شدراسة اثرالعمق و بعض الخصائص الكيميائية للماء الارضي في ملوحة وصودية التربة باستخدام الاحصاء الجيولوجي و بيانات التحسس النائي

اوراس محي طه الوائلي[1] **احمد مهدي عبد الكاظم[2]**

كلية الزراعة / جامعة القاسم الخضراء **كلية العلوم /نظم المعلومات**

aurassmuhi@yahoo.com. **ahmed89mahdi@yahoo.com**

الملخص

اجريت هذه الدراسة في منطقة العزيزية التي تقع في شرق العراق في الجزء الشمالي من محافظة واسط بين خطيّ عرض 32°36'14.50"N الى 33°13'56.99"N شمالاً وخطي طول 44°52'01.65"E الى 45°20'52.70"E شرقاً . ان الهدف الرئيس من هذه الدراسة دراسة اثر العمق و بعض الخصائص الكيميائية للماء الارضي في ملوحة و نسبة امتزاز الصوديوم في التربة ، ، اذ تم التنبؤ بعمق و ملوحة و نسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي في هذه المنطقة باستخدام التنبؤ المكاني الاعتيادي Ordinary Kriging ، فمن خلال تطبيق الموديل الكروي Spherical Model تم التنبؤ باعماق الماء الارضي في منطقة الدراسة ، اذ بلغت دقة تمثيل هذا الموديل $R^2 = 0.9177^{**}$. و بتطبيق الموديل الاسي Exponential Model تم التنبؤ بملوحة الماء الارضي و نسبة امتزاز الصوديوم في منطقة الدراسة ، اذ بلغت دقة تمثيل هذا الموديل $R^2 = 0.8978^{**}$ و $R^2 = 0.9998^{**}$ لكل من ملوحة و نسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي على التوالي . اما تشخيص الملوحة و نسبة امتزاز الصوديوم في التربة فتم باستخدام الدليل الطيفي غير الخضري Normalized Difference Salinity Index(NDSI) و الدليل الطيفي غير الخضري Salinity Index(SI) ، اذ تم التنبؤ بملوحة التربة و نسبة امتزاز الصوديوم فيها من علاقة الانحدار المتعدد فبلغت دقة الموديلات الناتجة $R^2 = 0.9600^{**}$ و $R^2 = 0.9826^{**}$ لكل من ملوحة و نسبة امتزاز الصوديوم في التربة على التوالي .

Study of depth and some shallow-Groundwater Chemical Characteristics impact on salinity and sodic of soil by using Geostatistics and remote sensing data

Aurass Muhi Taha AL-Waeli Ahmed Mahdi Abdulkadium

Agric. College / Al-Qasim Green University **College of science (Information System)**

Abstract

The study Carried out in the Azizya district eastern part of Iraq , in northern of Wasit Province located between latitude 32°36'14.50"N to33°13'56.99"N and longitude 44°52'01.65"E to 45°20'52.70"E . The main objective of this study of depth , salinity and Sodium adsorption ratio of shallow-Groundwater impact on salinity and sodium adsorption ratio of soil by using Ordinary Kriging and remote sensing data, through the application of Spherical Model predicted depths Ground water in the study area, it's reaching an accurate representation of this model $R^2 = 0.9177^{**}$. And applying the Model exponential Exponential Model predicted salinity and sodium adsorption ratio of shallow-Groundwater in the study area, it's reaching an accurate representation of this model $R^2 = 0.8978^{**}$ and $R^2 = 0.9998^{**}$ each ofproperties respectively. The diagnosis of salinity and the Sodium Adsorption Ratio in the soil have been using Normalized Difference Salinity Index (NDSI) and vegetative Salinity Index (SI), as was predicted salinity and sodium adsorption ratio of the soil by multiple regression relationship amounted accuracy models resulting $R^2 = 0.9600^{**}$ and $R^2 = 0.9826^{**}$ for each of the salinity and sodium adsorption ratio in the soil, respectively.

