

AHP and GIS Based Land Suitability Analysis for Wheat Cultivation in Central Syria

*Alaa Khallouf¹ and Safwan A. Mohammed*², Waseem Almesber³*

¹General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR)

² Debrecen University- Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management

³ Soil Sciences Department Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria

Received on 8/3/2018 and Accepted for Publication on 15/11/2020.

ABSTRACT

In developing countries, where resources are often scarce, land availability, and sustainability for agriculture production is a critical issue. This paper presents an integrated approach to contribute to the process of agricultural land suitability analysis using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographic Information System (GIS) methods. The combined AHP and GIS methodology which consists of stages such as structuring AHP hierarchy, describing evaluation criteria, doing Pairwise comparisons, and preparing criterion maps and land suitability maps has been applied to identify the Wheat land suitability in Joureen region in Al-Ghab plain. This study takes in consideration eight criteria: soil texture, slope, soil depth, organic matter content, calcium carbonate content (CaCO₃), cation exchangeable capacity (CEC), pH, and electrical conductivity (EC). The results show that 25.6% of studied area is highly suitable, 56.33% is moderately suitable, 16.45% is marginally suitable, and 1.61% is unsuitable lands for wheat cultivation.

Keywords: land Evaluation, land suitability, subhumid region, AHP, GIS.

*Corresponding Author: (safwan.mohammad.bcdu@gmail.com)

استخدام النمذجة الرياضية AHP ونظم المعلومات الجغرافية GIS في تقييم ملائمة الأراضي لزراعة القمح في وسط سوريا

علاء خلوف¹ وصفوان علي محمد^{2*} و وسيم المسير³

¹ مساعد باحث، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سوريا

² طالب دكتوراه، جامعة دبرسن، هنغاريا

عنوان المراسلة: safwan.mohammad.bcd@gmail.com

³ أستاذ علم التربة، جامعة دمشق، سوريا.

تاريخ استلام البحث 2018/3/8 وتاريخ قبوله 2020/11/15.

ملخص

مع التغيرات المتلاحقة في النمو السكاني وازدياد الطلب على الغذاء في الدول النامية، أصبحت إدارة الموارد الطبيعية والمحدودة، بطريقة منهجية وعلمية ومستدامة أمراً ضرورياً. ويهدف هذا البحث إلى تقديم نهج متكامل لعملية تحليل ملائمة الأراضي الزراعية لنمو محصول القمح في منطقة جورين من سهل الغاب في سوريا باستخدام نموذج التسلسل الهرمي التحليلي (AHP) ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS). و لتقييم درجة الملاءمة، تم تحديد ثمانية معايير وهي: نسيج التربة، الميل، عمق التربة، محتوى المادة العضوية، محتوى كربونات الكالسيوم (CaCO_3)، سعة التبادل الكاتيوني (CEC)، درجة الحموضة (PH)، والتوصيل الكهربائي (EC)، ثم تم إعداد الخرائط اللازمة وفي مرحلة لاحقة تم إجراء المقارنات الثنائية بين المعايير المدروسة. وأظهرت النتائج أن 25.6% من المساحة المدروسة مناسبة جداً وذات ملائمة عالية S1، بينما شكلت نسبة المناطق المتوسطة الملاءمة S2 56.33%، وتوزعت 16.45% من أراضي منطقة الدراسة بملاءمة هامشية S3، وكانت 1.61% هي أراضي غير صالحة لزراعة القمح N1.

الكلمات الدالة: تقييم الأراضي، تحليل الملاءمة، أراضي المتوسط شبه الرطبة، AHP، GIS.

المقدمة

أحد أهم التحديات في الألفية الحالية (Godfray and Garnett, 2014, Mohammed et al. 2020a, McClung, 2014, Orhan et al. 2003, Alsafadi, et al. 2020, Mohammed et al. 2020d)، وبالتالي تعتبر الإدارة الفعالة والمستدامة للقطاع الزراعي أهم الخطوات التي يجب اتخاذها للوصول إلى الأمن الغذائي المحلي والعالمي (Zabihi et al, 2015)، من خلال تبني نهج الزراعة

يشكل الازدياد العالمي المتسارع في أعداد السكان ولاسيما في البلدان النامية و تدهور الأراضي الزراعية إضافة إلى التصحر والملح والتغير المناخي المتسارع وانخفاض الإنتاجية الزراعية أهم الصعوبات لتأمين الاستقرار في الإنتاج الغذائي العالمي، حيث يعتبر تأمين الغذاء لمواجهة الانفجار السكاني

الثبات (consistency index)، ويشكل دمج AHP مع GIS اتجاهًا حديثًا في دراسات ملائمة الأراضي واستعمالاتها (Cambell *et al.*, 1992, Kalogirou, 2002, Malczewski, 2004, 2006, Perveen *et al.*, 2007, Mendas and Delali. 2012, Nyeko, 2012). إذ تعتبر تقنية AHP أحد الأدوات المهمة في اتخاذ القرار من خلال منظومة هرمية لتحديد الهدف والمشكلة وتحديد المعايير الأولية والثانوية مع تحديد أوزانها من أجل صياغة نموذج الملائمة المناسب (Vaidya & Kumar, 2006, Miller *et al.* 1998, Roig-Tierno *et al.* 2013; Chen *et al.* 2013). أشار Bozdogan وآخرون (2016) عند استخدام تقنية AHP لتحليل ملائمة الأراضي في منطقة Cihanbeyli في تركيا أن 7.1% من منطقة الدراسة ملائمة للزراعات المروية، بينما 56.77% ملائمة للزراعة البعلية من خلال استخدام معايير التربة والمناخ والطبوغرافيا والمياه الجوفية، (Bijanzadeh and Mokarram, 2013).

