

## التنبؤ بخريطة تساوي مناسيب المياه الجوفية الحرة باستخدام طرائق الإحصاء المكاني في سهل جبلة-اللاذقية

الدكتور عباس عبد الرحمن\*  
الدكتور غطفان عبد الكريم عمّار\*\*  
ريم خضور\*\*\*

(تاريخ الإيداع 9 / 7 / 2013 . قُبِلَ للنشر في 26 / 9 / 2013)

### ▽ ملخص ▽

يقع سهل جبلة في محافظة اللاذقية، وتبلغ مساحته 7500 هكتار، تنتشر فيه آبار المياه الجوفية بعضها من حفر الأهالي، وبعضها الآخر من حفر مديرية الموارد المائية في محافظة اللاذقية، حيث رُصدت مناسيب المياه الجوفية فيه في الفترة الواقعة بين 2004-2005.

يهدف البحث إلى التنبؤ بخريطة تساوي مناسيب المياه الجوفية الحرة في سهل جبلة باستخدام طريقتين من طرائق الإحصاء المكاني interpolation method هما: kriging و IDW (Inverse distance weighted) مقلوب المسافة الموزونة، وذلك باستخدام البيانات المتوفرة في هذه المنطقة والتي هي عبارة عن 42 بئراً وتوصلت الدراسة إلى أن طريقة IDW هي الطريقة التي أعطت بعد المعايرة قيمة قريبة من القيم الحقيقية بنسبة خطأ لا تتجاوز 10%، والتي يمكن بواسطتها التنبؤ بمناسيب المياه الجوفية في الأماكن التي لا يوجد فيها آباراً محفورة.

**الكلمات مفتاحية :** الإحصاء المكاني , مناسيب مياه جوفية, مقلوب المسافة الموزونة, Kriging.

\* مدرس - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\* أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\*\* طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Prediction of Unconfined Groundwater Isoline Map Using Spatial Statistical Methods in Jableh Plain-LATAKIA

Dr. Abbas Abdalrrahman \*  
Dr. Ghatfan Ammar \*\*  
Reem Khaddour \*\*\*

(Received 9 / 7 / 2013. Accepted 26 / 9 / 2013)

### ▽ ABSTRACT ▽

Jableh Plain is located in the Lattakia Province and spans over an area of 7500 hectares. A number of wells spreads all over the area, some of which were dugged by citizens and the rest were dugged by the Directorate of Water Resources in Lattakia. The groundwater levels were monitored in the area in the period between 2004 & 2005.

The purpose of the research is to predict a map that equalizes unconfined groundwater levels in Jableh Plain by using two of statistical methods of spatial interpolation methods: 1. Kriging , 2. Inverse distance Weighted through using the available data in the area that is 42 wells. As a conclusion, we found that IDW method gave very close values to the measured values, after calibration, by error does not exceed 10% and can be adopted to predict ground water levels in the area where there are no wells drilled.

**keywords:**Interpolation method, IDW, Kriging , groundwater

---

\* Assistant Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

\*\* Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

\*\*\* Postgraduate Student at Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

**مقدمة:**

بين الكثير من الباحثين أنه عندما نريد دراسة ظاهرة هيدرولوجية أو هيدروجيولوجية متغيرة حسب الزمان والمكان، فإنه من الصعب إجراء قياسات لكامل المنطقة المدروسة، لأن هذا العمل مكلف مادياً وزمنياً فالأسلوب العلمي في هذه الحالة يعتمد على أخذ عينات متفرقة من المنطقة، ثم التنبؤ بالاعتماد عليها بالنقاط المجهولة التي لم تؤخذ منها عينات، وهذه العمليات الرياضية تسمى بالاستيفاء interpolation وتستند هذه العملية على قياس قيم المتغيرات في نقاط السبر من أجل التنبؤ بقيم نفس المتغيرات في باقي نقاط الموقع باستخدام نماذج رياضية حاسوبية، حيث إن طرائق الاستيفاء المستخدمة في اختيار النموذج الرياضي لظاهرة مدروسة يمكن تقسيمها بحسب الخلفية الرياضية

