ المطلقMEA بالإضافة للجذر التربيعي لمربع الخطأ RMSE. وبينت النتائج أن الارتفاع عن سطح البحر كان العامل الأكثر وضوحاً في تأثيره في كمية الحديد، والمنغنيز، والنحاس وبعلاقة طردية، في حين كان سلوكه مغايراً مع الزنك وبتأثير عكسي. أما بالنسبة للقرائن النباتية فقد كانت القرينة EVI الأفضل في التنبؤ بقيم البورون في منطقة الدراسة. وعند تقييم كفاءة النماذج بلغت قيم كل من معامل التحديد والتحديد المعدل للنموذج الرياضي للتنبؤ بالحديد 81.5، 80.8 % على التوالي، وكانت قيمة RMSE= 2.183 مغ/ كغ، في حين بلغت قيمةMAE= 0.744. أما بالنسبة للمنغنيز فقد تبين أن النموذج ذو معامل التحديد R^2= 66.1% يتصف بقدرة تنبؤ متوسطة في حين كان معامل التحديد المعدل =64.7% أما بالنسبة لمعايرة النموذج فقد تبين أن نسبة الخطأ المطلقMAE=0.562 وRMSE= 2.091 مغ/كغ.

الكلمات المفتاحية: العناصر الصغرى، ترب ذات منشأ بازلتي، بيانات استشعارية، لاندسات8، الانحدار الخطي المتعدد، منطقة مصياف.

المقدمة:

تعدّ العناصر الصغرى من العناصر الأساسيّة لنمو النباتات، لكن حاجة النبات إليها قليلة مقارنة بالمغذيات الكبرى. وترتبط وفرة هذه العناصر في التربة بنوع الصخر الأم، حيث يحتوي البازلت كميات عالية من الحديد والمنغنيز والنحاس. ويتراوح التركيز المتوسط للعناصر الصغرى في 1 كغ من البازلت (الصخور البازلتية) كالتالي: 86000 مغ/كغ حديد، 2200 مغ/كغ منغنيز، 100 مغ/كغ نحاس، 100 مغ/كغ زنك، 5 مغ/كغ بورون (Lindsay and Norvell, 1978). تتأثر قابلية هذه العناصر لإفادة النبات بعوامل متعددة منها: pH التربة والمادة العضوية وغيرها، ففي الترب ذات pH المنخفض يزداد ذوبان العناصر الصغرى Mn، Cu،Fe، Zn. ويعود سبب انخفاض كمية البورون في الصخور لفقده كغازات أثناء مرحلة الحمم البركانية (Hodges, 2000). وللمادة العضوية دور في التخفيف من تأثير pH على توفر هذه المغذيات، فعندما يصبح مستوى تركيز العناصر الصغرى قليل، تعمل المادة العضوية على تزويد التربة بها فتصبح مركبات هذه العناصر مركبات عضوية قابلة للذوبان وبالعكس عندما يصبح تركيز هذه العناصر عالي تعمل المادة العضوية على تثبيتها وجعلها غير سامة (Parnes, 1990). يعدّ توفر معلومات دقيقة وتفصيلية عن خصائص التربة حاجة ملّحة لكل من مراقبة موارد الأرض الطبيعية، وللتطبيقات الهيدرولوجية البيئية، ولإدارة استخدام الأرض، وأي شكل من أشكال نمذجة الخصائص البيئية.(Hartemink and McBratney, 2008; Forkuor *et al.*, 2017)، ولذلك تعدّ المعرفة بالتوزع المكاني لخصائص التربة ضرورة مُلّحة لاستدامة التربة ضمن مفهوم استدامة الأرض وخاصة في ظل ظروف التغيرات المناخية (Rodrigo–Comino *et al.*, 2018)، يتأثر التوزع المكاني لخصائص التربة بكل من خصائص المادة الأم، وطبوغرافية المنطقة، والمناخ، والغطاء النباتي، والنشاط البشري (Mulder *et al.*, Umali *et al.*, 2012; Lin *et al.*, 2016; 2011).

تعتمد منهجية مسح التربة التقليدي على عملية المسح الميداني لمنطقة ما، ونادراً ما توفر هذه المنهجية معلومات عن التوزع المكاني لخصائص التربة على سطح الأرض (McBratney *et al.*, 2003) بالإضافة لذلك فإن هذه الطريقة تحتاج لوقت طويل وتكلفة عالية، وخاصة عند تنفيذها على مستوى محلي، أو اقليمي، أو عالمي (Forkuor *et al.*, 2017). ولهذا فإنّه من الضروري جداً إيجاد طريقة تتصف بالموثوقية الجيدة ولها القدرة على التنبؤ بخصائص التربة سواءً على مستوى المنطقة أو على مستوى مقياس المسح المطلوب (Khaledian *et al.*, 2017). ونظراً للتطور الكبير في تقنيات الاستشعار عن بعد، فقد أصبح بالإمكان التنبؤ بخصائص التربة بدقة جيدة باستخدام طرائق مثل خرائط التربة الرقمية Digital Soil Mapping (McBratney *et al.*, 2003; Minasny and Hartemink, 2011). وبحسب (Vasques *et al.*, 2008) فإن بعض خصائص التربة ومكوناتها مثل المادة العضوية، الرطوبة، قوام التربة، كربونات الكالسيوم، وغيرها يمكن أن تقدر بشكل مباشر باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد نظراً لامتلاكها خصائص طيفية واضحة في معظم الترب، في حين يمكن الاستدلال على الخصائص الأخرى للتربة من خلال العلاقات الاحصائية القائمة بين طرفي الغطاء الأرضي وتحت سطح التربة. ونظراً لوجود العناصر الصغرى بكميات منخفضة لا تسمح بامتلاكها استجابة طيفية واضحة يمكن من خلالها ربط كمياتها بالتربة مع مقدار الامتصاصية أو الانعكاسية الحاصلة في مجال كهرومغناطيسي معين، فإنه من الصعوبة تقدير كمية العناصر الصغرى بصورة مباشرة باستخدام المجالات الطيفية للصور الفضائية، إلا أنه من الممكن

ذلك بطريقة غير مباشرة من خلال علاقات ارتباط قائمة بين كمية العناصر الصغرى في التربة وأحد مكونات التربة الأخرى، والتي تمتلك استجابة طيفية واضحة في مجال كهرومغناطيسي معين يمكن من خلاله تقدير كميات هذا المكون في التربة بصورة مباشرة باستخدام المجلات الطيفية للصور الفضائية.

استخدمت في السنوات الأخيرة طريقة خرائط التربة الرقمية اعتماداً على خصائص الأرض الطبيعية (Taghizadeh–Mehrjardi *et al.*, 2016; Forkuor *et al.*, 2017). ووجدت هذه الطريقة للتغلب على صعوبات المسح الحقلي الميداني، بالإضافة إلى تقدير خصائص التربة استناداً على العلاقة التي تربطها مع بعض خصائص الأرض الطبيعية والتي يتم الحصول عليها عادةً باستخدام بعض البيانات مثل نموذج الارتفاع الرقمي DEM والقرائن المشتقة من الصور الفضائية (McBratney *et al.*, 2003; Minasny and Hartemink, 2011). تستخدم طريقة انتاج خرائط التربة الرقمية DSM بشكل واسع لتقييم التوزع المكاني لخصائص التربة في المناطق الزراعية وغيرها من موارد الأرض الطبيعية (Minasny and Hartemink, 2011; Taghizadeh–Mehrjardi *et al.*, 2016; Forkuor *et al.*, 2017). تم تطوير العديد من نماذج التنبؤ التي تربط ما بين عوامل الأرض الطبيعية مثل الطبوغرافيا، والمادة الام وغيرها مع خصائص التربة وفقاً لطريقة وضع الخرائط الرقمية DSM وهي المنهجية التي اقترحها McBratney وزملاؤه (2003). فعلى سبيل المثال، قدّم Minasny وزملاؤه (2013) مراجعة شاملة لنمذجة كربون التربة العضوي SOC باستخدام بعض العوامل الطبيعية، وبشكل مشابه وضعت مؤخراً وفقاً لهذه الطريقة خرائط لكل من رقم الحموضة pH (Pahlavan–Rad and Akbarimoghaddam, 2018)، والنسبة المئويّة للمادة العضويّة (Byrne and Yang, 2016)، ودرجة التوصيل الكهربائي (Ranjbar and Jalali, 2016)، والفوسفور (Wilson *et al.*, 2016)، والتوزع المكاني لحبيبات التربة (Pahlavan–Rad and Akbarimoghaddam, 2018).