وعند دراسة ملائمة خصائص التربة لزراعة القمح في منطقة Shiraz في إيران، باستخدام AHP من خلال سبعة معايير للتربة: نسيج التربة، الحموضة، سعة التبادل الكاتيوني، والأزوت (N) والفوسفور (P) والبوتاسيوم (K) و المادة العضوية تبين أن 15% ذات خصوبة عالية، بينما 23% من منطقة الدراسة ذات خصوبة متوسطة، وكانت 45% من المساحة المدروسة منخفضة الخصوبة وشكلت المناطق المنخفضة الأراضي عالية الخصوبة جداً 16% من مساحة منطقة الدراسة، كما استخدم Sarkar وآخرون (2014) برنامج GIS باستخدام التحليل متعدد المعايير (multi-criteria) في Purulia في الهند، لدراسة ملائمة زراعة محصول القمح، وخلصت الدراسة إلى أن قيود الزراعة (العوامل المحددة) هي غياب الصرف الزراعي و قلة عمق التربة. وأما في سوريا، فتغيب إلى حد كبير الدراسات المتعلقة بتقييم الأراضي واستعمالاتها، ما خلا بعض الدراسات الحديثة، فقد أشار حبيب ومحمد (2016) عند دراسة وتقييم أراضي سهل عكار باستخدام الطريقة العددية إلى أن عوائق الاستثمار الأمثل للزراعة تتمثل بمحددات خصوبة أو فيزيائية. وبالتالي فإن هذا البحث يهدف إلى تقييم ملائمة أراضي منطقة جورين

المستدامة في جميع الدول والتي تهدف إلى تأمين التوازن بين المقدرة الإنتاجية للأرض من جهة و متطلبات المحاصيل من جهة أخرى للوصول إلى إنتاجية مستدامة على المدى الطويل (Joshua *et al.*, 2013; Zarkesh *et al.* 2010)، وبالتالي فإن اختيار أفضل موقع للإنتاج الزراعي في سياق تحليل ملائمة الأراضي هو عملية معقدة لا تنطوي على المتطلبات الفنية فحسب، بل تتعداها إلى الظروف المادية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية (Joshua *et al.*, 2013, Sys *et al.*, 1991).

وهناك العديد من المنهجيات المستخدمة لتقييم مدى ملائمة الأراضي للممارسات الزراعية، إذ تعتبر الطريقة العددية (Parametric method) (Sys *et al.*, 1991) إحدى الطرق التقليدية لتقييم مدى ملائمة الأراضي، ويتم مطابقة صفات الأرض (Land characteristics) مع متطلبات المحصول (Crop requirements)، ليتم تحديد الملاءمة ضمن رتبتين ملائم (S) وغير ملائم (N) وتقسم كل رتبة إلى مجموعة من الصفوف: ملائمة عالية 1 و ملائمة متوسطة 2 وملائمة هامشية 3. وأما إطار تقييم الأراضي الصادر عن منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 1976) فيعتمد على البيانات المناخية والتضاريس وخصائص التربة للحكم على ملائمة الأراضي ضمن مقياس وصفي يتراوح بين مناسب للغاية وغير مناسب.

ويعد تحديد وزن كل عامل يؤثر على الملاءمة لإنتاج المحاصيل الزراعية، العملية الأساسية لتحديد صحة ودقة مخرجات عملية التقييم، مع الأخذ بعين الاعتبار وجود معايير متعددة ومتداخلة مع بعضها مما يجعل عملية التقييم معقدة نظراً لاختلاف أوزان العوامل ونسبة تداخلها مع بعضها وتأثيرها على عملية التقييم (Elsheikh *et al.*, 2013).

ومن بين الطرق العديدة لتحديد أوزان المعايير وتداخلها مع بعضها تعتبر تقنية AHP (Saaty, 1980, Malczewski, 2004) أفضل تقنية للتعامل مع عوامل متعددة وغير متجانسة التي تقوم على هيكل هرمي لتمثيل أهمية وعلاقات المعايير المدروسة (Zhang *et al.* 2015)، من خلال مقارنات ثنائية لتبسيط العملية وتركيز الأهمية النسبية بين العوامل التي يتم التحكم بها من خلال مؤشر

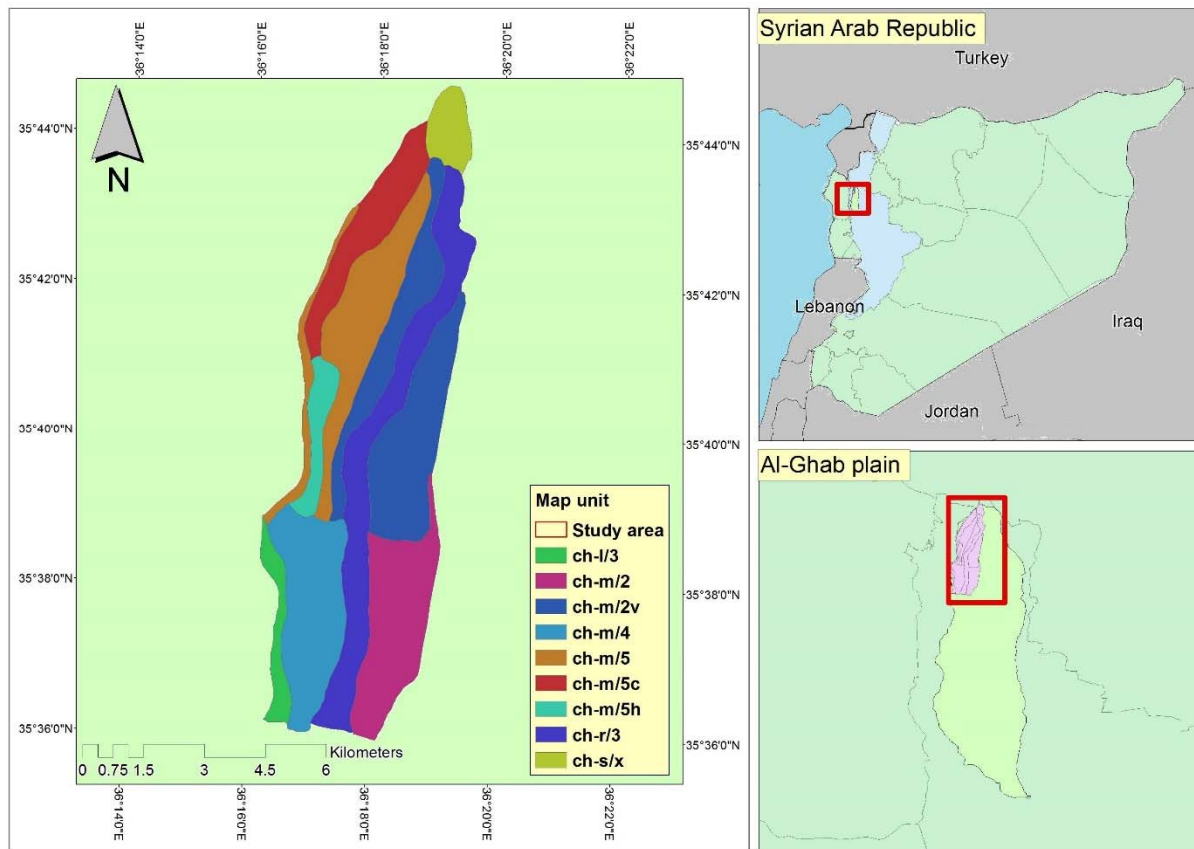
سوريا حيث يسود المناخ المتوسطي الذي يتميز بشتاء ماطر وصيف حار، إذ يتراوح معدل الهطول ما بين (681-771 مم) ومتوسط درجة الحرارة السنوية هو 20.3 درجة مئوية. ان نظام رطوبة التربة هو Xeric بينما نظام حرارة التربة فهو Thermic (ACSAD, 1980). ترتفع المنطقة ما بين 178-88م عن سطح البحر، وتعتبر المنطقة ذات مورفولوجيا سهلية، ذات انحدار بسيط 3-5%. وتسود في منطقة الدراسة الاستعمالات الزراعية الآتية: القمح *Triticum aestivum*، الشمندر السكري *Beta vulgaris*، السمسم *Sesamum indicum*، عباد الشمس *Helianthus annuus*.