**Methodology background إلى:****1- الطرائق التقليدية Deterministic Method:** والتي لا تستخدم نظريات الاحتمال في حساباتها بل

تعتمد على معايير فيزيائية خاصة بكل ظاهرة ومن أشهر هذه الطرائق [1]:

**طريقة مقلوب المسافة الموزونة inverse distance weighted –IDW****2- طرائق الإحصاء المكاني Stochastic/Geostatistical methods:** الأسلوب العلمي في هذه

الطرائق يعتمد على أخذ البيانات المتوفرة في أماكن معينة من هذه المنطقة، ثم التنبؤ بالبيانات المطلوبة في المناطق التي لا توجد فيها أية قياسات، وهذه العمليات الرياضية تسمى بالإحصاء المكاني Geostatistics باستخدام نماذج رياضية حاسوبية، تعتمد دورها على توابع رياضية إحصائية مناسبة لكل حالة تبعاً للظاهرة المدروسة .

وهناك أكثر من 42 أسلوباً يندرج تحت اسم Geostatistics، وأشهر الأساليب الإحصائية التي تندرج تحت

اسم طرائق الإحصاء المكاني هي: طريقة **Kriging**، درست هذه الطريقة من قبل العالم الفرنسي Georges Matheron، والذي اعتمد في دراسته على رسالة الماجستير للدكتور الجنوب إفريقي Daniel G. Krige عام 1970 حيث يعتمد الحساب فيها على أنه لإيجاد بيان مجهول في نقطة ما من المنطقة المدروسة يتم بالاعتماد على المعلومات المتوفرة لنفس البيان في النقاط المجاورة، مع إعطاء تأثير أقل للنقطة المعلومة كلما كانت المسافة أبعد عن النقطة المجهولة. [2]

\* قامت شعبة الهندسة المائية والبيئية في جامعة Thessaloniki Aristotle بوضع مشروع بحثي يهدف إلى ترشيد إدارة المياه الجوفية في حوض Anthemountas في شبه جزيرة Chalkidik في جنوب اليونان، حيث بلغت مساحة الحوض  $90 \text{ KM}^2$  وعمق الطبقة الحاملة للمياه الجوفية 100 m، وتمت معالجة البيانات باستخدام طريقة semi-variogram في أسلوب Kriging، وقبل وضع النموذج المطلوب للمياه الجوفية تم التأكد من صحة البيانات الأصلية حيث أعيد القياس أكثر من مرة، وبيّنوا أن إحدى مزايا طريقة kriging أنها تبين خطأ الاستيفاء الناتج عن إدخال ضواغط بعيدة عن الواقع، وانطلاقاً من مناسيب المياه الجوفية المعطاة في الآبار جميعها، وبعد المعايرة رُسمت خطوط تساوي مناسيب المياه الجوفية في المنطقة كلها بناءً على احتمالية التوضع. [3]

\* قام كل من Tanvir HASSAN من معهد نمذجة المياه في بنغلاديش و Saiful ISLAM من جامعة بنغلاديش للعلوم والتكنولوجيا بدراسة منطقة DINAJPUR في بنغلاديش، حيث تعاني هذه المنطقة من نقص في مناسيب المياه الجوفية نتيجة الاستخدام الكبير لمياه الآبار في فترات الجفاف، بالإضافة إلى زيادة حفر الآبار بصورة عشوائية، وبناءً على ذلك قاما بنمذجة هذه المنطقة باتباع طريقة Kriging في بيئة برنامج GIS لقراءات الآبار من

عام 1995-2003, كما استخدمت طريقة IDW في تحليل النتائج وإجراء المقارنة بينهما تبين أن طريقة KRIGING هي الأفضل, وقد تمكنا من تحديد المناطق الحرجة التي قد تتعرض للجفاف مع الاستخدام الجائر لمياه الآبار. [4]