تعد دراسات وضع الخرائط الرقمية لخصائص التربة قليلة نسبياً في سورية، على الرغم من أهميتها، حيث استخدم بهلوان (2010) الانعكاسية الطيفية لتقدير الجبس في ترب حوض مسكنة شرق حلب، ووضعت هنيدي وزملاؤها (2014) نموذجاً رياضياً لتقدير كربونات الكالسيوم في دير الزور باستخدام جهاز سبيكتروراديومتر وبيانات من صور فضائية Landsat ETM7، في حين قام Khallouf وزملاؤه (2020) بإعداد الخرائط الرقميّة للعناصر الخصوبيّة الرئيسة لمنطقة السفح الغربي لجبل العرب باستخدام نظم المعلومات الجغرافيّة.

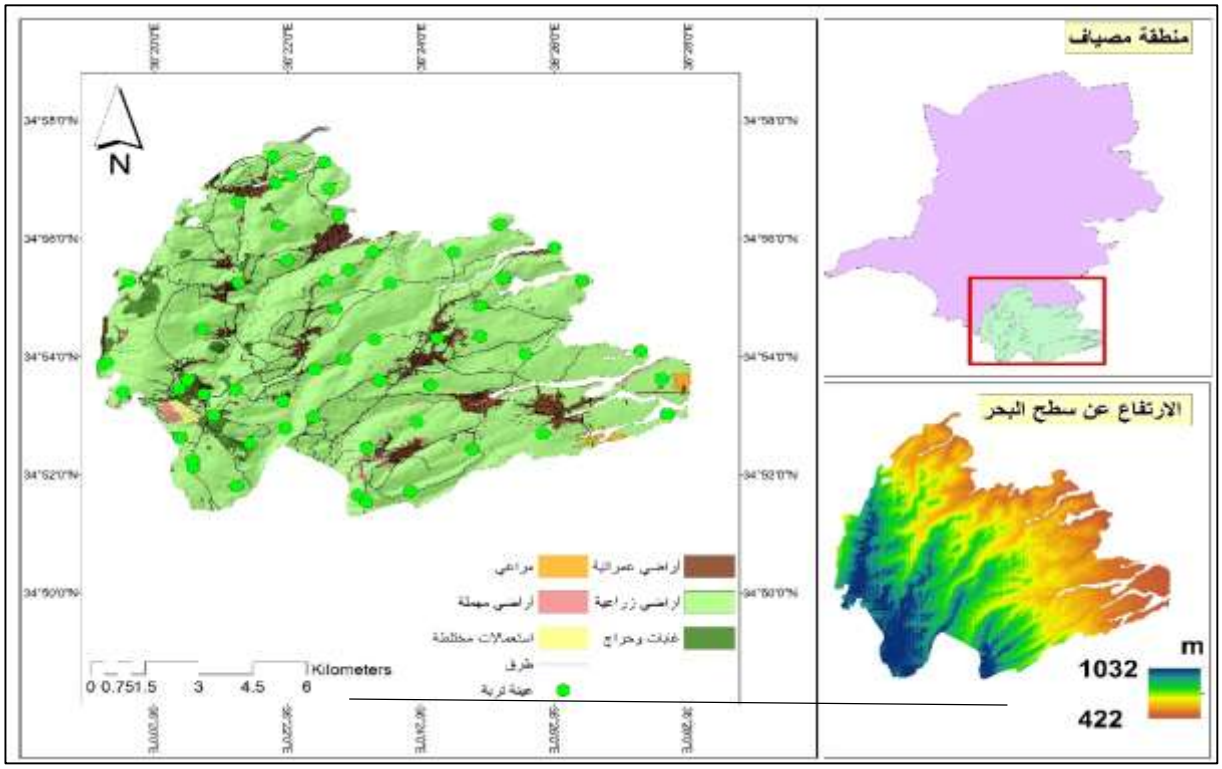
أهداف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة امكانيّة استخدام البيانات الاستشعارية كالصور الفضائية نوع Landsat 8 OLI بالإضافة إلى بعض خصائص الارض الطبوغرافية، وباستخدام الانحدار الخطي المتعدد التدريجي لوضع أفضل نموذج رياضي خطي معبّر عن حالة العناصر الصغرى في ترب المنطقة الجنوبية الغربية من منطقة مصياف ذات المنشأ البازلتي، وتقييمها، مما يسهم في مراقبة تغيّرها بشكل دوري وبوسائل ذات دقة جيدة واقتصادية، مما يسهم في معرفة احتياجات هذه المنطقة بشكل أفضل.

مواد وطرائق البحث:

–موقع الدراسة:

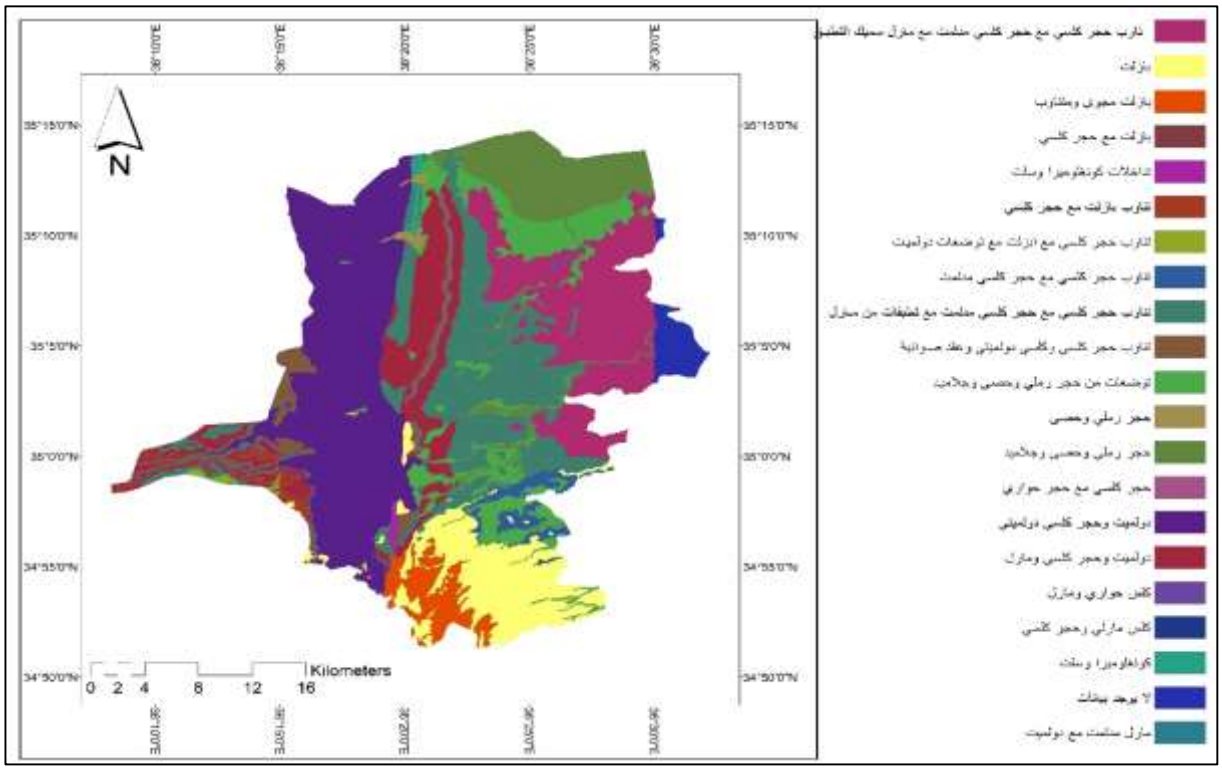
تقع منطقة الدراسة في الجهة الجنوبية من منطقة مصياف – محافظة حماة (الشكل 1) والتي تمتد بين خطي طول 36.311– 36.473 شرقاً ودائرتي عرض 34.85 – 34.96 شمالاً، وتغطي مساحة 89.93 كم^2. تخضع المنطقة لمناخ متوسطي والذي يتميز بأنه مناخ بارد شتاءً وحار صيفاً. يتراوح معدل هطل الأمطار بين 680 في المناطق المنخفضة من منطقة الدراسة إلى 1300 ملم في المناطق الأكثر ارتفاعاً (بيانات محطة تلدو)، ويعد شهر كانون الثاني من أبرد أشهر السنة، حيث تنخفض درجة الحرارة دون الصفر. يعد كل من شهر آب من أشدها حرارة تصل الحرارة العظمى إلى 38 درجة مئوية، متوسط درجات الحرارة السنوية فيبلغ نحو 16 درجة مئوية. (بيانات الارصاد الجوية لمحطة بحوث برشين لمدة 30عام)