كمنطقة رائدة في سهل الغاب لإنتاج محصول القمح، وذلك باستخدام نموذج التسلسل الهرمي (Analytic Hierarchy Process AHP) ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

مواد وطرق البحث

1- موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة جورين في سهل الغاب في أقصى الشمال الغربي لمحافظة حماة وتبعد عن مدينة حماة 97 كم، وتغطي حوالي 5151 هكتاراً، بين خطوط العرض 35° 44' 44" و 35° 36' 32" و بين خطي الطول 36° 16' 14" و 36° 19' 17". ويبين الشكل (1) موقع منطقة الدراسة في



الشكل 1. منطقة الدراسة

الوحدات الفيزيوجرافية في المنطقة المدروسة، ثم تم توصيف المقاطع وجمع 43 عينة بطريقة منهجية لإجراء مختلف

2- جمع عينات التربة وتحليلها:

لتحقيق أهداف الدراسة، تم حفر 9 مقاطع تربة تمثل أغلب

3- إعداد المدخلات لتقييم منطقة الدراسة:

يُعدُّ نوع التربة من أهم العوامل عند دراسة ملائمة الأراضي الزراعية، حيث يساعد دراسة سلوك التربة في تقدير كفاءة أداء التربة في عملية الإنتاج الزراعي (Akinci *et al.*, 2011)، إذ تتأثر ملائمة التربة بعدد كبير من العوامل المتداخلة منها سعة التبادل الكاتيوني والمحتوى من المادة العضوية ودرجة الحموضة وغيرها من العوامل. كما يجب أن نأخذ بعين الاعتبار طبوغرافيا المنطقة المدروسة من خلال درجة الانحدار والارتفاع عن سطح البحر (Bozdag *et al.*, 2011)، فالنباتات تحتاج الى التعرض لأشعة الشمس على فترات معينة من أجل الحفاظ على أنشطتها الفسيولوجية. وتختلف هذه المدة تبعاً لنوع النبات. وتظهر النباتات عموماً النمو الأمثل في الجنوب والجوانب الغربية التي تتلقى أشعة الشمس إلى حد كبير (Akinci *et al.*, 2013)، كما تلعب درجة ميل المنحدر دوراً رئيسياً في انجراف التربة (Koulouri and Giourga, 2007).

وبناءً عليه فقد تم تقييم مدى ملائمة منطقة الدراسة لزراعة محصول القمح، من خلال 8 معايير: الميل %، نسيج التربة، عمق التربة (سم)، درجة الحموضة، محتوى التربة من المادة العضوية %، محتوى التربة من كربونات الكالسيوم CaCO_3 %، سعة التبادل الكاتيوني CEC (cmol/kg)، التوصيل الكهربائي EC (ds/m)، (Vargahan *et al.*, 2010, Ashraf, 2010, Mokarram *et al.*, 2011) وبين الجدول 1 معايير التقييم المستخدمة. كما تم تحديد متطلبات محصول القمح باستخدام منهجية منظمة الأغذية والزراعة FAO لتقييم الأراضي (Sys *et al.*, 1993)، وبين الجدول 2 متطلبات محصول القمح.

التحليل الفيزيائية والكيميائية. تمت عملية جمع العينات من كل افق وفق القواعد العامة لجمع عينات التربة وبمقدار 1 كغ، ثم وضعت في اكياس من البولي اثيلين، وتم ترقيمها ثم نقلها إلى المختبر، حيث عزلت الأجزاء الخشنة والنباتية من عينات التربة يدوياً، وبعدها تم طحن العينات في هاون خزفي وتميرها من خلال ثقب قطر كل منها 2 مم لتكون جاهزة لإجراء التحاليل الآتية:

1. التحليل الحبيبي باتباع طريقة المكثاف (الهيدروميتر) (Day, 1965)، ثم تحديد قوام التربة باستخدام مثلث القوام الأمريكي
2. تعيين الاملاح الذائبة بواسطة الناقلية الكهربائية EC في مستخلص (1:5) (Rhoades, 1983)
3. درجة حموضة التربة (pH) بواسطة جهاز pH meter في مستخلص (1:2.5) (Melan, 1982).
4. سعة التبادل الكاتيوني بواسطة خلاص الصوديوم (Rhoades, 1983).
5. تقدير المادة العضوية في التربة عن طريق اكسدة الكربون العضوي باستخدام مادة ديكرومات البوتاسيوم في وسط شديد الحموضة (Nelson and Sommers, 1982).
6. الكاتيونات المتبادلة فقد تم تقديرها عن طريق استبدالها بمحلول اسيتات الأمونيوم $\text{N} 1$ (Thomas, 1982).
7. تقدير الكربونات الكلية في التربة باتباع الطريقة الحجمية Volumetric method باستخدام جهاز المكلاس (Nelson and Sommers, 1982).