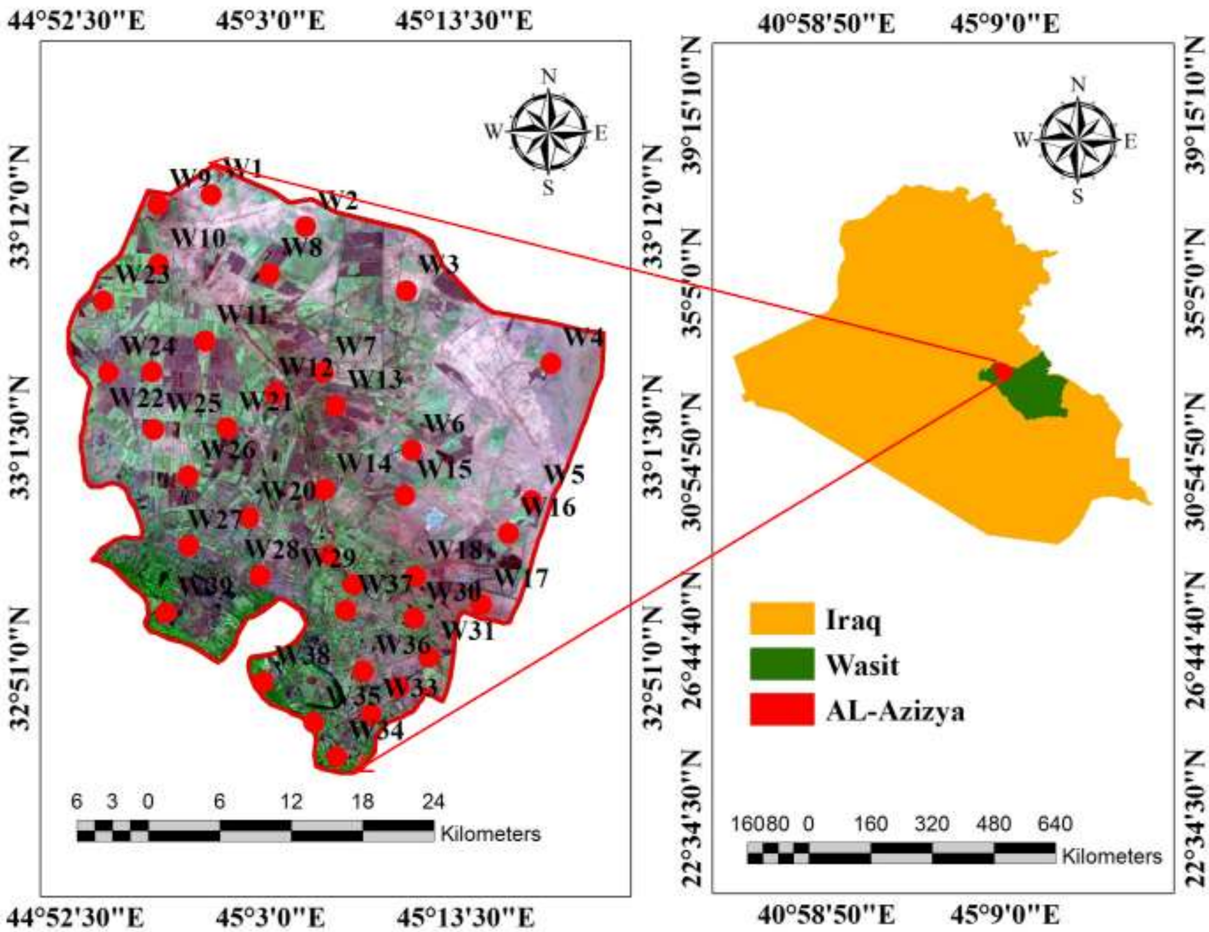
المقدمة

يؤدي سوء ادارة الإنسان لمورديّ التُربّة و المياه الى نشاط عملية التملح الثانوي للتُربّة Anthropogenic salinization ، اذ يؤدي اهمال البزل الى رفع مستوى الماء الأرضي Shallow Groundwater الحامل للاملاح إلى منطقة المجموع الجذري مما يسبب تدهور صفات التُربّة الكيميائية و الفيزيائية و المعدنية و من ثم الخصوبية (Marie و Vengosh، 2001) . و يكمن الماء الأرضي Shallow Groundwater في المنطقة الفاصلة بين المياه الجوفية و منطقة الـVadose Zone و يمتد تأثيره إلى سطح التُربّة بفعل شدة التبخر و خاصة في المناطق الجافة من العالم ، لذا فأن دراسة عمقه و خصائصه الكيميائية قد تساعد في فهم اتجاه تفاعلات التّملح و الصودية في التربة (Simunek و آخرون ، 2003) . و مع ان تقرير منظمة الـ F.A.O.، 2011 بين ان 60 – 70% من ترب وسط و جنوب العراق متأثرة بدرجة خطيرة بعمليات تراكم الاملاح التي يكون مصدرها بدرجة رئيسة الماء الارضي ، الا انه قلما تعد خرائط لعمقه او لمستوى الاملاح و الصوديوم فيه ، اذ ان اهتمام الباحثين انصب عند اعداد الخرائط الهيدروجيولوجية على المياه الجوفية التي تصل اعماقها الى اكثر من 10 امتار و ذلك باعتماد اساليب الاحصاء الجيولوجي بمعادلات التنبؤ المكاني الاعتيادي Ordinary Kriging و هي في معظم الحالات مياه ذات ملائمة جيدة لري المحاصيل و النباتات الاقتصادية . و اشار Douaika و اخرون ،2005 الى ان من اهم واجبات اعمال مسوحات الترب في المناطق المتأثرة بعمليات التراكم الملحي بفعل الماء الارضي احصاء المساحات المتدهورة و اعداد الخرائط لاهم المؤشرات التي تبين مقدار التدهور فيها ، و هذا يتحقق عند اعتماد اساليب الاحصاء الجيولوجي و ضمن معادلات التنبؤ المكاني الاعتيادي Ordinary Kriging و ضمن برامجيات نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS ، اذ اشار Brus و Heuvelink، 2007 الى فاعلية و دقة التنبؤ المكاني الاعتيادي Ordinary Kriging في اعداد خرائط ملوحة التربة مع الحرية في اجراء اختبارات احصائية جيولوجية Geostatistics متنوعة لاختيار الموديل التنبؤي الذي يلائم نمط توزيع قيم الملوحة في منطقة الدراسة على ان يكون توزيع العينات ممثلاً لكافة التغيرات الملحية دون التركيز على المناطق المتدهورة او الصالحة للزراعة منها فقط . ان فهم اثر الماء الارضي في تملح و صودية التربة يمكن رصده عبر التزود بصور فضائية دورية لترب المنطقة المتأثرة به على أنْ تتكامل الدلائل الطيفية الناتجة من هذه الصور الفضائية مع المسوحات الميدانية و نتائج التحاليل المختبرية لعينات منتخبة عشوائياً ، و ذلك من خلال انتاج دلائل طيفية (Jafari و آخرون ، 2008) ، اذ بينت نتائج Bouaziz و آخرون ، 2011 امكانية بناء موديل لرصد تملّح التُربّ في شمال البرازيل باستخدام الدليل الطيفي الملحي Salinity Index(SI) من خلال ربطه بعلاقة انحدار خطي بسيط Linear Simple Regression مع قيم التراكيز المّلحية المقاسة مختبرياً في هذه المنطقة ، الا ان الوائلي ، 2013 توصل الى تشخيص ملوحة الترب باستخدام الدليل الطيفي الملحي Salinity Index(SI) في شمال بابل العراقية بعلاقة انحدار غير خطية و بدالة اسية . اما Iqbal، 2010 فقد استخدم الدليل الطيفي غير الخضري Normalized Difference Salinity Index(NDSI) في تشخيص اصناف ملوحة الترب المزروعة بنباتات الحنطة و القطن ، فضلاً عن قياس اجهاد الجفاف الفسلجي التي قد يتعرض لها هذين النباتين عند التراكيز المّلحية العالية في التُربّة . و بين Lehman و اخرون ، 2015 ان لكل منطقة من العالم لها خصوصيتها و ظروفها البيئية و التكوينية الخاصة بها مما يتطلب تظافر جهود الباحثين في مجال التحسس النائي و نظم المعلومات المكانية و مساحي الترب في بناء موديل رياضي يسهل تشخيص حالة التراكم الملحي و مخاطر الصودية التي قد تشكل عائقاً حقيقياً امام تنفيذ اهداف التنمية المستدامة في اي بلد زراعي و خاصة في المناطق الجافة من العالم ذات مادة الاصل الملحية و الماء الارضي القريب من المجموع الجذري و التي لا تخضع معظم مساحاتها الزراعية الى نظام بزل جيد . لذا تاتي هذه الدراسة كمتطلب هام في تشخيص الترب المتأثرة بالملوحة و المقاسة مختبرياً و مخاطر الصودية بدلالة SAR التربة في منطقة العزيزية في محافظة واسط العراقية باستخدام الدليلين غير الخضريين NDSI و SI مع تشخيص اثر عمق و ملوحة و صودية الماء الارضي باستخدام التنبؤ المكاني الاعتيادي Ordinary Kriging و من ثم انتاج خرائط مركبة (خطوط كنتورية لصفات الماء الارضي موزعة على خارطتي ملوحة و نسبة امتزاز الصوديوم في التربة) لبيان نمط توزيع و اثر صفات الماء الارضي المقاسة في حالة التدهور الكيميائي في ترب هذه المنطقة .

المواد و طرائق العمل

1. موقع منطقة الدراسة Study location :

تقع منطقة الدراسة في شرق العراق في الجزء الشمالي من محافظة واسط بين خطيّ عرض 32°36'14.50"N الى 33°13'56.99"Nشمالاً وخطي طول 44°52'01.65"E الى 45°20'52.70"E شرقاً و تبلغ مساحتها 141669.06 هكتار ، اذ تم تحديد 39 موقعاً وفقاً لـ Lark ، 2009 باستخدام جهاز GPS بنظام احداثي UTM و سقطت مكانياً على صورة فضائية التقطها المتحسس Landsat8 في 2014/6/20 والتي تم الحصول عليها من الانترنيت من المسح الجيولوجي الامريكي www.remotesensing.usgs.gov . و كما موضح في الشكل (1) :



شكل(1) : يوضح موقع منطقة الدراسة بالنسبة للعراق و مواقع اخذ العينات من منطقة الدراسة و نمط توزيعها .

2. العمل الحقلي و المختبري :

اخذت عينات التربة المركبة لعمق 0-30 سم من المواقع المؤشرة في الشكل (1) ، ثم جففت هوائياً تحت درجة حرارة المختبر و فككت و مررت من منخل 2 ملم ، ثم حفظت في علب بلاستيكية . كما جمعت عينات الماء الارضي من نفس المواقع و تم ترشيحها في المختبر و اجريت عليها التحاليل الكيميائية المبينة نتائجها في الجدول (1) ، اذ تم تقدير كل من الايصاليه الكهربائيه و درجة تفاعل التربة في المستخلص 1:1 بالنسبة لعينات التربة و الماء الارضي بجهاز Ec meter و PH meter وفقاً لـPage و اخرون ،1982 . كما استخدمت نفس الرواشح وفقاً لـ Richards، 1954 لتقدير الايونات الذائبة الموجبة ، اذ تم تقدير البوتاسيوم و الصوديوم الذائبين باستخدام جهاز قياس العناصر باللهب Flame photometer ، في حين قدر الكالسيوم و المغنيسيوم الذائبين بتسحيحهما مع الفرسينيت Na_2– EDTA بتركيز 0.01 (*N*) . و تم حساب نسبة امتزاز الصوديوم في التربة SAR و الماء الارضي من المعادلة (1) :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca+Mg)}{2}}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots [1]$$

جدول(1) : يبين نتائج التحاليل المختبرية لكل موقع في منطقة الدراسة.