\* قام SH.Mahmodi الدكتور في علم التربة في جامعة طهران في إيران ومجموعة من الباحثين في نفس الجامعة بدراسة التوزيع المكاني لعناصر جودة المياه الجوفية (شاردة الكبريتات شاردة الكلور وعنصر الثوريوم TH وكذلك بعض التراكمات الأخرى) في منطقة Adrakan-Yazd, لمعرفة إمكانية استخدامها كميّاه للشرب وذلك باستخدام طريقتي Kriging و IDW واختيار الطريقة الأفضل للتوزيع, حيث قاموا بدراسة الخصائص الإحصائية لمجموعة من الأحماض والشوارد في المياه الجوفية المأخوذة من 73 بئراً في منطقة الدراسة, وذلك باستخدام التابع الرياضي الغوسي, والتابع الرياضي اللوغاريتمي ثم الحلّ بالطريقتين, واعتمدوا النتائج التي تعطينا أصغر انحراف معياري للخطأ في التوزيع, فكانت طريقة Kriging هي الطريقة الأفضل. [5]

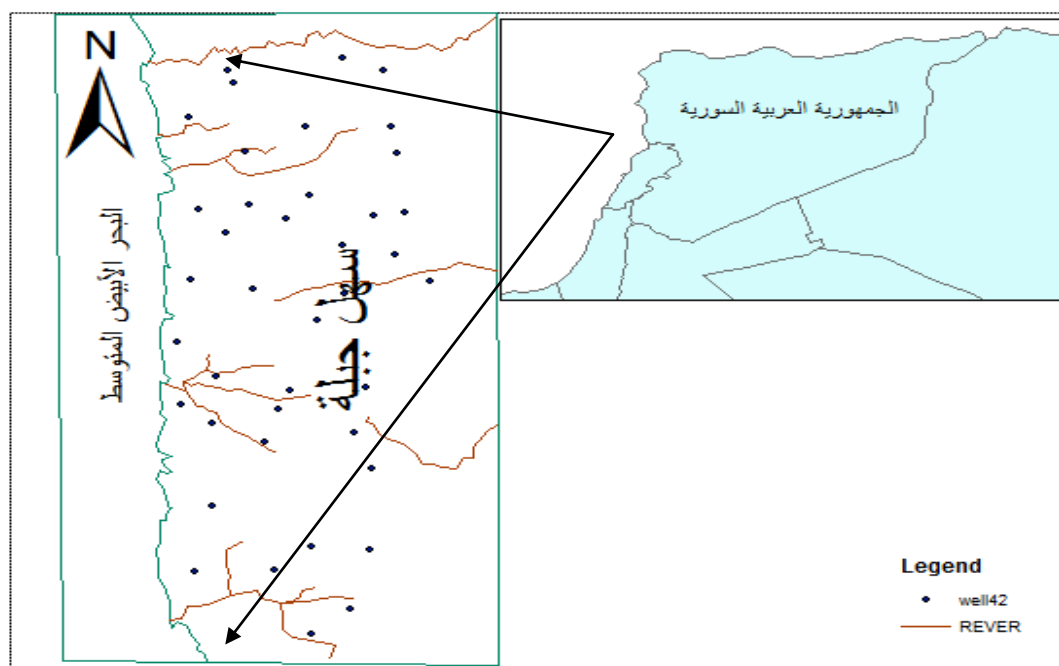
\* درس كل من العالمين Tayfun CAY, Mevlut UYAN المدرسين في Selcuk Universities, تغيرات مناسيب المياه الجوفية لمنطقة Konya في تركيا, باستخدام أسلوب الإحصاء المكاني kriging وذلك من خلال عدة توابع رياضية واختيار الأنسب منها, والذي يحاكي بدقة أكبر واقع المياه الجوفية للمنطقة المدروسة حيث استخدم spherical model في تمثيل مناسيب المياه الجوفية والذي أعطى أفضل نموذج لهذه المناسيب وتتبا بتغيراتها خلال السنوات القادمة. [6]