الجدول 1: معايير التقييم

الهدف Goal	المعايير العامة General criteria	المعيار الأساسي Criteria
ملائمة استعمالات الأراضي Agricultural land suitability	التربة	نسيج التربة
		عمق التربة (سم)
		PH

% O.M		
%CaCO ₃		
(cmol/kg) CEC		
(ds/m) EC		
الميل %	الطبوغرافيا	

الجدول 2: احتياجات محصول القمح (Sys et al., 1993)

N2	N1	S3	S2	S1	Criteria	General criteria
>16	-	16-8	8-4	4-0	Slope %	Topography
fS ,SiCm, LcS,cS	-	SL,LfS	SCL	SiC,CL , SC,L	Soil texture	Soil
<10	-	20-10	50-20	90-50	Soil depth cm	
>60	-	60-40	40-30	30-3	CaCO ₃ %	
	-	-	<16	>16	CEC cmol/kg	
-	-	<1	1.5-1	>1.5	OM %	
>8.5	-	8.5-8.3	8.3-8.2	7-8.2	pH	
>10	10-6	6-5	5-3	3-1	EC ds/m	

Sic: silty clay, CL: clay loam ,SC: sandy clay L:loam, SCL: sandy clay loam ,SL:sandy loam ,
LfS : loam fine sand , fS: fine sand ,SiCm: massive silty clay ,LcS: loam coarse sand ,cS: coarse sand.
S1: غير مناسب لأسباب طبيعية. N2: غير مناسب لأسباب اقتصادية، N1: هامشي، S3: متوسط الملائمة، S2: ملائم،

عامل يتحكم في تحليل الملاءمة، وذلك من خلال مقارنة ثنائية لمصفوفات المعايير، ثم تعطي قيم (أوزان) لكل معيار مدروس وفقاً لأهميته النسبية وتأثيره في عملية الملاءمة، وتتراوح القيم (الأوزان) من 1 إلى 9، إذ إن الرقم 1 يعني أن المعيارين المدروسين (i, j) لهما نفس التأثير و 9 تكشف أن أحد المعايير ذو أهمية عالية في عملية الملاءمة والتقييم كما هو موضح في الجدول 3. (Saaty and Vargas, 2013) , Feizizadeh et al, Malczewski 1999, Saaty 1980 (al. 2014)

4- تقييم الأراضي وفق نظام AHP

تستخدم عملية التسلسل الهرمي التحليلي AHP كأحد أدوات اتخاذ القرار متعدد المعايير (Multi Criteria Decision Making- MCDM) أو التقييم متعدد المعايير (Multi Criteria Evaluation-MCE)، ففي هذه المرحلة يتم تشكيل البناء الهرمي للدراسة وفق عدة مستويات فيمثل المستوى الأول مشكلة الدراسة و في المستوى الثاني يتم تمثيل المعايير الرئيسية، وأما المستوى الثالث من الهرم فيمثل المعايير الثانوية، إذ يقوم مبدأ الطريقة على المقارنات المزدوجة بين مصفوفات المعايير المدروسة لتحديد وزن كل

جدول (3) المقياس المستخدم في المقارنات في AHP (Saaty, 1980)

درجة الأهمية	التعريف	التفسير
1	متساويان في الأهمية	يساهم المعيارين (i, j) بنفس المقدار للهدف
3	أهمية متوسطة	أحد المعيارين أهم بدرجة متوسطة من الآخر
5	أهمية قوية	أحد المعيارين أهم بدرجة قوية من الآخر
7	أهمية قوية جداً	أحد المعيارين أهم بدرجة عالية جداً من الآخر
9	أهمية قصوى	أحد المعيارين أهم بدرجة قصوى من الآخر
2-4-6-8		أوزان ما بين الأوزان المذكورة أعلاه

حيث يتم بناء مصفوفة المقارنات المزدوجة $A = [a_{ij}]_{n \times n}$ كمايلي:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

حيث $a_{ii} = 1$ و $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ، ثم يتم تشكيل مصفوفات المقارنة الثنائية (i, j = 1, 2, ..., n).

0.11. في هذه الدراسة لتنفيذ مصفوفة المقارنات الثنائية، طلب من الخبراء حساب الأهمية النسبية للعوامل والمعايير المعنية في عملية التقييم والملاءمة. ويبين الجدول 4 مصفوفات المقارنة الثنائية المحسوبة لمنطقة الدراسة.

فعلى سبيل المثال، إذا ما أخذنا الثنائية (عمق التربة، نسبة الانحدار)، فتم اعتبار عمق التربة أكثر أهمية من المنحدر وحصل على قيمة (9)، في حين أن المنحدر عند مقارنته بعمق التربة قد حصل على المعاملة المتبادلة، $9/1 =$

جدول (4) مصفوفة المقارنات الثنائية لدراسة ملائمة الأراضي لزراعة محصول القمح

المعيار	عمق التربة	EC	النسيج	OM%	الميل	CEC	CaCO ₃	pH	الوزن
عمق التربة	1	2	3	7	5	3	5	9	0.312
EC	0.5	1	5	7	5	3	3	7	0.276
النسيج	0.33	0.2	1	1	2	3	5	7	0.125
OM%	0.14	0.14	1	1	1	1	2	7	0.074
الميل	0.2	0.2	0.5	1	1	1	2	7	0.071
CEC	0.33	0.33	0.33	1	1	1	2	7	0.077
CaCO ₃	0.2	0.33	0.2	0.5	0.5	0.5	1	5	0.048

0.017	1	0.2	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.11	pH
-------	---	-----	------	------	------	------	------	------	----

في النهاية، يتم تحديد كفاءة عملية التحليل من خلال حساب نسبة الثبات (consistency relationship CR) كمايلي (Saaty, 1980):

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

إذ تشير CI إلى مؤشر الثبات consistency index والذي يحسب من خلال:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

تعتبر λ_{max} عن القيمة الأساسية للمصفوفة أو أكبر قيمة، و n عدد العناصر التي يتم مقارنتها. وبعد الحصول على قيم مؤشر الثبات يتم مقارنتها مع قيم مؤشر الثبات العشوائي (random index RI) وفق الجدول (5)، وذلك لتحديد نسبة الثبات التي يجب أن تحقق المعيار التالي: $CR \leq 0.10$ ، فإن لم يتحقق فتعتبر نتائج المقارنات غير مقبولة، ويجب إعادة النظر في بناء مصفوفة المقارنات (Saaty, 1980; Chakraborty and Banik, 2006).

جدول (5) قيم مؤشر الثبات العشوائي

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.58

على الخريطة النهائية، وفق المعادلة التالية:

$$LS = \sum_{i=1}^n W_i X_i$$

إذ تشير إلى الملاءمة النهائية و W_i إلى أوزان المعايير و X_i إلى درجات المعايير الفرعية (Cengiz and Akbulak, 2009)، ثم يتم تقسيم الخريطة النهائية إلى أربعة صفوف توضح درجات الملاءمة: ملاءمة عالية S_1 ، ملاءمة متوسطة S_2 ، ملاءمة هامشية S_3 ، غير ملاءمة N_2 .