الشكل (1) منطقة الدراسة بالنسبة لمنطقة مصياف واستعمالات الأراضي فيها وارتفاعها عن سطح البحر

يعد الاستعمال الزراعي في منقطة الدراسة هو الاستعمال الأكثر شيوعاً، حيث تظهر خارطة استعمالات الاراضي (عمل الباحث استناداً الى منهجية التفسير البصري للصورة الفضائية Landsat8) بأن زراعة الزيتون تسود على المدرجات في المناطق الأقل ارتفاعاً، وزراعة التفاحيات في المنطقة الأكثر ارتفاعاً نظراً لتوفر البيئة الملائمة. بلغت نسبة الأراضي الزراعية في هذه المنطقة 76.45 كم^2 بنسبة 85.094% من كامل منطقة الدراسة. في حين بلغت مساحة الغابات حوالي 5.08 كم^2، والمراعي 0.43 كم^2، أما الأراضي العمرانية، فقد بلغت مساحتها 6.09 كم^2 بنسبة 6.78%، وتراوحت المساحات المتبقية بين الأراضي المهملة وذات الاستعمالات المختلطة (الشكل1) جيولوجياً، بقيت المنطقة فترة طويلة مركزاً للنشاطات البركانية، وتتمثل الصخور الاندفاعية في المنطقة بالبازلت الأوليفيني القاعدي. كما ويلاحظ انتشار الأحجار البازلتية على شكل صبات بازلتية حديثة ذات بنية موشورية (الطحّان، 2010; هزيم، 2014). وتعد منطقة الدراسة جزء من هضبة شين البركانية، تتصف بأنها متباينة في الارتفاع والتضاريس، حيث يتراوح ارتفاعها بين 422– 1032 م عن سطح البحر، ويبرز

فيها قمم عدة وبعض التلال متوسطة الارتفاع، وتتصف المنطقة الجبلية منها بتضاريسها الحادة ذات انحدار شديد. ويتراوح الانحدار في منطقة الدراسة بين 0–63.7%، قد يؤدي ذلك إلى انجراف التربة، لتقل معها السماكة حتى تكاد تنعدم، حيث تنتشر فيها كتل صخرية بأحجام مختلفة تعد عاملاً محدداً للاستثمار الزراعي، وتبدو الصخور البازلتية الأم متكشفة على السطح. وبنتيجة ذلك فإن معظم ترب المنطقة ضحلة إلى متوسطة العمق باستثناء ما تشكل على جوانب الأودية وفي المدرجات المشادة من قبل السكان وبعض المنخفضات (هزيم، 2014).



الشكل (2) الخارطة الجيولوجية لمنطقة مصياف (المؤسسة العامة للجيولوجيا والثرة المعدنية، 1982)

–جمع عينات التربة وتحليلها:

تم جمع 56 عينة تربة من الطبقة السطحيّة اعتماداً على موقعها الطبوغرافي وباستخدام طريقة الشبكة وبعمق (0–30سم) خلال المدة 1–2020/8/25، وتم تحديد احداثياتها الجغرافية باستخدام جهاز تحديد المواقع العالمي GPS (الشكل 1). جففت العينات هوائياً ومن ثم طحنت ونخلت على منخل 2 مم، ومن ثم قدّرت فيها العناصر الصغرى المتاحة في مخبر بحوث حمص – الهيئة العامة للبحوث العلميّة الزراعيّة، حيث تم استخلاصها بمستخلص DTPA والرّج لمدة ساعتين، ومن ثم القياس على جهاز الامتصاص الذري (Lindsay and Norvell, 1978)

–دراسة العوامل الطبوغرافية لمنطقة الدراسة:

يعدّ عامل الطبوغرافيا من أكثر العوامل تأثيراً في عملية تشكل التربة (Mehnatkesh *et al.*, 2013)، ولذلك بهدف الحصول على الخصائص الطبوغرافية لمنطقة الدراسة، تم استخدام نموذج الارتفاعات الرقمي DEM من النوع (Aster GDEM, Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan and the National Aeronautics and Space Administration, 2009) بدقة مكانية 30 م. حيث استخدم في اشتقاق كل من السفح (Aspect)، والانحدار (Slope)، بالإضافة للارتفاع عن سطح البحر (Elevation). واستخدمت صورة فضائية من النوع Landsat 8 OLI (دقة

تمييز مكاني 30م، تم التقاطها بتاريخ 2020/8/24) بهدف اشتقاق بعض القرائن النباتية الطيفية مثل قرينة الاختلاف النباتي المطبع Normalized Difference Vegetation index (NDVI) والقرائن (SAVI، GSAVI)، بالإضافة للقنوات الطيفية (B2، B3، B4، B5، B6،B7) كما يوضحها الجدول (1).

الجدول (1) العوامل الطبيعية والبيانات الاستشعارية الداخلة في النمذجة الرياضية

عوامل النمذجة	مصدر البيانات	المؤشرات	تعريفها	العلاقة الرياضية	المرجع
العوامل الطبوغرافية	DEM	Elevation	الارتفاع عن سطح البحر	-	Pinheiro *et al*., 2018
		Aspect	السفح	-	Castro-Franco *et al*., 2018
		Slope	الانحدار	-	Castro-Franco *et al*., 2018
بيانات استشعارية	LANDSAT 8 OLI	B2	Blue (B)	-	
		B3	Green (G)	-	
		B4	Red (R)	-	
		B5	Near Infrared (NIR)	-	
		B6	SWIR1	-	
		B7	SWIR2	-	
		NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	[(NIR-R)/(NIR+R)]	Foody *et al*., 2001
		SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index	[NIR-R)/(NIR+R+L)] × (1+L)	Pettorelli *et al*., 2005
		GSAVI	Green Soil Adjusted Vegetation Index	[NIR-G)/(NIR+G+0.5)]	Bannari *et al*., 1995
		SARVI2	Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index2	2.5[(NIR-R)/(1+NIR+6R-7.5B)]	Huete *et al*.,1997
		CI	Clay index	SWIR2/SWIR1	Foody *et al*., 2001
		CaCO3-index	Calcium carbonate index	SWIR1/ SWIR2	Foody *et al*., 2001

–التحليل الاحصائي الوصفي للعوامل الداخلة في النمذجة الرياضية:

استخدمت لغة البرمجة الاحصائيّة R في تحديد معايير التحليل الوصفي Descriptive statistics لكل من العناصر الصغرى المتاحة والعوامل الطبيعية والاستشعارية الداخلة قبل البدء في عملية النمذجة من أجل التحقق من توزعها الطبيعي ومدى تباينها، وتضمنت كل من المتوسط mean، والقيمة الدنياminimum، والقيمة العظمىmaximum، والانحراف المعياريstandard deviation، ومعامل التباين coefficient of variation، والالتواء skewness والتفلطح kurtosis. ويحدد معامل التباين مدى التباين في البيانات وتشتتها حول المتوسط، ويصنف عادةً إلى تباين منخفض (CV%>15)، تباين متوسط (CV%:15–35)، وتباين عالي (CV%<35) (Wilding,1985). كما درس التوزع الطبيعي للعوامل الداخلة في عملية النمذجة كافة باستخدام R (rcompanion package) وذلك استناداً على منحنى التوزع الطبيعي Histogram وقيم كل من الالتواء والتفلطح، حيث يجب أن تتراوح قيم الالتواء بين –1 و+1، في حين تتراوح قيم التفلطح بين –3 و+3 حتى يكون التوزع طبيعياً.