Sites	Soil						Groundwater							Remote Sensing DATA	
	pH	$dS.m^{-1}$	$mmolc.L^{-1}$			SAR	m	pH	$dS.m^{-1}$	$mmolc.L^{-1}$			SAR	NDSI	SI
		EC	Ca	Mg	Na		Lev.		EC	Ca	Mg	Na			
W1	7.22	31.88	70.14	127.52	108.39	10.90	0.91	7.30	24.52	53.94	98.08	85.77	9.84	-0.12	0.15
W2	6.87	89.83	134.75	404.24	323.39	19.70	0.71	7.05	52.84	79.26	237.78	191.72	15.23	-0.07	0.18
W3	7.30	25.10	55.22	100.40	85.34	9.67	0.97	7.38	19.31	42.48	77.24	67.02	8.66	-0.14	0.15
W4	7.11	60.32	90.48	271.44	217.15	16.14	0.81	7.18	35.48	53.22	159.66	128.23	12.43	-0.10	0.17
W5	7.15	38.38	84.44	153.52	130.49	11.96	0.86	7.24	29.52	64.94	118.08	103.77	10.85	-0.11	0.17
W6	7.60	9.91	27.75	35.68	31.71	5.63	1.16	7.64	9.01	19.82	36.04	29.94	5.67	-0.21	0.13
W7	7.54	12.03	33.68	43.31	38.50	6.21	1.11	7.57	10.94	24.07	43.76	36.88	6.33	-0.19	0.14
W8	7.27	26.81	58.98	107.24	91.15	10.00	0.95	7.36	20.62	45.36	82.48	71.73	8.97	-0.14	0.15
W9	7.47	14.80	41.44	53.28	47.36	6.88	1.06	7.50	13.45	29.59	53.80	45.92	7.11	-0.18	0.13
W10	7.96	3.37	12.13	10.78	9.44	2.79	1.33	7.84	4.82	17.35	17.42	11.00	2.64	-0.32	0.11
W11	7.55	11.51	32.23	41.44	36.83	6.07	1.13	7.59	10.46	23.01	41.84	35.16	6.17	-0.19	0.13
W12	7.65	8.76	24.53	31.54	28.03	5.29	1.20	7.68	7.96	28.66	27.47	19.79	3.74	-0.23	0.12
W13	7.35	21.28	46.82	85.12	72.35	8.91	1.01	7.44	16.37	36.01	65.48	56.43	7.92	-0.17	0.12
W14	7.98	3.21	11.56	10.27	8.99	2.72	1.34	7.86	4.58	16.73	16.35	10.41	2.56	-0.31	0.12
W15	7.34	22.17	48.77	88.68	75.38	9.09	1.00	7.42	17.05	37.51	68.20	58.88	8.10	-0.16	0.14
W16	7.21	32.47	71.43	129.88	110.40	11.00	0.90	7.30	24.98	54.96	99.92	87.43	9.94	-0.13	0.14
W17	7.18	35.04	77.09	140.16	119.14	11.43	0.88	7.27	26.95	59.29	107.80	94.52	10.34	-0.12	0.14
W18	7.17	36.53	80.37	146.12	124.20	11.67	0.87	7.26	28.1	61.82	112.40	98.66	10.57	-0.11	0.15
W19	7.87	3.03	10.91	9.70	8.48	2.64	1.34	7.86	4.58	16.22	14.42	12.61	3.22	-0.33	0.12
W20	7.43	16.59	46.45	59.72	53.09	7.29	1.03	7.46	15.08	33.18	60.32	51.79	7.57	-0.16	0.13
W21	7.66	8.46	23.69	30.46	27.07	5.20	1.20	7.69	7.69	27.68	26.61	19.55	3.75	-0.23	0.12
W22	7.45	15.90	44.52	57.24	50.88	7.13	1.04	7.48	14.45	31.79	57.80	49.52	7.40	-0.17	0.14
W23	7.94	3.65	13.14	11.68	10.22	2.90	1.30	7.82	5.22	18.79	17.99	12.12	2.83	-0.23	0.14
W24	7.54	11.95	33.46	43.02	38.24	6.18	1.12	7.57	10.86	23.89	43.44	36.60	6.31	-0.19	0.14
W25	7.44	16.39	45.89	59.00	52.45	7.24	1.03	7.47	14.9	32.78	59.60	51.14	7.52	-0.16	0.15
W26	6.93	76.21	114.32	342.95	274.36	18.14	0.75	7.10	44.83	67.25	201.74	161.89	13.96	-0.08	0.14
W27	7.98	3.24	11.66	10.37	9.07	2.73	1.34	7.86	4.63	17.01	16.84	10.46	2.54	-0.27	0.12
W28	7.67	8.12	22.74	29.23	25.98	5.10	1.22	7.70	7.38	26.57	25.62	18.16	3.55	-0.23	0.12
W29	7.33	22.32	49.10	89.28	75.89	9.12	1.00	7.42	17.17	37.77	68.68	59.31	8.13	-0.15	0.14
W30	6.87	90.17	135.26	405.77	324.61	19.74	0.71	7.05	53.04	79.56	238.68	192.44	15.26	-0.07	0.12
W31	6.92	77.71	116.57	349.70	279.76	18.32	0.74	7.10	45.71	68.57	205.70	165.06	14.10	-0.08	0.13
W32	6.93	74.44	111.66	334.98	267.98	17.93	0.76	7.11	43.79	65.69	197.06	158.14	13.80	-0.08	0.16
W33	7.64	8.83	24.72	31.79	28.26	5.32	1.19	7.67	8.03	17.67	32.66	26.41	5.26	-0.22	0.12
W34	7.73	6.83	24.59	21.86	19.12	3.97	1.26	7.76	6.21	22.36	21.87	14.89	3.17	-0.26	0.12
W35	7.92	3.90	14.04	12.48	10.92	3.00	1.30	7.81	5.39	19.40	19.25	12.59	2.86	-0.39	0.11
W36	6.89	85.56	128.34	385.02	308.02	19.23	0.72	7.06	50.33	75.50	226.49	182.69	14.87	-0.07	0.16
W37	7.22	31.62	69.56	126.48	107.51	10.86	0.91	7.31	24.32	53.50	97.28	85.05	9.80	-0.13	0.15
W38	7.89	4.17	15.01	13.34	11.68	3.10	1.27	7.77	5.95	21.42	21.04	14.16	3.07	-0.30	0.11
W39	7.90	4.04	14.54	12.93	11.31	3.05	1.29	7.80	5.45	19.62	19.44	13.76	3.11	-0.40	0.11

3.اعداد خرائط صفات الماء الارضي بوسائل الاحصاء الجيولوجي

1.تم اجراء التحليل المكاني لصفات الماء الارضي المقاسة ضمن برنامج ArcGIS10.2.1 وفقاً لمعادلة التغاير الموزون Variogram وفقاً لـLichtenstern ، 2013 و كالاتي :

$$2\,\gamma(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \ldots . [2]$$

، اذ ان x_i متغير ما يبتعد عن المتغير $x_i + h$ بازاحة مكانية مقدارها h ، و باسلوب Ordinary Kriging ضمن برنامج Arc Map و بتطبيق الموديل الكروي Spherical Model تم التنبؤ باعماق الماء الارضي في منطقة الدراسة و كالاتي :

$$\gamma_{a,b}^{sph}(h) = \left\{ \begin{array}{c} b\left(\frac{3}{2}\frac{|h|}{a} - \frac{1}{2}\left(\frac{|h|}{a}\right)^3\right), if\ \ 0 \le |h| \le a \\ b\,, otherwise \end{array} \right\} \ldots [3]$$

اما التنبؤ بملوحة و نسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي فتم بتطبيق الموديل الاسي Exponential Model و كالاتي :

$$\gamma_{a,b}^{exp}(h) = b\left(1 - e^{\left(-\frac{|h|}{a}\right)}\right) for\ |h| \ge 0\,, C_{a,b}^{exp}(h) = b\,e^{\left(-\frac{|h|}{a}\right)} for\ |h| \ge 0\,, \ldots . . [4]$$

، اذ $\gamma_{a,b}^{sph}(h)$ تمثل دالة التنبؤ المكاني للموديل الكروي و a المدى و b عتبة ثبات المسافة بين قيم المتغير المكاني و $\gamma_{a,b}^{exp}(h)$ و $C_{a,b}^{exp}(h)$ تمثل دالة التنبؤ المكاني الاسية .

2.اختبار دقة تنفيذ الموديل الكروي و الاسي تمت بقياس درجة الانحدار الخطي بين القيم المستخلصة Kriging Value و صفات التربة المقاسة مختبرياً Actual Value ضمن برنامج Microsoft Excel الاصدار 2010 .

3.انتاج خرائط صفات الماء الارضي المقاسة تم بصيغة Raster Layer و بصيغة Vector Layer (خطوط كنتورية) لاجل وضعها فوق خرائط ملوحة و صودية التربة الناتجة من البيانات الفضائية .

4. صنفت خارطة ملوحة الماء الارضي وفقاً لـ S . O. L . R ، 1982 و كما في الجدول (2)

ان مبررات استخدام هذا التصنيف كون الماء الذي يقع اسفل منطقة الـVadose Zone يشابه كيميائياً في صفاته الطبقة الاخيرة من التربة و غالباً ما تكون قيمه خارج مديات تصنيف المياه المتعارف عليها في ادبيات نوعية الماء الجوفي او ماء الري و البزل لذا استخدمنا هذا التصنيف كنوع من الصلة بين التركيب الكيميائي الملحي لهذا الماء و طبقات التربة التي تقع فوقه مباشرة ، اما نسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي فصنفت و فقاً للحدود التي اشار اليها Seilsepour و اخرون ،2009 .

جدول(2):يبين اصناف ملوحة التربة وفقاً لـ S . O. L . R . ،1982

Symbol	Class Description	EC dS.m^{-1}
S_0	Very Slightly Saline Soil	0 - 4
S_1	Slightly Saline Soil	4 - 8
S_2	Moderately Saline Soil	8 - 16
S_3	Strongly Saline Soil	16 - 25
S_4	Very Strongly Saline Soil	25 - 50
S_5	Extremely Saline Soil	> 50

4.اعداد خرائط ملوحة و صودية التربة

1.معالجة البيانات الفضائية

استخدمت الحزم الطيفية الفضائية العائدة للمتحسس Landsat8 ، ثم اخضعت لجميع انواع المعالجات الاساسية الخاصة بالبيانات الفضائية بغية إزالة جميع مصادر التشويه وفقاً لموديل FLAASH (Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube model) ، ثم استقطعت منطقة الدراسة و ذلك باتباع الخطوات الاساسية التي اوردها Wu، 2011 في برنامج ENVI 5 .