النتائج والمناقشة:

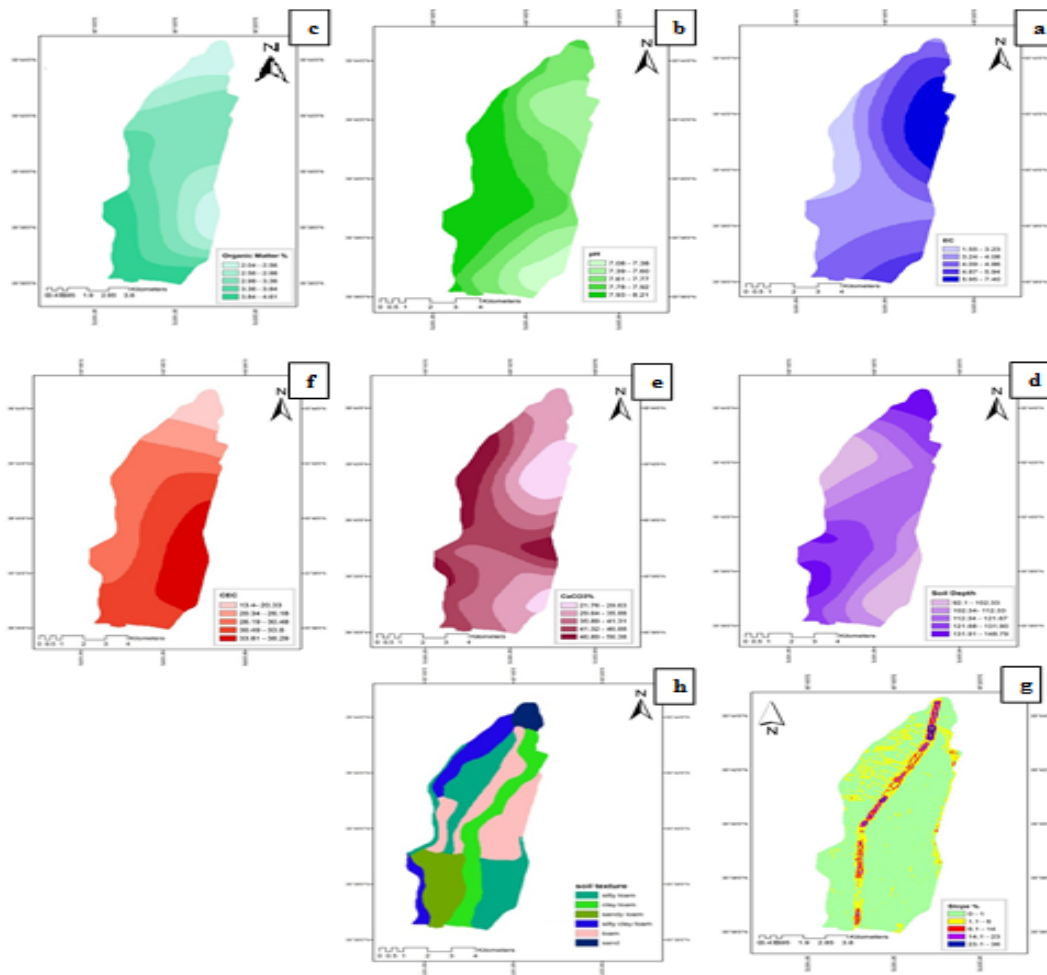
يعد القمح في سوريا أحد أهم المحاصيل الاستراتيجية، وتعتبر سوريا الأولى عربياً في تحقيق الاكتفاء الذاتي من القمح (Mohammed et al. 2019 a)، ونظراً لخروج بعض المناطق من زراعة القمح، تفرض الظروف الحالية، استكشاف مناطق جديدة لزراعته، ودراسة مدى ملاءمتها، وباستخدام AHP، يمكن تحديد أكثر المناطق ملاءمة

وفي دراستنا، كانت قيمة $CR = 0.078$ ، وهذا يشير إلى أن مقارنات خصائص الأرض كانت ذات درجة ثبات عالية، وأن الأوزان النسبية تم اختيارها بشكل مناسب في نموذج تقييم الملاءمة.

5- إعداد خرائط الملاءمة في منطقة الدراسة باستخدام GIS: يعتبر GIS فعالاً في حل التعقيد المكاني عند تحليل الملاءمة واختيار الموقع استناداً إلى القياس العام للآثار المتباينة والمتنوعة (Girvan et al. 2003), (Kurina et al. 2011), (Pramanik, 2016) وعند تطبيق AHP يتم تحديد العوامل المؤثرة في عملية الملاءمة بناءً على المدخلات المختلفة أثناء عملية التحليل (Parimala and Lopez, 2012, 2017, Memarbashi et al.), وفي خطوة لاحقة يتم دمج الخرائط المختلفة مع بعضها لتحديد أوزانها النهائية. وفي مرحلة لاحقة يتم إضافة طبقات الراسر (raster layers) بتحديد قيم الخلايا الخاصة بها على نفس المقياس، ثم إضافة أوزان المعايير إليها. وفي المرحلة الأخيرة يتم دمج القيم مع الأوزان للحصول

الحدية التي تؤثر على نوع الاستعمال المدروس (الهدف) وتحديد درجة الملاءمة له، يبين الشكل (2) خرائط طبقات بيانات العوامل المؤثرة في عملية الملائمة، ضمن بيئة GIS باستخدام تقنية AHP. ويبين الشكل (3) ملاءمة المنطقة المدروسة لزراعة محصول القمح من خلال تراكب الشرائح السابقة مع بعضها ضمن بيئة GIS.