### أهمية البحث وأهدافه :

نظراً للطلب المتزايد على المياه لأغراض مختلفة, فإن إدارة هذه الموارد مهمة جداً لكافة الاستخدامات المدنية والزراعية, وعليه فإن التنبؤ بعمق المياه الجوفية وارتفاعها عن السطح مفيد لإدارة تلك الموارد, ونظراً لأن التكلفة المادية عالية لمثل هذا النوع من الدراسات من حفر وتجهيز السبور, وخاصة للمساحات الكبيرة تأتي أهمية طرائق الاستيفاء interpolation في معرفة مناسيب المياه الجوفية, حيث يهدف هذا البحث إلى المقارنة بين طريقتين من طرائق الإحصاء المكاني هما طريقة IDW وطريقة Kriging (وهما من أكثر الطرق استخداماً وشيوعاً نظراً لدقة نتائجهما), وذلك للحصول على خارطة تبين توضع للمياه الجوفية في منطقة سهل جبلية حيث تعد نموذجاً خاصاً للمنطقة المدروسة يمكن استخدامه في إدارة موارد المياه الجوفية لاحقاً.

### وصف منطقة الدراسة

منطقة البحث هي سهل جبلية في محافظة اللاذقية البالغ مساحته 7500 هكتار, ومن المقاطع الليتولوجية الخاصة بالآبار تبين لدينا أن المنطقة مؤلفة من عدة طبقات تتفاوت بين الغضار السلتي والمارل والغضار السلتي الرملي والغضار الحسوي والتربة الزراعية والشكل (1) يبين توضع الآبار في المنطقة المدروسة:



الشكل (1) منطقة الدراسة

يعد سهل جبلة من أهم المظاهر الجيومورفولوجية للساحل السوري، تحيط به المرتفعات والتلال السفحية للسلسلة الساحلية من الشرق والشمال الشرقي والجنوب الشرقي، ويحدّه البحر المتوسط من الغرب.

يتألف التركيب الجيولوجي لمنطقة البحث من البنية الستراتغرافية الشكل (2).

**النيوجين Neogene:** يتمثل النيوجين بتوضعات البليوسين وهي منتشرة في الجزء الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة، حيث تنتشر صخور البليوسين انتشاراً واسعاً في منطقة جبلة، وتشكل في الشمال التلال والسفوح التي يزيد ارتفاعها أحيانا على 80 م، أما في الجنوب فإنها تتكشف في قيعان الوديان وفي أحواض التعرية الصغيرة قرب شاطئ البحر المتوسط، تتكشف صخور النيوجين في القسم الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة، وهي تعود إلى البليوسين، وتظهر على سطح الأرض في منطقة قبو سوкас، أما ماتبقى من منطقة الدراسة فتتوضع تحت الرباعي وتتألف توضعات البليوسين من المارل أو الحجر الكلسي المارلي والحجر الرملي والسيلت، وتتراوح سماكتها الإجمالية بين 100-200 م، وقد تبلغ 350م في بعض الأماكن، تتصف توضعات البليوسين مورفولوجياً بالسفوح ذات الانحدار الخفيف وباللون الرمادي-البني.

**الرباعي البليستوسين Q2,3 الهولوسين Q4:** تعد توضعات الرباعي من أكثر الصخور انتشاراً في منطقة

جبلة وتغطي منطقة الدراسة كلها وتتألف توضعات الرباعي من رسوبيات نهريّة وبحريّة وريحية.



الشكل (2) خارطة التكتشفات الجيولوجية في المنطقة

### طرائق البحث ومواده:

تضمن العمل جمع البيانات وبعض المعلومات الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية للمنطقة، والمتمثلة بمناسيب المياه الجوفية لحوالي 42 بئراً محفورة من قبل مديرية الموارد المائية في محافظة اللاذقية وذلك في سنة 2004-2005، والبيانات المستخدمة هي المنسوب الستاتيكي للمياه الجوفية المأخوذة في هذه الآبار والجدول (1) يبين الإحداثيات الجغرافية للآبار وفق نظام الإحداثيات الستريوغرافي مع المنسوب الستاتيكي للمياه الجوفية فيها. تم العمل في بيئة ARC-MAP ضمن برنامج ARCGIS10، حيث تم تطبيق طريقة Kriging من أجل التنبؤ الرياضي بمناسيب المياه الجوفية وتقريب ملائم (fitted) لعدة موديلات من semivariograms، لكل من التوابع spherical, exponential, Gaussian، سيتم اختيار الموديل النهائي ورسم خارطة مناسيب المياه الجوفية بطريقة kriging، واستخدمت طريقة IDW للحصول أيضاً على خارطة المناسيب لمقارنتها مع الخارطة السابقة باستخدام تقنية cross-validation، من أجل الحصول على الخريطة التي تعطي التمثيل الأفضل لمناسيب المياه الجوفية في المنطقة.