2.بناء الموديلات التنبؤية

و لبناء موديلات تنبؤية تنتج ادق خرائط لتمثيل ملوحة و نسبة امتزاز الصوديوم في التربة و بعد اختبار عدد كبير من الدلائل الطيفية الخضرية و غير الخضرية تبين لنا ان افضل الدلائل لتمثيل ملوحة و نسبة امتزاز الصوديوم في التربة في منطقة الدراسة هما الدليل الطيفي غير الخضري Normalized Difference Salinity Index(NDSI) و الدليل الطيفي غير الخضري Salinity Index(SI) و كما مبين في المعادلتين ادناه :

$$NDSI = \frac{Red\ band - NIR\ band}{Red\ band + NIR\ band} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots [5]$$

$$SI = \sqrt{Blue\ band * Red\ band} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots [6]$$

، استخلصت قيم الدليلين NDSI و SI ببرنامج ArcGIS10.2.1 للمواقع و كما مبينة قيمها في الجدول (1) ثم اجري اختبار الانحدار البسيط باستخدام برنامج Microsoft excel بصيغ خطية و لوغارتمية و أُسية مع الملوحة المقاسة مختبرياً و نسبة امتزاز الصوديوم في التربة و من ثمَّ الإنحدار المتعدد في برنامج SPSS 21 و ضمن طريقة Forward method بغية تحديد افضل العلاقات التنبؤية ، اذ تم التنبؤ بملوحة التربة من علاقة الانحدار المتعدد (7) ونسبة امتزاز الصوديوم في التربة SARs من علاقة الانحدار المتعدد (8) و كالاتي :

$$EC_{1:1} = -6520.959 + 3730.523e^{NDSI} - 2694.323\mathrm{NDSI} - 358.571\ln SI + 1936.608\, e^{SI} \ldots\ldots\ldots \quad R^2 = 0.947^{**}. [7]$$

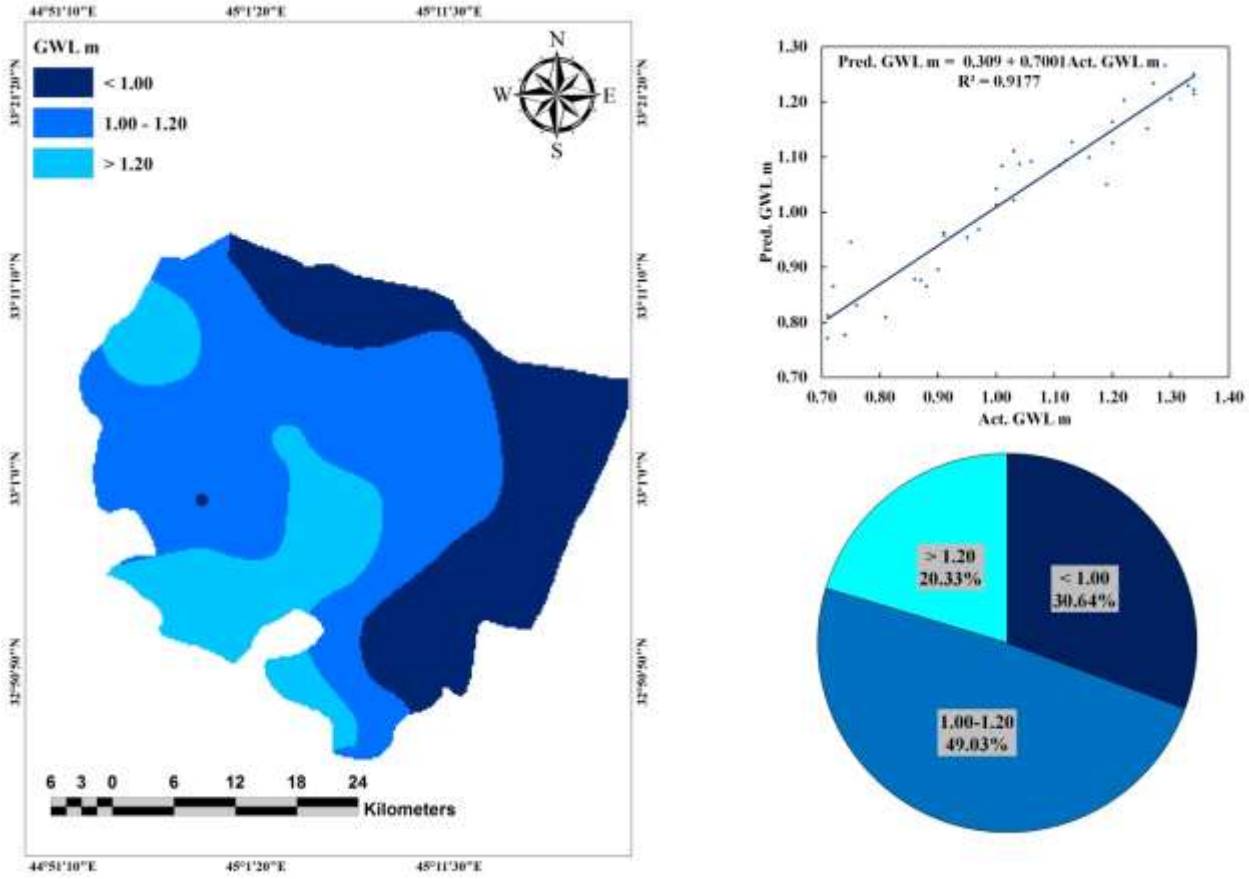
$$SAR_s = -1024.503 + 631.283e^{NDSI} - 445.430\mathrm{NDSI} - 51.869\ln SI + 279.585\, e^{SI} \ldots\ldots\ldots \quad R^2 = 0.983^{**} \ldots [8]$$

ثم طبق الموديل التنبؤي (7) و (8) في برنامج ENVI5 و بعد التخلص من القيم الشاذة السالبة و الموجبة العالية جدا صنفت خارطة ملوحة التربة وفقاً لـ S . O. L . R . ،1982 و كما في الجدول (2) اما نسبة امتزاز الصوديوم في التربة فصنفت و فقاً للحدود التي اشار اليها Seilsepour و اخرون ،2009 .

1.عمق الماء الارضي :

بتطبيق الموديل الكروي Spherical Model في المعادلة (3) تم التنبؤ باعماق الماء الارضي في منطقة الدراسة ، اذ بلغت دقة تمثيل هذا الموديل لاعماق الماء الارضي $R^2 = 0.9177^{**}$ و كما في الشكل (2) :

النتائج و المناقشة :

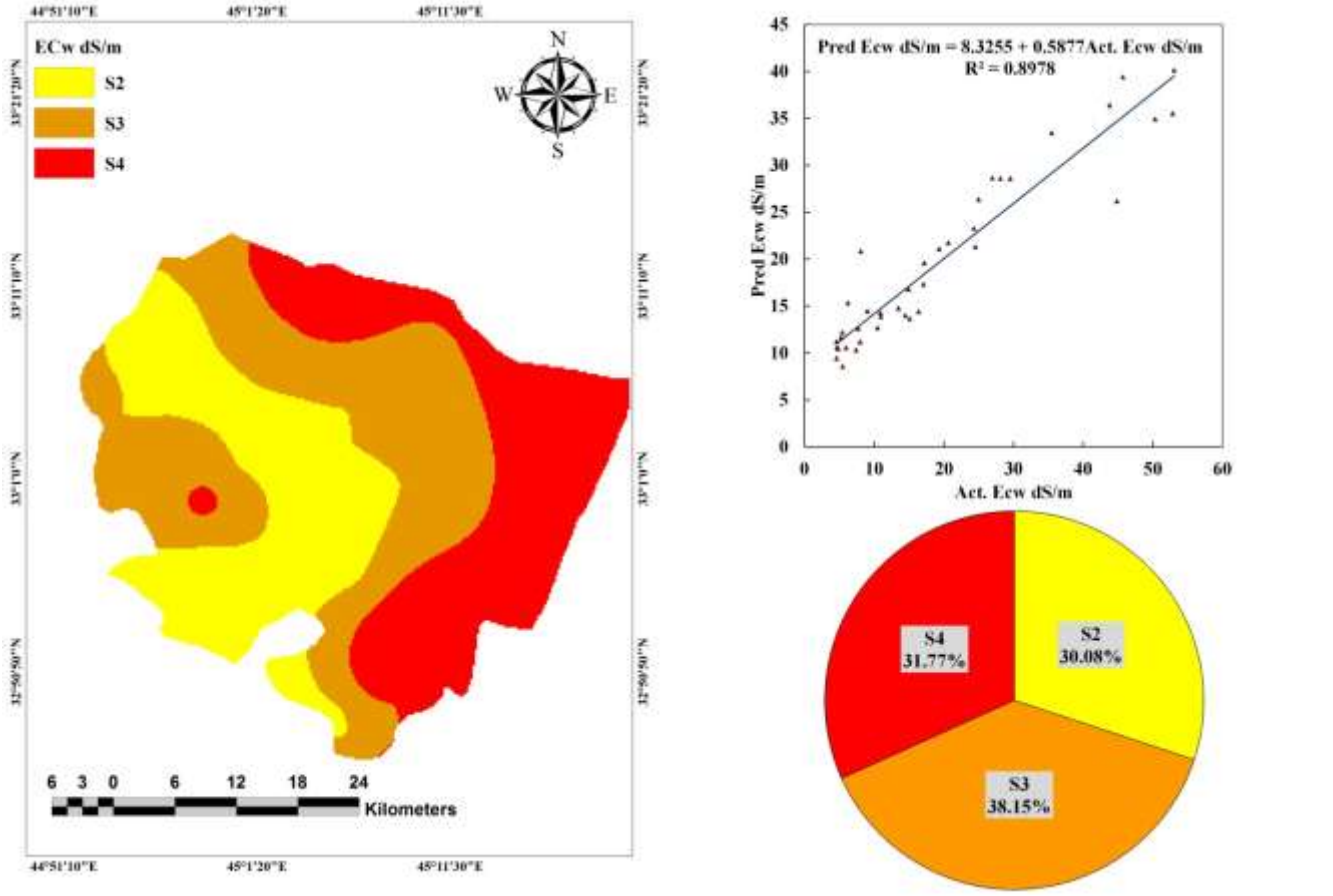


الشكل(2) : يوضح دقة تمثيل الموديل الكروي Spherical Model لاعماق الماء الارضي (م) و توزيع اصنافه في منطقة الدراسة .