3–5–النمذجة الرياضية الاحصائية للعناصر الصغرى المتاحة:

استخدم في وضع الخرائط الرقمية للعناصر الصغرى المتاحة واعتماداً على كامل النقاط (56 عينة) نموذج الانحدار الخطي المتعدد التدريجي Multiple Stepwise Regression والذي يعطى بالمعادلة (McDonald, 2014):

$$Y`=\beta 0+\sum_{j=1}^{p} Xj\beta j \qquad (1)$$

β0: قيمة الثابت، تمثل المصفوفة X_j: المتغيرات الداخلة المساعدة وβj: يمثل المعاملات غير المعروفة للمتغيرات المشتركة. واستخدم البرنامج R في وضع النموذج الرياضي (lme4 package)

–تقييم دقة وكفاءة النموذج الرياضي:

استخدمت طريقة Cross-validation في تقييم أداء النموذج الرياضي المستنتج، وذلك اعتماداً على تقنية 5-fold method(Kuhn and Johnson, 2013) وذلك نظراً لعدم وجود قاعدة بيانات أخرى لنفس منطقة الدراسة يمكن الاستفادة منها في معايرة النموذج، ولمحدودية عدد عينات التربة المستخدمة في الدراسة (Ballabio *et al.*, 2016). وحسبت كفاءة النموذج الرياضي الناتج اعتماداً على معامل التحديد (R^2) coefficient of determination ومعامل التحديد المعدل(R^2_{Adj}) adjusted R^2 ومتوسط الخطأ المطلق MAE والجذر التربيعي لمربع الخطأ Root Mean Square Error (RMSE) كما توضحها المعادلات:

$$R^2=\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}i-y`)^2}{\sum_{i=1}^{n}(yi-y`)^2} \qquad (2)$$

$$R^2_{adj}=1-\frac{n-1}{n-k-1}(1-R^2) \qquad (3)$$

$$MAE=\frac{\sum|\hat{y}i-yi|}{n} \qquad (4)$$

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{n=i}^{1}(yi-\hat{y}i)^2}{n}} \qquad (5)$$

حيث: yi: القيم المقدّرة، $\hat{y}i$: القيم المتوقعة، $y`$: متوسط القيم المقدّرة، K: عدد المتغيّرات، n: عدد النقاط الداخلة في النموذج.

-تقييم حالة العناصر الصغرى:

تم تقييم كمية العناصر الصغرى المتاحة وفقاً (Jones, 2001) كما يوضحها الجدول (2) في منطقة الدراسة، ومن ثم باستخدام أداة Reclassify في برنامج ArcGIS تم إعادة تصنيف ترب المنطقة حسب تركيزها المتاح.

الجدول (2) تصنيف العناصر الصغرى بحسب (Jones, 2001)

العناصر الصغرى	تركيز العناصر في التربة مغ/كغ				
	منخفض جداً	منخفض	متوسط	عالي	عالي جداً
الحديد Fe	5-0	10-5	16-11	25-17	25<
المنغنيز Mn	4-0	8-4	12-9	30-13	30<
الزنك Zn	0.5>	1-0.5	3-1.1	6-3.1	6<
النحاس Cu	0.3>	0.8-0.3	1.2-0.9	2.5-1.3	2.5<
البورون B	0.4>	0.7-0.4	1.2-0.8	1.3	2<

النتائج والمناقشة:

-التحليل الاحصائي الوصفي للعينات الحقلية والبيانات الاستشعارية:

يوضح الجدول (3) التحليل الوصفي للعناصر الصغرى المستخلصة بـ DTPA في ترب منطقة الدراسة (العينات الحقلية)، بالإضافة الى قيم للبيانات الاستشعارية الممثلة لهذه العينات والداخلة في عملية النمذجة الرياضية الاحصائية. ويلاحظ أن كمية الحديد قد تراوحت بين 2.65 و60.9 مغ/كغ وبمتوسط 37.91 مغ/كغ، وتراوحت كمية المنغنيز المتاح بين 4.22 و32.82 مغ/كغ وبمتوسط 16.22 مغ/كغ. أما بالنسبة للزنك فقد تراوح تركيزه في ترب منطقة الدراسة بين 1.08 و5.24 مغ/كغ، في حين تراوحت كمية البورون بين 0.16 و1.5 مغ/كغ، وتراوح النحاس المتاح بين 0.63 و4.25 مغ/ كغ وبمتوسط 1.85 مغ/كغ. درس بالإضافة لذلك معامل التباين CV% والذي يعتبر كمؤشر عن تشتت البيانات حول المتوسط ويوضح الجدول (3) أن كل من الحديد، والزنك، والبورون، والنحاس، السفح، والانحدار، SARVI2 ، EVI، SAVI، NDVI كانت ذات معامل تباين عالي > 35%، في حين كان كل من Clay index، Carbonate index، B5 ، log(B3)،log(B2) ذات معامل تباين منخفض حيث كانت قيم CV% < 15، في حين كان باقي العوامل ذات تباين متوسط(15-35%). كما يبين التحليل الوصفي للبيانات أن معظم العوامل الداخلة في النمذجة الرياضية الاحصائية قد توزعت طبيعياً وذلك اعتماداً على قيم الالتواء والتفلطح، باستثناء كل من العوامل SRVI2، EVI، NDVI، SAVI، B3 ، B2 ولذلك تم تحويل البيانات باستخدام اللوغاريتم العشري ومن ثم إعادة استخدامها في عملية النمذجة.

الجدول (3) التحليل الاحصائي الوصفي للعوامل الداخلة في التنبؤ

البيانات الاستشعارية	Min	Max	Mean	Std. Deviation	CV%	Skewness	Kurtosis
الحديدFe	2.56	60.91	37.91	10.865	41.056	-0.453	0.644
المنغنيزMn	4.22	32.82	16.22	6.659	28.659	0.349	-0.155

0.012	0.845	45.452	1.084	2.39	5.24	1.08	**الزنكZn**
-0.269	0.324	41.781	0.296	0.71	1.50	0.16	**البورونB**
-0.541	0.645	51.833	0.960	1.85	4.28	0.63	**النحاسCu**
-1.159	0.254	24.374	169.910	697.09	998	433	**Elevation**
0.554	0.331	11.965	0.190	1.58	2.08	1.15	**Clay index**
-0.024	-0.664	12.760	0.142	1.11	1.38	0.79	**Carbonate index**
-1.442	0.316	72.068	120.266	166.88	358.15	0.00	**aspect**
0.115	0.812	63.186	5.077	8.04	23.00	1.00	**slope**
0.466	1.201	41.931	0.101	0.24	0.51	0.07	**SARVI2**
0.092	0.587	23.512	0.052	0.22	0.35	0.10	**GSAVI**
0.282	1.056	36.765	0.072	0.19	0.38	0.06	**SAVI**
0.124	1.015	41.002	0.137	0.33	0.66	0.13	**NDVI**
1.309	0.670	27.991	0.033	0.12	0.23	0.06	**B7**
1.349	0.851	21.400	0.040	0.18	0.31	0.11	**B6**
0.273	-0.113	14.468	0.032	0.22	0.29	0.14	**B5**
0.205	0.447	33.356	0.037	0.11	0.21	0.05	**B4**
3.139	1.234	24.940	0.025	0.10	0.19	0.06	**B3**
6.099	1.732	18.028	0.018	0.10	0.18	0.07	**B2**
0.395	0.357	25.550	0.167	-0.65	-0.30	-0.03	**Log (SARVI2)**
0.395	0.357	25.550	0.167	-0.65	-0.30	-0.13	**Log (EVI)**
0.660	0.154	20.501	0.151	-0.74	-0.42	-0.19	**Log (SAVI)**
-0.076	0.191	33.241	0.169	-0.51	-0.18	-0.90	**Log (NDVI)**
0.439	0.294	10.092	0.103	-1.02	-0.72	-0.20	**Log (B3)**
2.107	0.774	7.165	0.072	-1.01	-0.75	-0.13	**Log (B2)**