الجدول رقم(1) قيمة المنسوب الستاتيكي للمياه الجوفية في الآبار المتوزعة في سهل جبلة

المنسوب الستاتيكي H(م)	y(م)	x(م)	Well
1.00	122,215.95	-290,088.46	1
2.21	127,203.46	-288,621.00	2
1.60	128,295.36	-289,034.93	3
1.50	127,997.60	-291,193.25	4
0.06	128,986.91	-290,862.44	5
0.67	129,629.62	-288,771.83	6
1.22	130,768.08	-289,066.94	7
0.67	124,136.62	-290,973.01	8
1.34	126,070.33	-292,493.39	9
0.57	128,577.64	-292,460.12	10
1.90	129,119.01	-293,253.58	11
1.90	129,993.10	-292,408.29	12
10.30	131,011.46	-293,304.21	13
2.60	139,168.00	-292,084.13	14
1.40	132,865.73	-292,996.83	15
1.10	132,599.43	-291,490.31	16
3.28	134,300.15	-292,147.65	17
7.14	134,690.74	-290,711.10	18
4.45	131,648.13	-289,960.85	19
3.00	132,821.84	-287,221.27	20
1.00	134,923.33	-287,848.95	21
1.50	134,813.58	-288,587.31	22
1.40	137,505.88	-288,159.24	23
5.40	139,151.66	-288,328.06	24
5.30	134,976.26	-292,825.54	25
8.00	137,782.66	-293,025.36	26
1.25	135,117.57	-291,597.53	27
1.25	138,782.14	-291,970.83	28
5.70	135,440.89	-290,144.52	29
7.00	139,567.37	-289,331.77	30
2.10	136,688.82	-288,024.31	31
2.00	136,710.97	-291,701.12	32
2.50	133,649.02	-288,051.12	33

10.00	132,457.69	-289,295.22	34
30.00	133,909.20	-289,329.50	35
20.23	133,908.90	-289,329.60	36
1.16	124,879.60	-290,107.86	37
1.30	124,090.35	-292,888.73	38
2.95	124,754.93	-288,668.59	39
1.22	122,966.44	-289,151.97	40
3.75	137,489.29	-290,205.49	41
1.41	129,539.71	-290,597.42	42

### النتائج والمناقشة :

تمت دراسة الموضوع باستخدام طريقتين من طرائق الإستهتاء الرياضي هما:

#### 1- الطرائق التقليدية Deterministic Method [1]:

مقلوب المسافة الموزونة **IDW - inverse distance weighted** : تعتمد هذه الطريقة على الاستفاده من البيانات المقيسة في نقاط محددة في المنطقة, من أجل حساب بيانات مطلوبة في نقاط لا تتوفر فيها أية قياسات, حيث تؤثر بيانات كل نقطة معلومة بشكل أكبر كلما كانت قريبة من النقطة التي لا تتوفر فيها قياسات ويقل تأثيرها كلما ابتعدت عنها, أي كل نقطة معلومة يكون لها وزن معين يدخل في الحساب و

المعادلة العامة والمستخدمة في طريقة IDW:

$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot z(x_i) \dots(1)$$

حيث:  $\hat{z}(x_0)$  - قيمة البارامتر المدروس في الموقع غير المقاس.

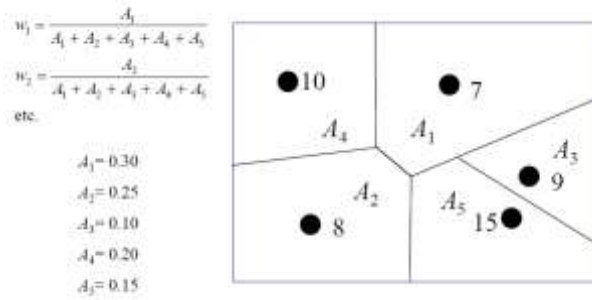
$z(x_i)$  - قيمة البارامتر المدروس في الموقع المقاس.