كما يلاحظ من الشكل (2) ان عمق الماء الارضي لاقل من 1.00 م يتركز في شرق منطقة الدراسة غير المستغلة في معظمها لاغراض الزراعة بسبب تدهورها الكيميائي و تحول معظم تربها لصحاري ملحية ، اذ تقع اغلبها عند نهايات مبازل المناطق الزراعية و التي تشكل 30.64% من مساحة منطقة الدراسة اي 43407.40 هكتار ، في حين يلاحظ ان اغلب المناطق الزراعية في الجانب الغربي من منطقة الدراسة و التي تشكل 20.33% من مساحة منطقة الدراسة اي 28801.32 هكتار يكون عمق الماء الارضي فيها اكثر من 1.20 م كونها محاذية لنهر دجلة و القنوات الاروائية الرئيسة التي تكون نسجاتها متوسطة الى خشنة بفعل ظروف ترسيب الترب النهرية Alluvial soils (AL-Shammary ،2008) مما يسهل حركة الماء الارضي فيها الى اعمق من 1.20 م و بالتالي يزداد سمك طبقة الـVadose Zone في هذه الترب و الذي يعد مؤشراً جيداً لضعف اثر الماء الارضي في تملحها (Simunek و آخرون ، 2003) . اما المنطقة التي يتذبذب عمق الماء الارضي فيها بين 1.00-1.20 م و التي تشكل 49.03% اي 69460.34 فهي مهددة جدياً بالتدهور الكيميائي بفعل ملوحة و صودية الماء الارضي و هي في الغالب منطقة زراعية خصبة لكنها لم تستغل لمدة اكثر من عشرة سنوات اي منذ 2004 بسبب الجفاف و قلة الموارد المائية في المنطقة الوسطى و الجنوبية و عدم ملائمة او الكلفة الاقتصادية العالية للبدائل المائية الاخرى .

2.ملوحة الماء الارضي

بتطبيق الموديل الاسي Exponential Model في المعادلة (4) تم التنبؤ بملوحة الماء الارضي في منطقة الدراسة ، اذ بلغت دقة تمثيل هذا الموديل لملوحة الماء الارضي $R^2 = 0.8978^{**}$ و كما في الشكل (3) :

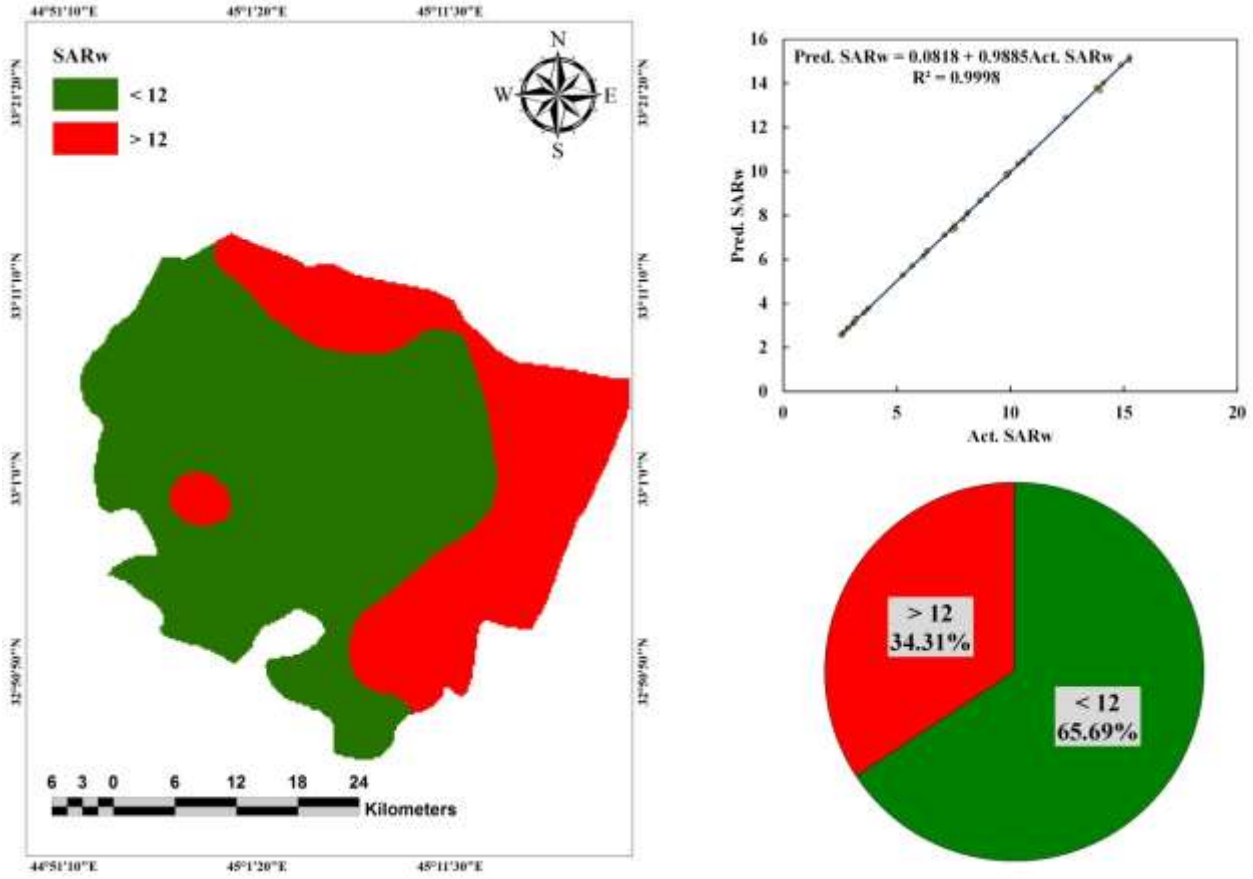


الشكل(3) : يوضح دقة تمثيل الموديل لاسي Exponential Model لملوحة الماء الارضي $dS.m^{-1}$ و توزيع اصنافها ضمن منطقة الدراسة.

كما يلاحظ من الشكل (3) ان شرق منطقة الدراسة ذات ماء ارضي عالي الملوحة جداً (S4) ، اذ تتراوح ملوحته بين 25 – 50 ديسمنز.م$^{-1}$ و تشكل 31.77% من مساحة منطقة الدراسة اي 45008.26 هكتار و تحاذيها في وسط منطقة الدراسة الترب ذات الماء الارضي العالي الملوحة (S3) اذ تتراوح ملوحته بين 16 – 25 ديسمنز.م$^{-1}$ و تشكل 38.15% من مساحة منطقة الدراسة اي 54046.75 هكتار و تتصف هاتين المنطقتين بضعف الغطاء النباتي فيها و خروجها بشكل تام من نطاق الترب الزراعية مما اسهم في زيادة تراكيز ملوحة الماء الارضي بسبب التبخر العالي ضمن منطقة تذبذب الماء الارضي اقل من 1.20 م القريب من سطح التربة و الذي يسمح باعادة ذوبان هذه الاملاح بتراكيز اعلى ضمن محلول الماء الارضي مما يزيد من مخاطر اتساع اثرها الملحي في المناطق الزراعية المجاورة ، اذ يلاحظ ان ملوحة الماء الارضي متوسطة (S2) اي تتراوح ملوحته بين 8 – 16 ديسمنز.م$^{-1}$ في غرب منطقة الدراسة و التي تشكل 30.08% من مساحة منطقة الدراسة اي 42614.05 هكتار و التي تتصف بكونها ترب مزروعة بصورة مستمرة و تستخدم نوعيات ملائمة للري فيفترض حصول تخفيف كبير في مستوى ملوحة الماء الارضي ، الا ان ميل ملوحة الماء الارضي في هذه المنطقة للاتزان مع الماء الارضي في المناطق المتملحة المجاورة لها يسمح بزيادة مستواه الى اعلى من المستويين (S0) و (S1) في المناطق الجافة من العالم (Al-Zarah، 2008) .

3.نسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي

بتطبيق الموديل الاسي Exponential Model في المعادلة (4) تم التنبؤ بنسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي SARw في منطقة الدراسة ، اذ بلغت دقة تمثيل هذا الموديل لنسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي $R^2 = 0.9998^{**}$ و كما في الشكل (4) :