–النمذجة الرياضية للعناصر الصغرى المتاحة:

استخدم الانحدار الخطي المتعدد التدريجي في وضع النموذج الاحصائي للعناصر الصغرى من خلال الربط بين البيانات الاستشعارية والقيم الحقيقية الحقلية لتلك العناصر، وذلك باستخدام البرنامج الاحصائي R وأظهرت النتائج أنه يمكن تقدير العناصر الصغرى وفق المعادلات التالية:

Fe mg/Kg= 0.019* Elevation -12.873*carbonate index+21.962 (6)

Mn mg/Kg= 0.013* Elevation +33.439*GSAVI+0.864 (7)

Zn mg/Kg= -0.002* Elevation +3.552 (8)

Cu m g/Kg= 0.004* Elevation +8.038*B5-2.762 (9)

B mg/Kg= -0.642*Log (EVI)+0.292 (10)

–تقييم كفاءة النموذج:

تم التحقق من كفاءة النموذج الرياضي من خلال دراسة معامل الارتباط Coefficient of Correlation بين البيانات الاستشعارية المستخدمة وقيم العناصر الصغرى الحقلية، حيث يعبر معامل الارتباط عن قوة واتجاه العلاقة بين المتغيرات

(Xu, 2012). ويوضح الجدول (4) قوة علاقة الارتباط للنموذج الرياضي المستنتج للحديد حيث بلغت 90.3% مما يدل على علاقة قوية بين كل من تركيز الحديد في التربة وبين كل من الارتفاع عن سطح البحر وهي علاقة طردية، في حين أن الحديد تناسب عكساً مع مؤشر كربونات الكالسيوم Carbonate index. ويشرح كل من معامل التحديد ومعامل التحديد المعدل مدى جودة العلاقة بين القيم المتنبئ بها والقيم الحقيقية لخصائص التربة المدروسة (Bai *et al.*, 2016) وبلغت قيم كل من معامل التحديد والتحديد المعدل للنموذج الرياضي للحديد 81.5، 80.8 % على التوالي. تظهر إحدى المشاكل المرتبطة بمعامل التحديد R^2 كمقياس لجودة النموذج، في أن قيمة هذا المعامل يُمكن أن تتزايد بإضافة المزيد من المُتغيرات للنموذج، ما يجعل استخدام معامل التحديد المعدل أكثر دقة ولذلك يتم اعتماد معامل التحديد المعدل عوضاً عنه. وبشكل عام يمكن وصف النموذج بأنه قويrobust، حيث أنه قادر على تفسير حوالي من 81.5% من القيم الحقيقة لقيم الحديد في الترب البازلتية في منطقة الدراسة. يشير الجذر التربيعي لمربع الخطأ RMSE إلى قيمة الخطأ المطلق المقدر (Bai *et al.*, 2016) ويبين الجدول (4) أن قيمة RMSE قد بلغت 2.183 مغ/ كغ، في حين بلغت قيمة متوسط الخطأ المطلق MAE 0.744.

الجدول (4) تقييم كفاءة النماذج الرياضية وفق بعض المؤشرات الاحصائية

كفاءة النموذج	R	R^2	R^2_{adj}	MAE	RMSE
	%			-	مغ/كغ
الحديدFe	90.3	81.5	80.8	0.744	2.183
المنغنيزMn	81.2	66.1	64.7	0.562	2.091
الزنكZn	60.7	36.9	35.7	0.088	0.455
النحاسCu	75.4	56.8	55.3	0.071	0.580
البورونB	51.6	26.6	25.3	0.016	0.189

أما بالنسبة للمنغنيز، فقد لوحظ أيضاً وجود علاقة ارتباط قوية 81.2% مع المتغيرات المعبرة عن النموذج، حيث كانت العلاقة طردية مع الارتفاع عن سطح البحر، ومع المؤشر النباتي GSAVI. ومن الجدول 4 يلاحظ أن النموذج قادر على تفسير حوالي 66.1% من النقاط الحقلية ويتصف بقدرة تفسير متوسطة في حين كان معامل التحديد المعدل =64.7%. أما بالنسبة لمعايرة النموذج فقد تبين أن نسبة الخطأ المطلقMAE =0.562 والجذر التربيعي لمربع الخطأ RMSE= 2.091 مغ/كغ. ارتبط الزنك بعلاقة ارتباط متوسطة عكسية مع الارتفاع عن سطح البحر كعامل وحيد في النموذج الرياضي المعبر عن الزنك واستطاع النموذج أن يفسر نحو 36.9% من مجمل النقاط الحقلية، في حين كان معامل التحديد المعدل 35.7%. أما بالنسبة لمعايرة النموذج فقد تبين أن متوسط الخطأ المطلق MAE= 0.088 وRMSE= 0.455 مغ/كغ. أما بالنسبة للنحاس فقد ارتبط بعلاقة ارتباط قوية نسبياً بكل من الارتفاع عن سطح البحر والانعكاسية الطيفية للمجال تحت الأحمر القريب B5 حيث بلغت قيم الارتباط R= 75.4%، في حين كان النموذج له القدرة على تفسير 56.8% من كامل النقاط الحقلية. وعند معايرة النموذج فقد تبين أن MAE = 0.071 وRMSE=0.582 مغ/كغ. وأخيراً، يوضح الجدول أن البورون ارتبط بعلاقة ارتباط متوسطة عكسية مع لوغاريتم المؤشر النباتي EVI، في حين كان معامل التحديد R^2= 26.6% ومعامل التحديد المعدلR^2_{adj} =25.3%. كما تبين أن MAE= 0.016 وRMSE=0.189 مغ/كغ.