القمح، والتي بدورها ستترفع الإنتاجية وتزيد من الدخل (Bozdag *et al.* 2011)، وتعتمد فعالية هذه الطريقة على توافر مختلف المعطيات المناخية والطبوغرافية و بيانات التربة واستبائانات الخبراء، وذلك لتقديم فهم وتحليل متكامل للموقع (Zabihi *et al.* 2015). في الآونة الاخيرة توسعت دراسات ملاءمة الأراضي من خلال التركيز على مختلف العوامل



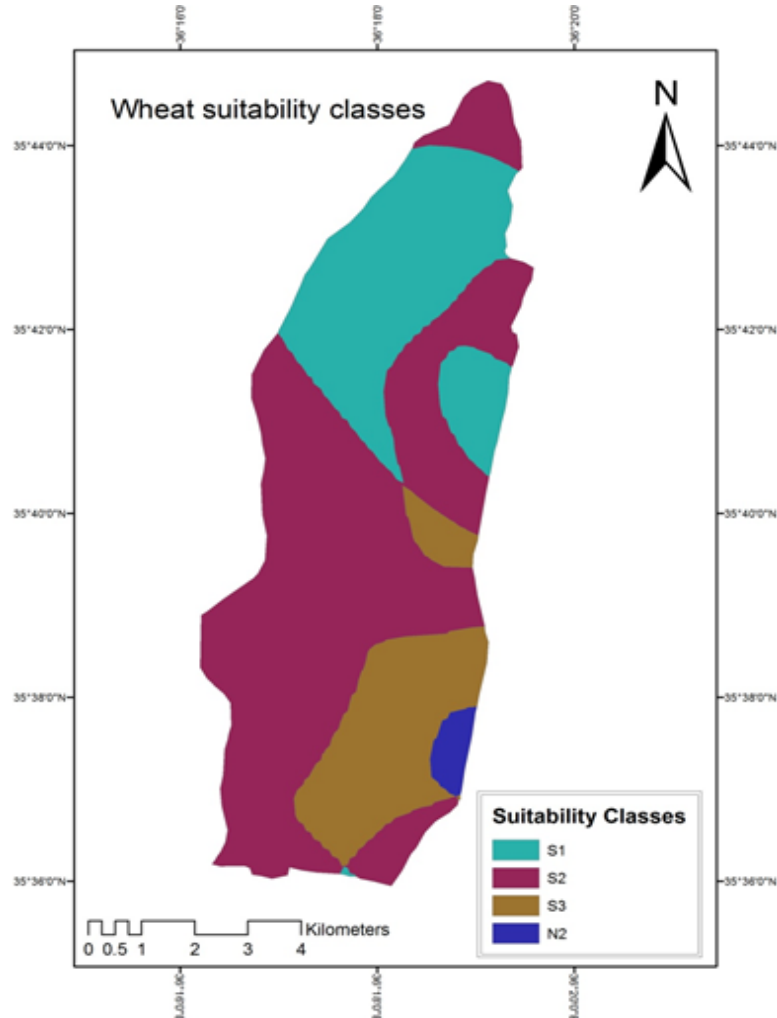
الشكل (2) خرائط العوامل المؤثرة في عملية الملاءمة: (a) EC ، (b) pH ، (c) OM% ، (d) soil depth ، (e) soil texture (h)، % slope (g) ، CEC (f)، CaCO_3

حوالي 17% غير ملائم لزراعة محصول القمح ، ويبين الجدول (6) ملائمة منطقة الدراسة لزراعة محصول القمح.

أظهرت الدراسة أن أكثر من 81% من مساحة منطقة الدراسة ملائمة لزراعة محصول القمح وبمردودية جيدة، وأن

جدول (6) صفوف ملائمة منطقة الدراسة لزراعة محصول القمح

صفوف الملاءمة	المساحة (hectare)	الوصف	Percentage %
S1	1319	ملاءمة عالية	25.60
S2	2902	ملائمة	56.33
S3	847	هامشية	16.45
N2	83	غير ملائمة	1.61



الشكل (3) ملائمة منطقة الدراسة لزراعة محصول القمح

أظهر تحليل خارطة الملاءمة أن أغلب المنطقة الشمالية الغربية (اللون الأزرق) والتي تبلغ مساحتها 25.6% من

*Corresponding Author: (safwan.mohammad.bcd@gmail.com)

استخدام طريقة GIS-AHP.

بشكل عام تعد دراسات ملائمة التربة للأنشطة الزراعية قليلة في سوريا (Mohammed, Alsafadi, et al. 2019a) ، إذ تأتي هذه الدراسة لتسلط الضوء على أهمية استخدام التقنيات الحديثة في دراسات تقييم الأراضي في سوريا.

أما ما تبقى من منطقة الدراسة فتعتبر غير اقتصادية لزراعة القمح (S3) أو غير ملائمة (N2)، وبالتالي من الأهمية إعادة النظر في نوعية الاستعمال السائد لأسباب اقتصادية وتحويلها إلى مراعي أو دراسة أنماط الاستعمالات أخرى مقترحة.

الخلاصة:

هدف البحث إلى توفير مبادئ أساسية لتحديد ملائمة الأراضي لزراعة القمح. وفي هذا السياق، تم استخدام منهجية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) و (AHP) لتحديد مدى ملائمة منطقة جورين لإنتاج القمح باستخدام معياري التربة والخصائص الطبوغرافية للمنطقة المدروسة. وأظهرت النتائج أن أكثر من 80% من المنطقة مناسبة لإنتاج محصول القمح في منطقة جورين. هذه المعلومات مهمة جداً لصانعي القرار والمخططين لتحقيق أفضل الخيارات الزراعية لمنطقة الدراسة، والوصول إلى الإنتاج الزراعي المستدام، كما تعد فرصة لتعزيز التخطيط الزراعي من خلال توفير المعلومات المطلوبة كثيراً للمزارعين والمخططين الزراعيين والوصول إلى أعلى كفاءة في إدارة استعمال الأراضي وتطويرها.

الأراضي للاستعمالات الحالية في سهل عكار - محافظة طرطوس. مجلة جامعة الملك عبد العزيز: علوم الأرصاء والبيئة وزراعة المناطق الجافة: 27 (2)

REFERENCES

ACSAD (The Arab Center for the Studies of Arid zones and Drylands). (1980). USDA soil taxonomy and the soil map of Syria and Lebanon. Damascus.