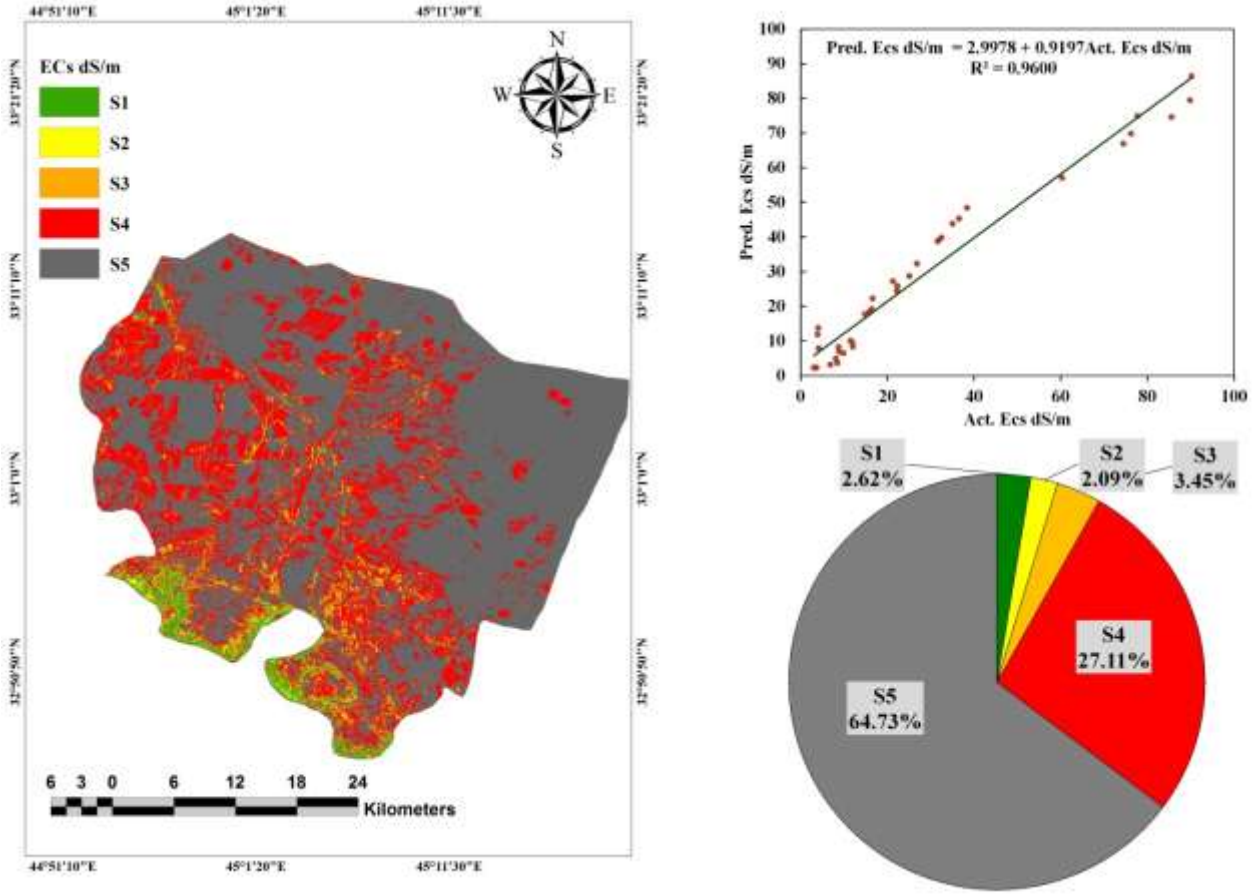


الشكل(4) : يوضح دقة تمثيل الموديل الاسي Exponential Model لنسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي و توزيع اصنافها ضمن منطقة الدراسة.

كما يلاحظ من الشكل (4) ارتفاع نسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي في شرق منطقة الدراسة لاكثر من 12 ، اذ تشكل 34.31% من مساحة منطقة الدراسة اي 48606.65 هكتار في حين تشكل المنطقة التي يشغلها الماء الارضي ذو نسبة امتزاز الصوديوم الاقل من 12 65.69% من منطقة الدراسة اي 141669.06 هكتار ، اذ بين Jorenush و Sepaskhah، 2003 ان ارتفاع نسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي يمثل نتاجاً مباشراً للادارة السيئة لمورد المياه و نمط توزيعه في المنطقة و هو الذي يسهم بفاعلية في نشؤ الترب الملحية و التي من ابرز مظاهرها اعاقة نمو و تمدد المجموع الجذري للنباتات الاقتصادية و هذا ما بينه المسح الميداني و الصورة الفضائية ، اذ غلب على المنطقة مظاهر الصحراء الملحية الخالية من الغطاء النباتي الاخضر .

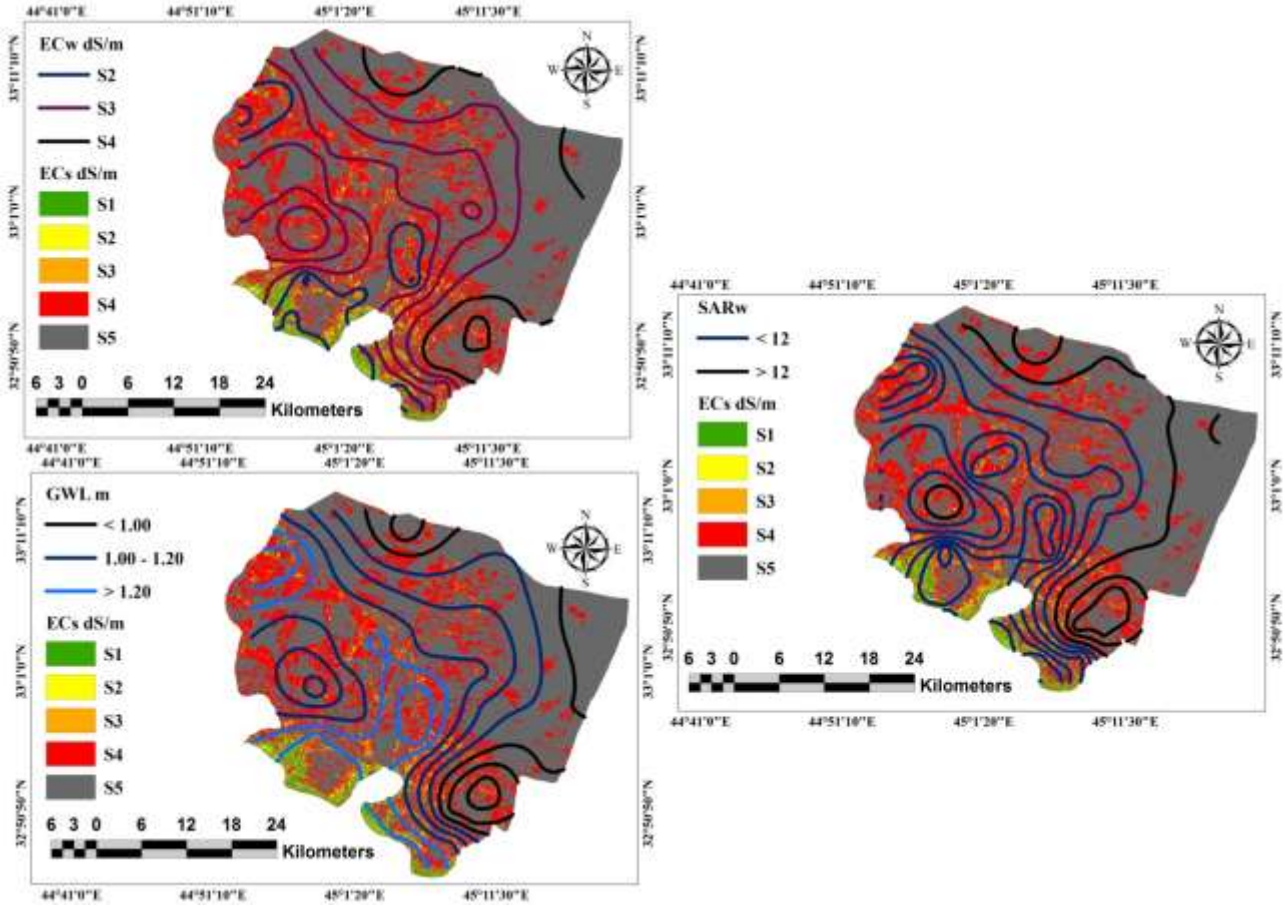
4.اثر صفات الماء الارضي المقاسة في ملوحة التربة

بتطبيق علاقة الانحدار المتعدد في المعادلة (7) تم التنبؤ بملوحة التربة في منطقة الدراسة ، اذ بلغت دقة تمثيل هذه المعادلة لتمثيل توزيع تراكيز ملوحة التربة المقاسة مختبرياً $R^2 = 0.9600^{**}$ و كما في الشكل (5) :



الشكل(5) : يوضح دقة تمثيل علاقة الانحدار المتعدد في المعادلة (7) لقيم ملوحة التربة المقاسة مختبرياً و توزيع اصنافها في منطقة الدراسة .

كما يلاحظ من الشكل (5) اختفاء الصنف (S0) نهائياً و الذي يعني نشاط عملية التملح حتى في المناطق الزراعية و التي صار يمثلها واقعياً الصنف (S1) و الذي لا يزيد عن 2.62% من مساحة منطقة الدراسة اي 3711.73 هكتار . كما يلاحظ ان صنف الملوحة المتوسطة (S2) يشكل 2.09% من مساحة منطقة الدراسة اي 2960.88 هكتار و صنف العالي الملوحة (S3) يشكل 3.45% من مساحة منطقة الدراسة اي 4887.58 هكتار ، في حين يشكل الصنف العالي الملوحة جداً (S4) 27.11% اي 38406.48 هكتار و الصنف شديد الملوحة (S5) يشكل 64.73% من مساحة منطقة الدراسة اي 91702.38 هكتار . و اذا اعتبرنا ان الاصناف الثلاثة (S1 و S2 و S3) تمثل الترب التي بالامكان استصلاحها او تدارك مخاطر الملوحة فيها فان هذه الترب تشكل 8.16% فقط من مساحة المنطقة اما 91.84% فانها تمثل ترب خضعت بصورة فعلية لعمليات التراكم الملحي الشديدة و لفترة طويلة من الزمن نتيجة عدم الاستغلال الامثل لمورد التربة و هي نسب تعكس مدى اهمال هذا المورد الاقتصادي الهام بشكل خطير في هذه المنطقة الزراعية الهامة من العراق . ان نمط توزيع اصناف ملوحة التربة في هذه المنطقة يشابه الى حدٍ كبير ما توصلت اليه مسوحات ملوحة التربة التي اجراها الوائلي ، 2013 باستخدام الدلائل الطيفية الخضرية ، اذ شخص سيادة الصنفين S0 و S1 في المناطق ذات الاستخدام الزراعي الكثيف على حساب الصنفين S2 و S3 . كما ازدادت مساحة الصنف S4 على حساب هذين الصنفين في المناطق غير المستغلة زراعياً بفعل نشاط عملية التملح في منطقة المسيب بفعل الظروف الموقعية التي تسمح بتراكم الاملاح و خاصة في نهايات المبازل او التي تستخدم فيها مياه البزل دون تخفيف بمياه اقل ملوحة و بنوعية ملائمة لاغراض الري . الا اننا نؤكد في هذه الدراسة اضافة الى ما سبق دور عمق الماء الارضي و ملوحته و نسبة امتزاز الصوديوم فيه في نشاط تراكم الاملاح في التربة ، اذ يبين توزيع الخطوط الكنتورية في الشكل (6) ان اعماق الماء الاقل من 1.20 م تمر فيها الخطوط الكنتورية فوق الصنفين (S4) و (S5) بدرجة رئيسة و احياناً الصنف (S3) اما الماء الارضي الذي يزيد عمقه عن 1.20 م فيكون مرور خطوطه الكنتورية فوق الصنفين (S2) و (S1) .