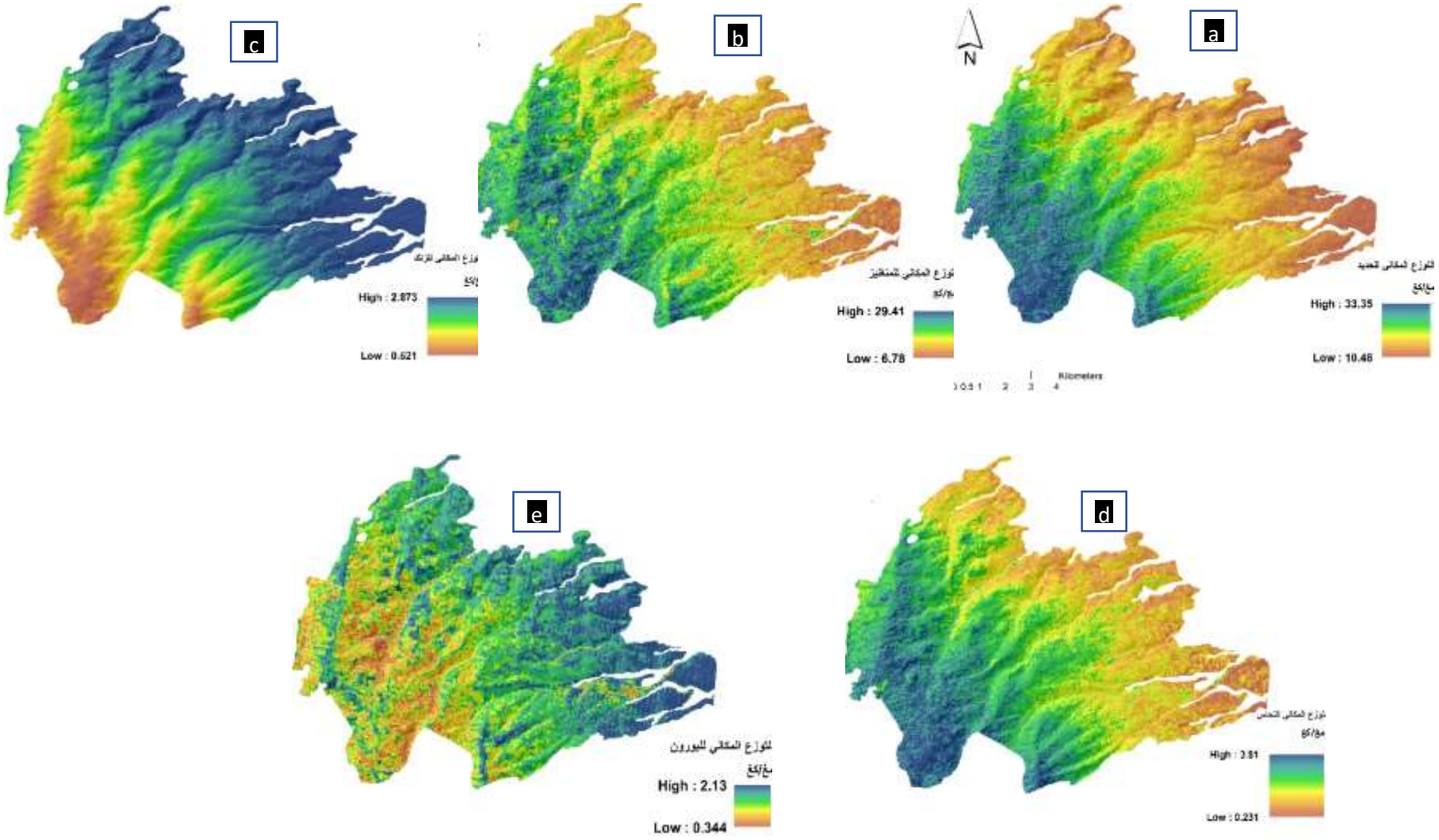
-التوزع المكاني للعناصر الصغرى وتقييم حالتها:

طُبقت النماذج الرياضية باستخدام برنامج ArcGIS بواسطة الأداة Raster calculator، حيث يوضح الشكل (5) التوزع المكاني للعناصر الصغرى المتاحة في منطقة الدراسة. تراوحت كمية الحديد المتنبئ بها في منطقة الدراسة بين 10.48 و33.35 مغ/كغ، والمنغنيز بين 6.78 و29.41 مغ/كغ، والزنك بين 0.521 و2.873 مغ/كغ، وللنحاس بين 0.231 و3.81 مغ/كغ، وللبورن 0.344 و2.13 مغ/كغ الشكل (3). ولتقييم حالة العناصر الصغرى استخدمت الأداة Reclassify في برنامج ArcGIS في تقسيم منطقة الدراسة إلى صفوف وفقا للجدول (2) حسب (Jones, 2001) بالإضافة لحساب مساحاتها ونسبها المئوية. ويوضح الجدول (5) صفوف تقييم حالة العناصر الصغرى ومساحتها ونسبها المئوية. وبحسب الجدول (5) فإن حوالي 55.4% من منطقة الدراسة ذات مستوى عالي من الحديد وبمساحة 49.83 كم^2، في حين أن 18.82% منها كانت بمستوى عالي جداً وتركزت في المنقطة الأعلى ارتفاعاً وبمساحة 16.91كم^2، في حين كانت المساحة المتبقية ذات مستوى متوسط من الحديد وبمساحة 2.19 كم^2 وتركزت هذه المنطقة في الأراضي المنخفضة نسبياً في منطقة الدراسة (الشكل 4a). كما يوضح الجدول أن 38.63% من منطقة الدراسة كانت بمستوى منغنيز منخفض تركزت في المناطق المنخفضة نسبياً وبمساحة 34.74 كم^2، في حين أن 25.48% من أراضيها كانت بمستوى عالي من المنغنيز تركزت في المناطق الأكثر ارتفاعاً (الشكل 4b). أما بالنسبة للزنك فقد تبين أن أراضي منطقة الدراسة تراوحت بين المستوى المنخفض والمتوسط وبنسب 40.62، 59.38 % على التوالي (الشكل 4c). وبالنسبة للنحاس فقد وجد أن معظم أراضي منطقة الدراسة (68.69%) بمستوى عالي وبمساحة 61.77 كم^2، و16.71% بمستوى متوسط و12.275% بمستوى عالي جداً (الشكل 4d). كما تبين أن معظم ترب منطقة الدراسة تراوحت بين المستوى المنخفض والمتوسط للبورون، حيث أن 54.09% من كامل منطقة الدراسة كانت بمستوى منخفض من البورون وبمساحة 48.94 كم^2، في حين أن 39.32% منها كانت بمستوى متوسط، و5.6% كانت بمستوى عالي ومساحات محدودة جداً كانت إما بمستوى منخفض جداً أو عالي جداً (الشكل4e). تبين النتائج أن عناصر الحديد، والمنغنيز والنحاس قد تأثرت بشكل مباشر بالارتفاع عن سطح البحر، وقد يعود السبب إلى انخفاض قيم رقم الحموضة مع زيادة الارتفاع عن سطح البحر، ونتيجة الهطول المطري العالي في المناطق المرتفعة، بالإضافة إلى أن طبيعة المادة الأم البازلتية في هذه المنطقة المدروسة، مما يعمل على غسل مكونات التربة بما فيها كربونات الكالسيوم من تربها (حبيب، 2006)، في حين تتراكم الكاتيونات القاعدية (Ca^{+2}، Mg^{+2}، K^{+}) وكربونات الكالسيوم في المناطق المنخفضة (Northcott et al., 2009)، مما قد يفسر المحتوى العالي والعالي جداً من هذه العناصر في الارتفاعات العالية وانخفاضها تدريجيا مع الارتفاع. سلك الزنك سلوك مغاير للعناصر الصغرى السابقة، حيث تزايدت محتوى الترب في المناطق الأقل ارتفاعاً وقلت مع الارتفاع، وقد يعود السبب في ذلك أن هذه المناطق رائدة بزراعات التفاحيات والتي يعنى بتسميدها جيداً وخاصة التسميد الفوسفاتي، ووجد أن تركيز الزنك يصبح قليل في الترب التي يتم فيها التسميد الفوسفاتي، حيث يشكل معه فوسفات الزنك قليل الذوبان(Havlin et al., 1999)، في حين في المناطق الأخفض تنتشر فيها زراعة الزيتون قليلة التسميد، كما أن انجراف التربة يسهم بشكل مباشر في نقل العناصر الصغرى إلى المناطق الأقل ارتفاعاً (هزيم، 2014). بالنسبة للبورون قد يفسر المستوى المنخفض على مستوى مساحات واسعة من منطقة الدراسة إلى إن المادة الأم البازلتية تعد فقيرة بهذا العنصر لا تتجاوز نسبته 5 مغ/كغ، حيث تم فقده بشكل غازات أثناء