$w_i$  - الوزن الخاص بكل موقع في المنطقة المدروسة.

تتلخص فكرة الوزن في إعطاء وزن خاص للنقطة عند حساب المركز المتوسط حيث إن الأوزان لا تعتمد فقط على المسافة الفاصلة بين النقاط و إنما على التوزيع المكاني لهذه النقاط والذي يعتمد بدوره على مايسمى الارتباط الذاتي بين النقاط autocorrelation , ويحسب الوزن كما في الشكل (3) حيث :  $w_i$  هي الوزن الخاص بكل موقع

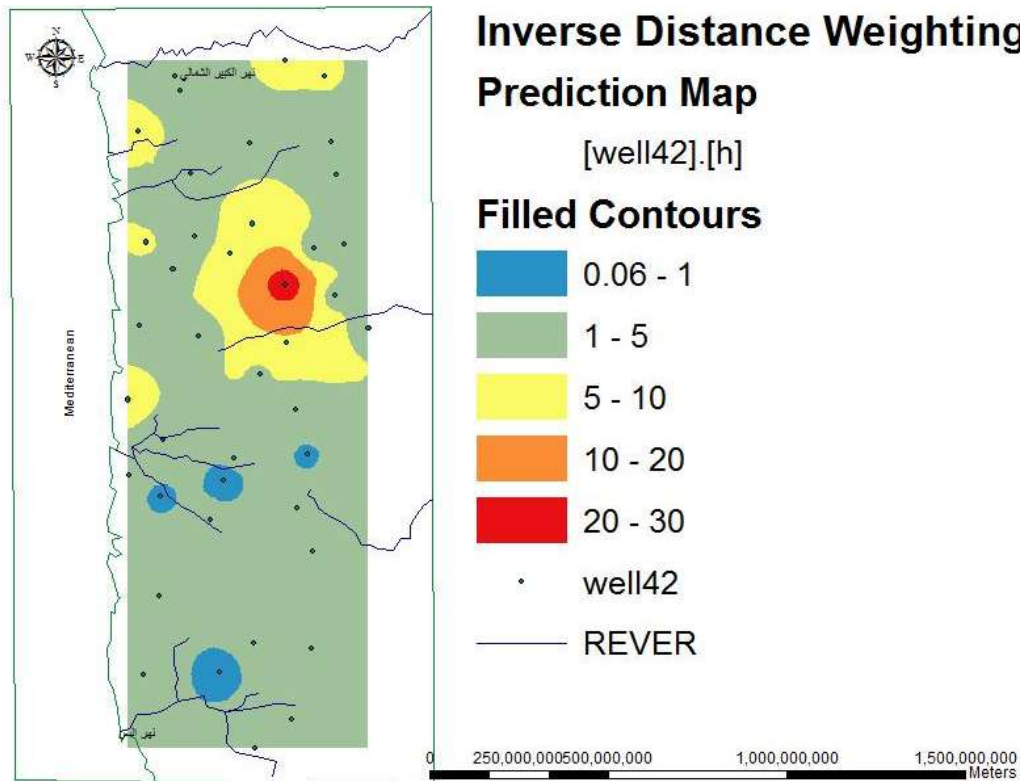
في المنطقة المدروسة بحيث يكون :  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$  أي مجموع الأوزان لكل النقاط يساوي الواحد:





الشكل (3) طريقة حساب وزن النقطة

وانطلاقاً من هذا المبدأ تمت معالجة البيانات في برنامج ARCGIS10 وبين الشكل (3) خارطة مناسبة المياه الجوفية الناتجة عن طريقة IDW والتي تبين توزع مناسيب المياه في كل المنطقة، حيث تظهر الألوان تدرج هذه المناسيب من أصغر قيمة والتي هي 0.06 م إلى أعلى قيمة 30 م حيث أن القيم انحصرت بين أصغر قيمة متوفرة في البيانات المرصودة وأكبر قيمة أي أنه لم ينتج لدينا قيمة جديدة خارج هذا المجال.