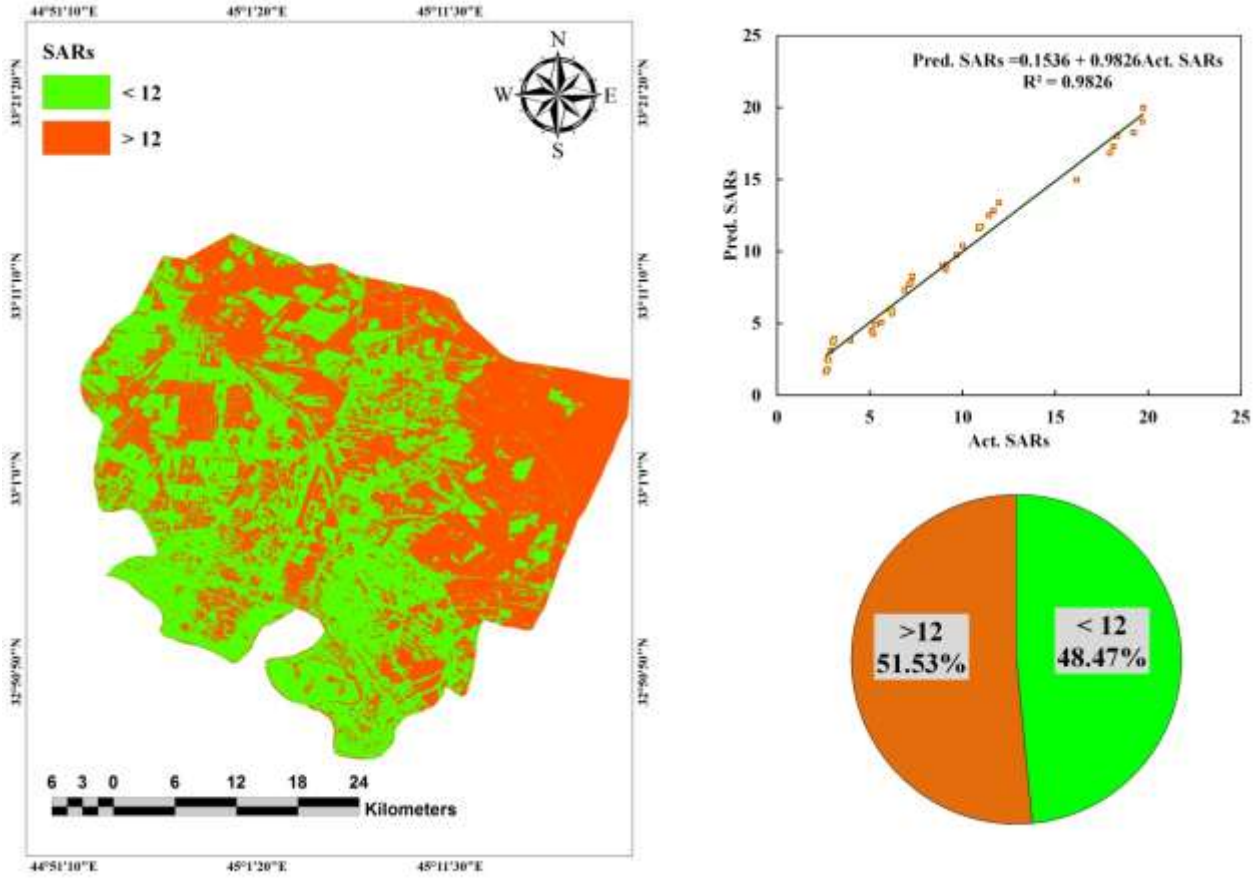


الشكل(6) : يوضح توزيع الخطوط الكنتورية لصفات الماء الارضي المقاسة فوق اصناف ملوحة التربة في منطقة الدراسة .

كما يلاحظ الدور الجوهري لملوحة الماء الارضي في زيادة التراكم الملحي في التربة ، اذ مرت الخطوط الكنتورية للصنفين (S4) و (S3) بدرجة رئيسة فوق اصناف ملوحة التربة (S3) و (S4) و (S5) و الى حدٍ ما مر خط كنتور صنف ملوحة الماء الارضي (S3) فوق صنفي ملوحة التربة (S2) و (S1) و خاصة في الجزء الجنوبي من منتصف منطقة الدراسة اي منطقة الحد الفاصل بين الخصائص الكيميائية المتباينة لمحلول الماء الارضي و التي تحاول الميل دائماً نحو الاتزان الثرموديناميكي بالنسبة للايونات الذائبة فيها (Al-Zarah،2008). كما يظهر الشكل(6) ان خطوط الكنتور للماء الارضي الذي ترتفع فيه نسبة امتزاز الصوديوم عن 12 تمر فوق الصنفين (S4) و (S5) بدرجة رئيسة و احياناً الصنف (S3) اما خط كنتور الماء الارضي الذي تنخفض فيه نسبة امتزاز الصوديوم عن 12 فتمر فوق كافة اصناف ملوحة التربة و بدرجات متفاوتة ، و قد يكون السبب مرتبط بالتركيب الكيميائي للماء الارضي و محاولته للاتزان مع التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في المنطقة و ما تحمله من نواتج تجوية و التي تعود إلى عصريّ البلايوستوسين و الهولوسين الغنية بالكلس و التي تتحرك نحو سطح التُربّة بفعل الخاصية الشعرية فتمثل هذه المياه وسيلة فعالة لنقل نواتج تجوية الصخور الكلسية من المياه الجوفية الى طبقة الماء الارضي و من ثم إلى اجزاء التُربّة العليا مع إعطاء دور واضح للتفاعلات الجيوكيميائية المسؤولة عن تحرر الكالسيوم و اتحاده فيما بعد مع الكلوريد الذائب على حساب الصوديوم الذائب ليكوّن ملح كلوريد الكالسيوم المسؤول عن تكوّن التُربّ السبخة في تلك المنطقة (Al_Hurban و Al-Sulaimi،2009) .