مساحة منطقة الدراسة ذات ملائمة عالية جداً لزراعة القمح ودون وجود أي قيود (S1)، وبالتالي يعود الاستثمار فيها بمردودية عالية، فتسود التربة السلتية اللومية وكذلك اللومية الطينية والتي تعتبر ذات قدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة والمغذيات بالإضافة إلى ارتفاع محتواها من المادة العضوية 2.5% حيث تشكل المخزون الرئيس للمغذيات وتساهم في زيادة الإنتاجية (Stevenson, 1994)، كما تتميز هذه المنطقة بانخفاض محتواها من الاملاح الذائبة فلم تتجاوز قيم EC فيها عن 3.2 ds/m، إضافة إلى ارتفاع سعة التبادل الكاتيوني فيها، وهذا ما يتفق مع دراسة Ghafari وآخرون (2000). لمعلومات أكثر عن التنوع في الترب السرية يمكن الاطلاع على (Mohammed et al. 2020b; Ghanem et al 2020)

كما أظهرت الدراسة أن أكثر من 58% من المنطقة المدروسة ملائمة لزراعة محصول القمح (S2)، مع وجود بعض القيود على الزراعة، والتي قد تتمثل بارتفاع محتوى التربة من كربونات الكالسيوم إلى 30% و/أو ارتفاع الناقلية الكهربائية إلى 4.66 ds/m و/أو ارتفاع الـ pH إلى 8.31، فقد أشار Sys et al. 1993 إلى أن ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم إلى 30% وارتفاع الـ pH إلى 8.31 و EC إلى 5 ds/m يؤدي إلى انخفاض درجة ملائمة التربة لزراعة محصول القمح ويشكل القيود الأساسية لزراعته، ويحدد درجة الملائمة S2، وقد أشار Kazemi وآخرون 2015 إلى أن العوامل المحددة لزراعة القمح هي ارتفاع قيمة EC في منطقة غولستان في إيران وذلك عند

المراجع

المراجع العربية

وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. 2014. مجلة وزارة الزراعة. دمشق - سوريا
حبيب، حسن وصفوان علي محمد. 2017. تقييم ملائمة

Akıncı H. zalp A. Turgut B. (2013). Agricultural use-land suitability analysis using GIS and AHP technique. *Comput Electron Agric* 97:1-87.

- Alsafadi, K. Mohammed, S. A. Ayugi, B. Sharaf, M. & Harsányi, E. (2020). *Temporal-Spatial Evolution of Drought Characteristics Over Hungary Between 1961 and 2010. Pure and Applied Geophysics*, 1-18.
- Alsafadi, K. Mohammed, S., Habib, H., Kiwan, S., Hennawi, S. & Sharaf, M. (2019). *An integration of bioclimatic, soil, and topographic indicators for viticulture suitability using multi-criteria evaluation: a case study in the Western slopes of Jabal Al Arab—Syria. Geocarto International*, 1-23.
- Ashraf, S. (2010). Land Suitability Analysis for Wheat Using Multicriteria Evaluation and GIS Method. *Research Journal of Biological Sciences*. 5:601-605.
- Bijanazadeh, E. and Mokarram M.(2013). The use of fuzzy-AHP methods to assess fertility classes for wheat and its relationship with soil salinity: east of Shiraz, Iran: A case study. *AJCS* 7(11):1699-1706.
- Bozdağ, A. Fadim Yavuz, F. Gu'nay, A. (2016). *AHP and based-GIS land suitability analysis for Cihanbeyli (Turkey) County. Environ Earth Sci* ,75:81. DOI 10.1007/s12665-016-5558-9.
- Cambell, J.C. Radke, J. Gless, J.T .Whirtshafter, R.M.(1992). An application of linear programming systems: cropland allocation in Antigua. *Environ Plan and geographic information*.24:535–549
- Cengiz T. Akbulak, C. (2009). Application of analytical hierarchy process and geographic information systems in land-use suitability evaluation: a case study of Dumrek village. *Int J Sustain Dev World Ecol* 16(4):286–294.
- Chakraborty, S. Banik, D. (2006). Design of a material handling equipment selection model using an analytic hierarchy process. *Int J Adv Manuf Technol* 28:1237–1245.
- Chen, Y. Jia, Y. Shahbaz, K. (2013). The spatial framework for weight sensitivity analysis in AHP-based multi-criteria decision making, *Environmental Modelling & Software* 48, 129-140.
- Day, P.R. (1965). *Methods of Soil Analysis, Part I. Agronomy*, 9: 545- 567.
- Elsheikh, R. Mohamed Shariff, A. Amiri, F. Ahmad, N.B. Balasundram, S.K. Soom, M. (2013). Agriculture land suitability evaluator (ALSE): a decision and planning support tool for tropical and subtropical crops. *Comput. Electron. Agric.* 93, 98–110.
- FAO, (1976). A framework for land evaluation. Publication Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Feizizadeh, B. Jankowski, P. Blaschke, T. (2014). A GIS-based spatially explicit sensitivity and uncertainty analysis approach for multicriteria decision analysis. *Comput Geosci* 64:81–95.
- Ghafari, A. Cook, H.F. Lee, H.C. (2000). *Integrating climate, soil, and crop information: a land suitability study using GIS*. 4th International Conference on Integration GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4), 2-8 September, Banff, Alberta, Canada.
- Ghanem, S. Rukia, A. Sulieman, M. M. Brevik, E. C. Mohammed, S. (2020). *Dataset on the Mediterranean soils from the coastal region of the Lattakia governorate, Syria*. Data in brief, 29, 105254.
- Girvan, M.S. Bullimore, J. Pretty, J.N. Osborn, A.M. Ball, A.S. (2003). Soil type is the primary determinant of the composition of the total and active bacterial communities in arable soils. *Appl Environ Microbiol* 69:1800–1809.
- Godfray, H. Garnett, T. (2014). *Food security and sustainable intensification. Philos. Trans. B. R. Soc.* 369, 20120273.
- Joshua, J.K. Anyanwu, N.C. Ahmed, A.J. (2013). *Land suitability analysis for agricultural planning using GIS and multi-criteria decision analysis approach in Greater Karu Urban Area, Nasarawa State, Nigeria. Afr J Agric Sci Technol* 1(1):14–23.
- Kalogirou, S. (2002). Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation. *Comput Environ Urban Syst*.26 (2–3):89–112.
- Kazemi, H. Sarvestani, Z. Kamkar, B. Shataei, S. Sadeghi, S. (2015). Ecological Zoning for Wheat Production at Province Scale Using Geographical Information System.