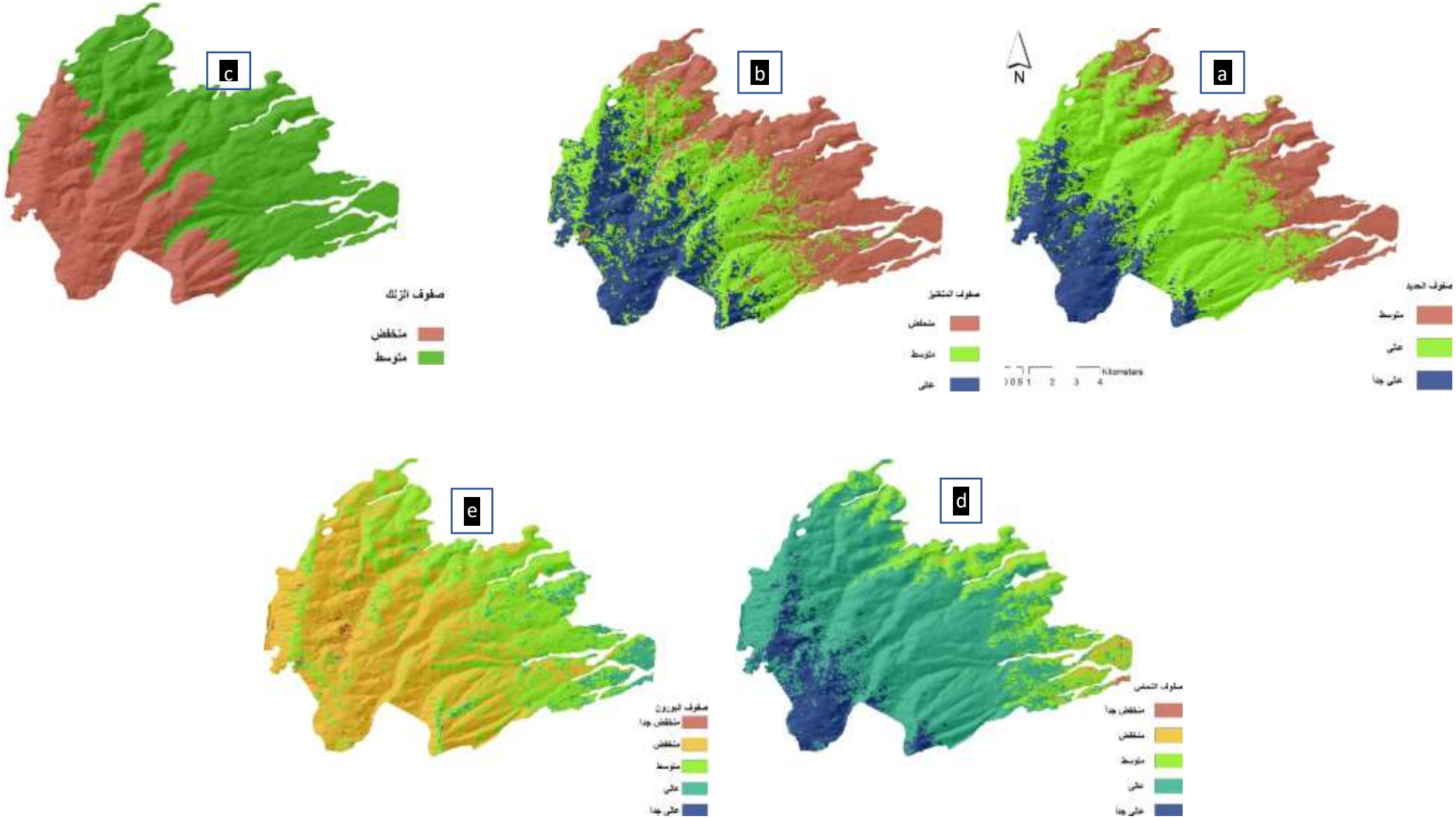
مرحلة الحمم البركانية. كما أن وجود التراكيز العالية من العناصر الصغرى الأخرى إضافة إلى الألمنيوم الذائب تسبب في تحوله إلى معقدات أقل ذوبان في التربة (Hodges, 2000)، وتتوقف نسبة البورون في التربة على عدة عوامل منها: نوع التربة، كمية المادة العضوية، وكمية الأمطار التي تعمل على إزالته خارج مقطع التربة.

الجدول (5) صفوف تقييم حالة العناصر الصغرى ومساحتها ونسبها المئوية

العناصر الصغرى	صفوف التقييم	المساحة	النسبة المئوية
الحديد Fe	متوسط	23.19	25.78
	عالي	49.83	55.4
	عالي جداً	16.91	18.8
المنغنيزMn	منخفض	34.74	38.63
	متوسط	32.28	35.89
	عالي	22.91	25.48
الزنكZn	منخفض	36.5	40.62
	متوسط	53.43	59.38
النحاسCu	منخفض جداً	0.148	0.165
	منخفض	1.95	2.16
	متوسط	15.032	16.71
	عالي	61.77	68.69
	عالي جداً	11.03	12.275
البورونB	منخفض جداً	0.814	0.91
	منخفض	48.94	54.09
	متوسط	35.08	39.32
	عالي	5.06	5.6
	عالي جداً	0.058	0.08



الشكل (3) التوزع المكاني للعناصر الصغرى: a: الحديد، b: المنغنيز، c: الزنك، d: النحاس، e: البورون



الشكل (4) تقييم حالة العناصر الصغرى:a : الحديد، b: المنغنيز، c: الزنك، d: النحاس، e: البورون

الاستنتاجات:

1- يمكن الاستفادة من البيانات الاستشعارية في تقدير وتقييم حالة العناصر الصغرى في منطقة الدراسة، مما يوفر الجهد والوقت والتكلفة الاقتصادية لتحديد المناطق الأكثر عوزاً من هذه العناصر.

2- أظهرت الدراسة أن معظم الأراضي ذات مستوى عالي من النحاس، كما أن الحديد والمنغنيز متوفران في ترب منطقة الدراسة بمستوى بين المتوسط والعالي، في حين كانت بمستوى من المنخفض للمتوسط بالنسبة للزنك، والبورون في معظم أراضي منطقة الدراسة.

3- بينت الدراسة أن العامل الطبوغرافي وبخاصة الارتفاع عن سطح البحر كان العامل الأكثر تأثيراً في كمية الحديد، والمنغنيز، والنحاس بعلاقة طردية، في حين سلك الزنك سلوكاً مغايراً، وكان تأثير الارتفاع عن سطح البحر ذو تأثير عكسي.

المراجع:

الطحان، ابراهيم (2010). التقرير الاقتصادي الأولي لرقعة قلعة الحصن. المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية.

المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية (1982). الخارطة الجيولوجية لمنطقة الحصن. دمشق، سورية.

بهلوان، محمد حسام (2010). تقدير محتوى التربة من الجبس باستخدام بيانات الانعكاسية الطيفية في ترب حوض مسكنة شرق حلب. مجلة بحوث جامعة حلب، المجلد 87.

حبيب، حسن (2006). دراسة بيدولوجية لترب سلسلة طبوغرافية في منطقة ضهر الجبل محافظة السويداء. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 22 (1):181-209.

هزيم، صفاء (2014). دراسة الخصائص البيدولوجية لترب متطورة على بازلت في منطقة (ضهر القصير) وتصنيفها. رسالة ماجستير. قسم علوم التربة، كلية الزراعة، جامعة دمشق، دمشق، سوريا.

هنيدي، فاتن ووسيم المسبر ويونس ادريس (2014). دراسة تغيّر محتوى ترب سهل الحير الشرقي من كربونات الكلسيوم باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، مجلة جامعة دمشق للعوم الزراعية. المجلد 30(4):41-51.

Bai, L., C., Sh. Wang, Y. Zang, Q. Zhang, and Y. Wu (2016). Remote Sensing of Soil Alkalinity and Salinity in the Wuyu'er-Shuangyang River Basin, Northeast China, Remote Sens. 8, 163; doi:10.3390/rs8020163.

Bannari, A., D. Morin, F. Bonn, and A. R. Huete (1995). A review of vegetation indices.

Ballabio, C., P. Panagos, and L. Monatanarella (2016). Mapping topsoil physical properties at European scale using the LUCAS database. Geoderma, 261:110–23.