5.اثر صفات الماء الارضي المقاسة في نسبة امتزاز الصوديوم في التربة

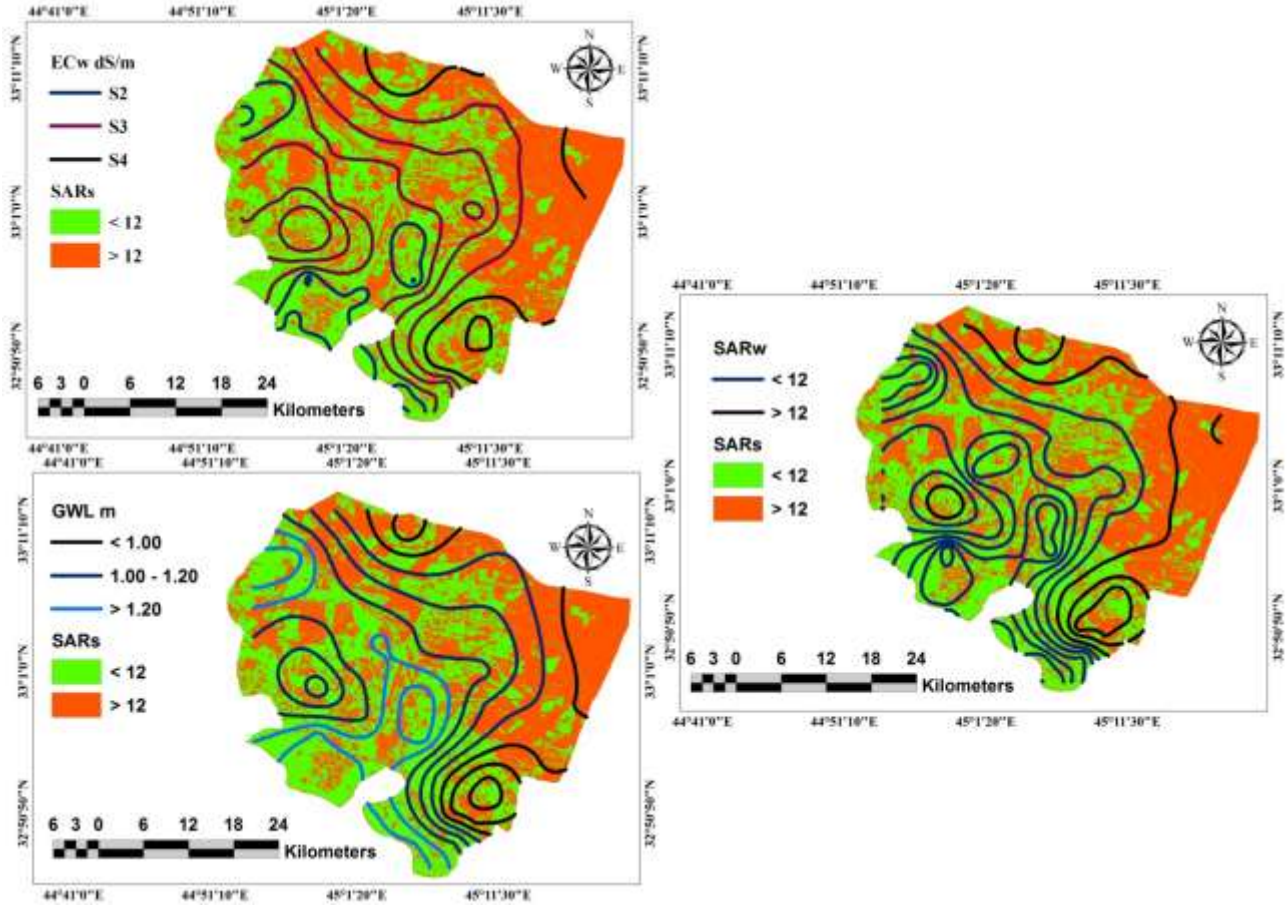
بتطبيق علاقة الانحدار المتعدد في المعادلة (8) تم التنبؤ بنسبة امتزاز الصوديوم في تربة في منطقة الدراسة ، اذ بلغت دقة تمثيل هذه المعادلة لتمثيل توزيع نسبة امتزاز الصوديوم المقاسة مختبرياً $R^2 = 0.9826^{**}$ و كما في الشكل (7) :



الشكل(7) : يوضح دقة تمثيل علاقة الانحدار المتعدد في المعادلة (8) لقيم نسبة امتزاز الصوديوم في التربة و توزيع اصنافها في منطقة الدراسة .

يلاحظ من الشكل (7) ان مخاطر ارتفاع نسبة امتزاز الصوديوم في التربة عن 12 تشكل 51.53% من مساحة منطقة الدراسة اي 73002.07 هكتار و هي تنتشر في الاجزاء الشرقية من منطقة الدراسة و بدرجة رئيسة ضمن المناطق التي تؤثر فيها صفات الماء الارضي المقاسة سلباً في زيادة نسبة امتزاز الصوديوم في التربة ، اذ توصل الوائلي ، 2013 عند دراسته لنسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي في وسط العراق وجود علاقة عالية المعنوية في زيادة نسبة امتزاز الصوديوم في التربة

في حين تكون نسبة امتزاز الصوديوم في التربة الاقل من 12 تشكل 48.47% من مساحة منطقة الدراسة اي 68666.99 هكتار في المناطق التي يزيد فيها عمق الماء الارضي عن 1.20 م و ضمن مناطق انتشار الصنف (S2) من ملوحة الماء الارضي و نسبة امتزاز الصوديوم الاقل من 12 و كما يتبين من مواضع الخطوط الكنتورية لصفات الماء الارضي المقاسة فوق خارطة امتزاز الصوديوم في التربة في الشكل (8) و كالاتي :



الشكل(8) : يوضح توزيع الخطوط الكنتورية لصفات الماء الارضي المقاسة فوق اصناف نسبة امتزاز الصوديوم في ترب منطقة الدراسة .

يلاحظ من الشكل (8) ان خط الكنتور لعمق الماء الارضي الاقل من 1.00م يمر فوق الترب التي تزيد فيها نسبة امتزاز الصوديوم عن 12 مما يؤشر المساهمة الفعالة للماء الارضي في ارتفاع مخاطر الصودية في التربة و ان كانت في حقيقة الامر انها مناطق غير زراعية و صحاري ملحية سبخة ، و مع ان اصناف ملوحة الماء الارضي (S2 و S3 وS4) و ان تبدو قد مرت فوق الترب التي تنخفض او تزيد فيها نسبة امتزاز الصوديوم عن 12 الا ان الصنف (S4) قد مر في مناطق لا تقل فيها نسبة امتزاز الصوديوم عن 10 و الصنف (S3) قد مر في مناطق لا تقل فيها نسبة امتزاز الصوديوم عن 7 كحد ادنى . كما يلاحظ بشكل جلي انطباق خطوط الكنتور لنسبة امتزاز الصوديوم في الماء الارضي فوق النسب التي تماثلها في التربة باستثناء الجزء الجنوبي من وسط منطقة الدراسة ، اذ يتداخل و يمر خط كنتور SARw فوق SARs التربة و هو ما برررناه بمحاولة الماء الارضي للنزوع نحو الاتزان الثرومودينامیكي .

الاستنتاجات

1.اهمية و فاعلية التنبؤ المكاني في تفسير اثر عمق و خصائص الماء الارضي في التدهور الكيميائي للتربة .

2.يمكن تكامل نتائج التنبؤ المكاني لصفات الماء الارضي مع خرائط ملوحة و صودية التربة الناتجة من بيانات التحسس النائي .

المصادر العربية و الاجنبية

الوائلي ، اوراس محي طه . 2013 . تشخيص الترب المتأثرة بالملوحة في مشروع المسيب . اطروحة دكتوراه ، كلية الزراعة ، جامعة بغداد.

Al-Hurban , A . and J . S . Al-Sulaimi . 2009 . Recent surface sediments and landform of the southern area of Kuwait . European Journal of Scientific Research . 38 (2) : 272 – 295 .

AL-Shammary, S. H. E. 2008. Hydrogeology of Galal Basin – Wasit – East Iraq. Ph.D. Thesis. College of Science, Univ. of Baghdad.

Al-Zarah , A . I . 2008 . Chemistry of groundwater of Al-Ahsa Oasis estern region

Lehman , R . M . , C. A. Cambardella , D. E. Stott , V. Acosta-Martinez , D. K. Manter , J. S. Buyer , J. E. Maul , J. L. Smith , H. P. Collins , J. J. Halvorson , R. J. Kremer , J. G. Lundgren , T. F. Ducey, V. L. Jin and D. L. Karlen . 2015 . Understanding and Enhancing Soil Biological Health : The Solution for Reversing Soil Degradation . Sustainability . 7: 988-1027.

Marie , A . and A . Vengosh . 2001 . Sources of salinity in groundwater from Jericho valley . Ground Water . 39 : 240 – 248 .

Page , A.L., R.H. Miller, and D.R. Kenney. 1982. Methods of Soil Analysis Part (2). 2nd ed. Agronomy 9 Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkalin soils. U.S.D.A. Handbook No. 60.

S.O.L.R. 1982 . Specification for soil Survey and hydrological investigations in Iraq . State Organization for Land Reclamation . Baghdad . Iraq .

Seilsepour , M . , M . Rashidi and B. G. Khabbaz . 2009. Prediction of Soil Exchangeable Sodium Percentage Based on Soil Sodium Adsorption Ratio . American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 5(1): 1 – 4 .

Simunek , J . , N . J . Jarvis , M . Van Genuechten and A . Gardenas . 2003 . Review and compartion of model for describing non-equilibrium and preferential flow and transport in the vadose zone . J . Hydrol. 272 : 14 – 35 .

Saudi Arabia and its predictive effect on soil properties. Pak.J.Biol.Sci. 11(3) : 332 – 341 .

Bouaziz , M . , J . Matschullat and R . Gloaguen . 2011 . Improved remote sensing detection of soil salinity from a semi-arid climate in Northeast Brazil . C . R . Geoscience . 343 : 795 – 803 .

Brus , D. J. and G . B. M. Heuvelink . 2007 . Optimization of sample patterns for universal kriging of environmental variables. Geoderma 138 : 86–95 .

Douaika , A. , b. T. M . Van Meirvennea and T. Tothc . 2005 . Soil salinity mapping using spatio-temporal kriging and Bayesian maximum entropy with interval soft data .Geoderma 128 : 234– 248 .

F.A.O. 2011. Country pasture / forage resource profiles : Iraq . FAO , Rome , Italy . P.34 .

Iqbal , S. , F. Iqbal and F. Iqbal . 2010 . Satellite Sensing for Evaluation of an Irrigation System in Cotton - Wheat Zone . World Academy of Science, Engineering and Technology 47 : 261 – 266 .

Jafari , R . , M . M . Lewis and B. Ostendorf . 2008 . An image-based diversity for assessing land degradation in an arid environment in South Australia. J. of Arid Envir.72:1282-1293.

Jorenush , M . H . and A . R . Sepaskhah . 2003 . Modeling capillary rise and soil salinity for shallow saline water table and non-irrigated condition . Agric. Water Manag. 61 : 125 – 141 .

Lark, R.M .2009. Kriging a soil variable with a simple nonstationary variance model. J. Agric. Biol. Environ. Stat. 14: 301–321.