- Advances in Plants & Agriculture Research*, 2(1):1-7.
- Koulouri, M. Giourga, C. (2007). Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands. *Catena* 69(3):274–28.
- Kuria, D. Ngari, D. Withaka, E. (2011). Using geographic information systems (GIS) to determine land suitability for rice crop growing in the Tana delta. *J Geogr Reg Plan* 4(9):525–532.
- Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Prog Plan.* 62(1):3–65.
- Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *Int J Appl Earth Obs Geoinf*, 8(4):270–277.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. Wiley, London.
- Martin, D. Saha, S.K. (2009). *Land evaluation by integrating remote sensing and GIS for cropping system analysis in a watershed*. *Curr. Sci.* 96, 1.
- McClung, C. (2014). *Making hunger yield*. *Science* 344, 699-700.
- Melan, A.O. (1982). *Methods of soil analysis*. Part II (2nd ed.), Madison, American Society of Agronomy. P. 1159
- Memarbashi, E. Azadi, H. Barati, A.A. Mohajeri, F. Passel, S.V. Witlox, F. (2017). Land-Use Suitability in Northeast Iran: Application of AHP-GIS Hybrid Model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*.6(12):396.
- Mendas, A. and Delali, A. (2012). Integration of multicriteria decision analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. *Comput Electron Agric*, 83:117–126.
- Miller, W. Collins, W. Steiner, F. Cook, E. (1998). An approach for greenway suitability analysis landscape and urban planning. *Int J Geogr Inform Sci* 42(2-4):91–105.
- Mohammed, S., Alsafadi, K., Ali, H., Nasir Mousavi, S. M., Kiwan, S., Hennawi, S., Harsanyie, E., Pham, Q. B., Thuy Linh, N.T., Ali, R., Anh, D.T. & Thai, V.N. (2020c). *Assessment of Land Suitability Potentials for Winter Wheat Cultivation by Using a Multi Criteria Decision Support- Geographic Information System (MCDS-GIS) approach in Al-Yarmouk Basin (S Syria)*, Geocarto International, DOI: 10.1080/10106049.2020.1790674
- Mohammed, S. A. Alkerdi, A. Nagy, J. Harsányi, E. (2019a). *Syrian crisis repercussions on the agricultural sector: A case study of wheat, cotton, and olives*. *Regional Science Policy & Practice*.
- Mohammed, S. Alsafadi, K. Daher, H. Gombos, B. Mahmood, S. & Harsányi, E. (2020d). Precipitation pattern changes and the response of vegetation to drought variability in eastern Hungary. *Bulletin of the National Research Centre*, 44, 1-10.
- Mohammed, S. Habi, H. Ali, H. Alhenawi, S. Kiwan, S. Ghanem, S. ... & Harsányi, E. (2020b). *Soils of the Southern Syria-A big database for future land management planning*. Data in Brief, 105832.
- Mohammed, S. Khallouf, A. Alshiehabi, O. Pham, Q. B. Linh, N. T. T. Anh, D. T. & Harsányi, E. (2020a). Predicting soil erosion hazard in Lattakia governorate (W Syria). *International Journal of Sediment Research*.
- Mokarram, M. Rangzan, K. Moezzi, A. and Baninemeh, J. (2010). Land Suitability Evaluation for Wheat Cultivation by Fuzzy Theory Approach As Compared With Parametric Method” *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 38(2).
- Nelson, D.W. and Sommers, L. E. (1982). *Methods of soil analysis*. Part II (2nd Edition), Madison, pp. (1159).
- Nyeko, M. (2012). GIS and multi-criteria decision analysis for land use resource planning. *J Geogr Inf Syst*, 4:341–348. doi:10.4236/jgis. 2012.44039. <http://www.SciRP.org/journal/jgis>. Accessed 20 Apr 2015.
- Orhan, D. Ilhami, B. and Mahmut, Y. (2003). Geographic information systems and remote sensing-based land evaluation of Beypazari area soils by ILSN model. *Turkish journal of agriculture and forestry*. 27: 145–153.

- Parimala M. Lopez, D. (2012). Decision-making in agriculture based on land suitability-spatial data analysis approach. *J Theor Appl Inf Technol* 46(1):17–23.
- Perveen, M.F. Nagasawa, R. Uddin, M.I, Delowar, H.K.M. (2007). *Cropland suitability analysis using a multicriteria evaluation and GIS approach*. 5th International symposium on digital earth (ISDE5). University of California, Berkeley.
- Pramanik, M. (2016). Site suitability analysis for agricultural land use of Darjeeling district using AHP and GIS techniques. *Model. Earth Syst. Environ.* 2:56. DOI 10.1007/s40808-016-0116-8.
- Rhoades, J. D. (1982). Cation exchange capacity. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2; Chemical and Microbiological Properties*, eds. A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney, Madison, Wisconsin: 2nd ed. American Society of Agronomy, p: 149-158
- Roig-Tierno, N. Baviera-Puig, A. Buitrago-Vera, J. Mas-Verdu, F. (2013). The retail site location decision process using GIS and the analytical hierarchy process. *Appl. Geogr* 40:191–198.
- Saaty, T. (1980). *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. McGraw Hill International, New York.
- Saaty, T.L. Vargas, L.G. (2013). Decision making with the analytic network process. *Int. Ser. Operat. Res. Manage. Sci.* 195, 295–318 .
- Sarkar, A. Ghosh A. Banik, P. (2014). Multi-criteria land evaluation for suitability analysis of wheat: a case study of a watershed in the eastern plateau region, *India*. 17: (2) 119–128, <http://dx.doi.org/10.1080/10095020.2013.774106>.
- Stevenson, F. J. (1994). *Humus chemistry: Genesis, composition, reactions*. 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.
- Sys, C. Ranst, E.V. Debaveye, D.J. (1991). *Land evaluation, Part I: principles in land evaluation and crop production calculation*, General Administration for Development cooperation, Brussels
- Sys, Ir. Van Ranst, E. and Debaveye, J. (1993). *Land Evaluation, Part 3: Crop Requirement*. Agricultural Publication-N7. General Administration for Development cooperation, Brussels.
- Thomas, G.W. (1982). *Methods of soil analysis*, part II (2nd Edition), USDA Circ. 939. US Governmental printing office, Washington, DC.
- Vaidya, Omkarprasad, S. Sushil Kumar. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications, *European Journal of Operational Research* 169, 1–29.
- Vargahan, B., Shahbazi, F. and Hajrasouli, M.(2011). Quantitative And Qualitative Land Suitability Evaluation For Maize Cultivation In Ghobadlou Region. Iran,” *Ozean Journal Of Applied Sciences*.4(1) : 1943-2429.
- Zabihi, H. Ahmad, A. Vogeler, I. Said, M. Golmohammadi, M. Golein, B. Nilashi, M. (2015). Land suitability procedure for sustainable citrus planning using the application of the analytical network process approach and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture* 117: 114–126.
- Zarkesh, M.M.K. Ghoddusi, J. Zaredar, N. Soltani, M.J. Jafari, S. Ghadirpour, A. (2010). Application of spatial analytical hierarchy process model in land use planning. *J Food Agric Environ*.8(2):970–975.