Byrne, J.M., and M. Yang (2016). Spatial variability of soil magnetic susceptibility, organic carbon and total nitrogen from farmland in northern China, Catena 145: 92–98.

Castro-Franco M, M.B. Domenech, M.R. Borda, and J.L. Costa (2018). A spatial dataset of topsoil texture for the southern argentine pampas. Geoderma Reg, 12:18–27.

Foody, G.M., M. Cutler. J. Mcmorrow. D. Pelz. H. Tangki. D.S. Boyd and I. Douglas (2001). Mapping the biomass of Bornean tropical rain forest from remotely sensed data. J. Global Ecology Biogeography, 10: 379-387.

Forkuor, G., O.K. Hounkpatin, G. Welp, and M. Thiel (2017). High resolution mapping of soil properties using remote sensing variables in South-Western Burkina Faso: a comparison of machine learning and multiple linear regression models. PLoS One, 12, e0170478.

Hartemink, A.E, and A.B. McBratney (2008). A soil science renaissance. Geoderma, 148: 123–129.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson (eds.) (2009). Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management (6th Ed.). Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.cord .

Hodges, S. C (2000). Soil fertility basics. NC Certified Crop Advisor Training Soil Science Extension. North Carolina State University.

Huete, A. R., H. Q. Liu, K. Batchily, and W.V. Leeuwen (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS.

Jones, J.B., Jr. (2001). Laboratory guide for conducting soils tests and plant analysis. CRC Press, Boca Raton Florida, USA.

Khaledian, Y., E.C. Brevik, P. Pereira, A. Cerda, M.A. Fattah, and H. Tazikeh (2017). Modeling soil cation exchange capacity in multiple countries. Catena, 158: 194–200.

Kuhn, M, and K. Johnson (2013). Applied predictive modeling. 1st ed. New York: Springer.

Khallouf, A., S. Hinnawi, W. Al-mesber, S. Shamsham, and Y. Idreis (2020). Digital Mapping of Soil Properties in the Western-Facing Slope of Jabal Al-Arab at Suwaydaa Governorate, Syria. JJEES, 11 (3): 193-201.

Lindsay, W.L, and W.A. Norvell (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J, 42: 421–428.

McBratney, A.B., M.M. Santos, and B. Minasny (2003). On digital soil mapping, Geoderma. 117: 3–52.

McDonald, J.H (2014). Handbook of biological statistics. 3rd ed. Baltimore: Sparky House Publishing.

Mehnatkesh, A., S. Ayoubi, A. Jalalian, and K.L.Sahrawat (2013). Relationships between soil depth and terrain attributes in a semi-arid hilly region in western Iran. J. Mt. Sci, 10(1): 163–172.

Minasny, B., and A.E. Hartemink (2011). Predicting soil properties in the tropics. Earth Sci. Rev, 106: 52–62.

Minasny, B., A.B. McBratney, B.P. Malone, and I. Wheeler (2013). Chapter one - digital mapping of soil carbon. In: Sparks, D.L. (Ed.), Advances in Agronomy. Academic Press, pp: 1–47.

Mulder, V., S. De Bruin, M. Schaepman, and T. Mayr (2011). The use of remote sensing in soil and terrain mapping-a review. Geoderma, 162: 1–19.

Northcott, M.L., M.N. Gooseff, J.E. Barrett, L.H. Zeglin, C.D. Takacs-Vesbach, and J. Humphrey (2009). Hydrologic characteristics of lake and stream-side riparian margins in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica, Hydrol. Process, 23: 1255-1267.

Parnes, R (1990). Fertile Soil: A Grower's Guide to Organic and Inorganic Fertilizers, Chapter 2, pp. 9-19; Chapter 16 (micronutrients)

Pettorelli, N., J.O. Vik, A. Mysterud, J.M. Gaillard, C.J. Tucker, and N.C. Stenseth (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. J. Trends Ecology Evolution, 9:503-510.

Pinheiro, H.S.K., W. de Carvalho, C.D. Chagas, L.H.C. dos Anjos, and P.R. Owens (2018). Prediction of topsoil texture through regression trees and multiple linear regressions. Rev Bras Cienc Solo, 42:1–21.

Rodrigo-Comino, J., J.M. Senciales., A. Cerda, and E.C. Brevik (2018). The multidisciplinary origin of soil geography: a review. Earth Sci. Rev, 177: 114–123.

Taghizadeh-Mehrjardi, R., K. Nabiollahi, and R. Kerry (2016). Digital mapping of soil organic carbon at multiple depths using different data mining techniques in Baneh region Iran. Geoderma, 266: 98–110.

Pahlavan-Rad, M.R, and A. Akbarimoghaddam (2018). Spatial variability of soil texture fractions and pH in a flood plain (case study from eastern Iran). Catena, 160: 275–281.

Ranjbar, F., and M. Jalali (2016). The combination of geostatistics and geochemical simulation for the site-specific management of soil salinity and sodicity. Comput, Electron. Agric, 121: 301–312.

Umali, B.P., D.P. Oliver, S. Forrester, D.J. Chittleborough, J.L. Hutson, R.S. Kookana, and B. Ostendorf (2012). The effect of terrain and management on the spatial variability of soil properties in an apple orchard. Catena, 93: 38–48.

Vasques, G. M., S. Grunwald, and J. Q. Sickman (2008). Comparison of multivariate methods for inferential modeling of soil carbon using visible/near-infrared spectra. Geoderma, 146, 14–25.

Wilding, L. P (1985). Spatial Variability: its documentation, accommodation, and implication to soil surveys. In Nielsen, DR. Bouma, J. (Eds.). Soil Spatial Variability, Pudoc, Wageningen, Netherlands.

Wilson, H.F., S. Satchithanantham, A.P. Moulin, and A.J. Glenn (2016). Soil phosphorus spatial variability due to landform, tillage, and input management: a case study of small watersheds in southwestern Manitoba. Geoderma, 280: 14–21.

Xu, J.H (2012). Mathematical Methods in Contemporary Geography; Higher Education Press. Beijing, China.

Using Remote Sensing Data to Micronutrients Prediction in Basalt- Developed Soils in Misyaf Region- Hamah Governorate

Alaa Khallouf [(1)*], Sameer Shamsham[(1)] and Younis Idriss[(2)]

(1). department of Soil and Land reclamation- Faculty of Agriculture- Al-Baath University, Homas, Syria.

(2) .Researcher, General Organization of Remote Sensing (GORS)

(*corresponding: Eng. Alaa Khallouf Email: alaakhallouf@gmail.com).

Received: 21/11/2020 Accepted: 10/05/2021

Abstract

The research aims to study of using remote sensing data, including Landsat 8 OLI and DEM (Digital Elevation Model), to predict available micronutrients (Fe, Mn, Zn, Cu, B) in Misyaf region- Hamah governorate. 56 soil samples were taken in August 2020. The Landsat 8 OLI image was processed and some vegetation indices (NDVI, SAVI, GSAVI) were derived. A Stepwise regression was set based all soil samples in adopting micronutrients- predictive models, while cross-validation method was used to evaluate the performance and the accuracy of the model based on the coefficient of determination(R^2), the adjusted coefficient of determination (R^2adj), mean absolute error (MAE), and root mean square error (RMSE). The results revealed that the topographic factor, particularly elevation, was the most significant factor in predicting Fe, Mn, and Cu with a positive relationship, while Zn had a different behavior, since EVI index was the most important index in predicting of boron. The performance validating the of the models show, the coefficient of determination and the adjusted coefficient of determination of the Fe model were 81.5 and 80.8%, respectively, with RMSE = 2.183 mg/kg, and MAE = 0.744. For manganese, it was found that the model with R^2 = 66.1%, while the adjusted coefficient of determination = 64.7%, for calibration of the model, it was found that MAE = 0.562 and RMSE = 2.091 mg / kg.

Key words: Basalt-developed Soils, Landsat8 OLI, Micronutrients, Multiple Linear Regression, Misyaf.