الشكل (4) خارطة توزيع مناسيب المياه الجوفية [m] باستخدام طريقة IDW

## 2- طرائق الإحصاء المكاني Stochastic/Geostatistical methods [2] :

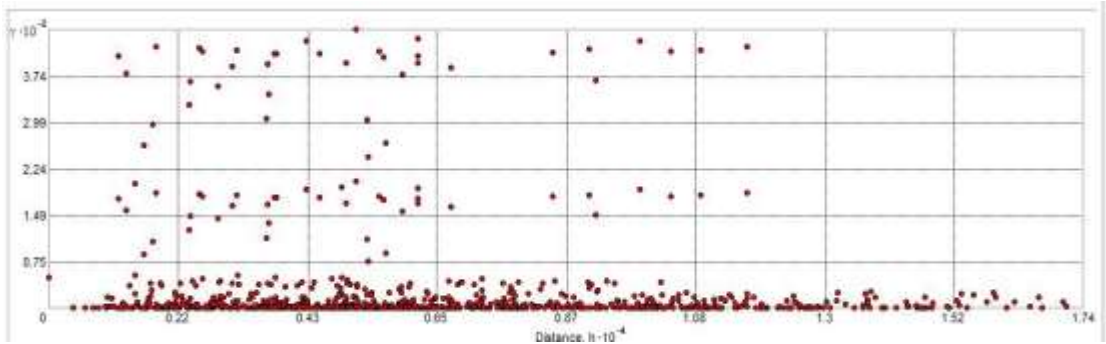
وأشهرها طريقة **Kriging** : هي طريقة مقارنة، تعطي أفضل تنبؤ بالقيم المجهولة لتابع عشوائي، وفي الحقيقة هذا التنبؤ هو عبارة عن تركيب مرجح موزون للقيم المقاسة. لا تعتمد هذه الطريقة فقط على المسافة بين النقاط المطلوبة، والنقاط المجهولة بل على الارتباط بين النقاط كلها مع بعضها، ولهذا الأسلوب مهمتان وهما كشف القواعد التبعية وتحقيق التنبؤ ولتحقيق هاتين المهمتين لابد من:

1- حساب الارتباط الذاتي بين النقاط وذلك عن طريق حساب التباين ونصف الفرق التجريبي كتتابع رياضية المعادلة (2).

$$\text{Semivariogram}(\text{distance}_h) = 0.5 * \text{average}\{[\text{value}_i - \text{value}_j]^2\} \dots (2)$$

وبالتالي البيانات المستخدمة في هذه الطريقة تستخدم بالدرجة الأولى لحساب الارتباط الذاتي بين النقاط ومن ثم التنبؤ ببيانات النقاط المجهولة بالدرجة الثانية.

يبين الشكل (5) مخطط العلاقة بين نصف الفرق التجريبي على المحور y والمسافة بين النقاط على المحور x والذي يعطينا شكل التابع الرياضي الخاص بالمتغير الذي ندرسه، هذا الشكل الذي يختلف من تابع إلى آخر حيث أن الشكل توضيحي فقط و سنقارنه مع التتابع الرياضية المعروفة المخطط لتحديد التابع الرياضي الأمثل لتمثيل هذه العلاقة:



الشكل (5) العلاقة بين نصف الفرق التجريبي والمسافة بين النقاط

2- حساب التنبؤ ببيانات النقاط المجهولة: معادلات طريقة kriging:

$$\begin{aligned} w_1 \cdot \gamma(h_{11}) + w_2 \cdot \gamma(h_{12}) + w_3 \cdot \gamma(h_{13}) + \lambda &= \gamma(h_{1p}) \\ w_1 \cdot \gamma(h_{21}) + w_2 \cdot \gamma(h_{22}) + w_3 \cdot \gamma(h_{23}) + \lambda &= \gamma(h_{2p}) \dots (4) \\ w_1 \cdot \gamma(h_{31}) + w_2 \cdot \gamma(h_{32}) + w_3 \cdot \gamma(h_{33}) + \lambda &= \gamma(h_{3p}) \\ w_1 + w_2 + w_3 &= 1 \end{aligned}$$

حيث:  $w_i$  - الوزن الخاص بكل موقع في المنطقة المدروسة .

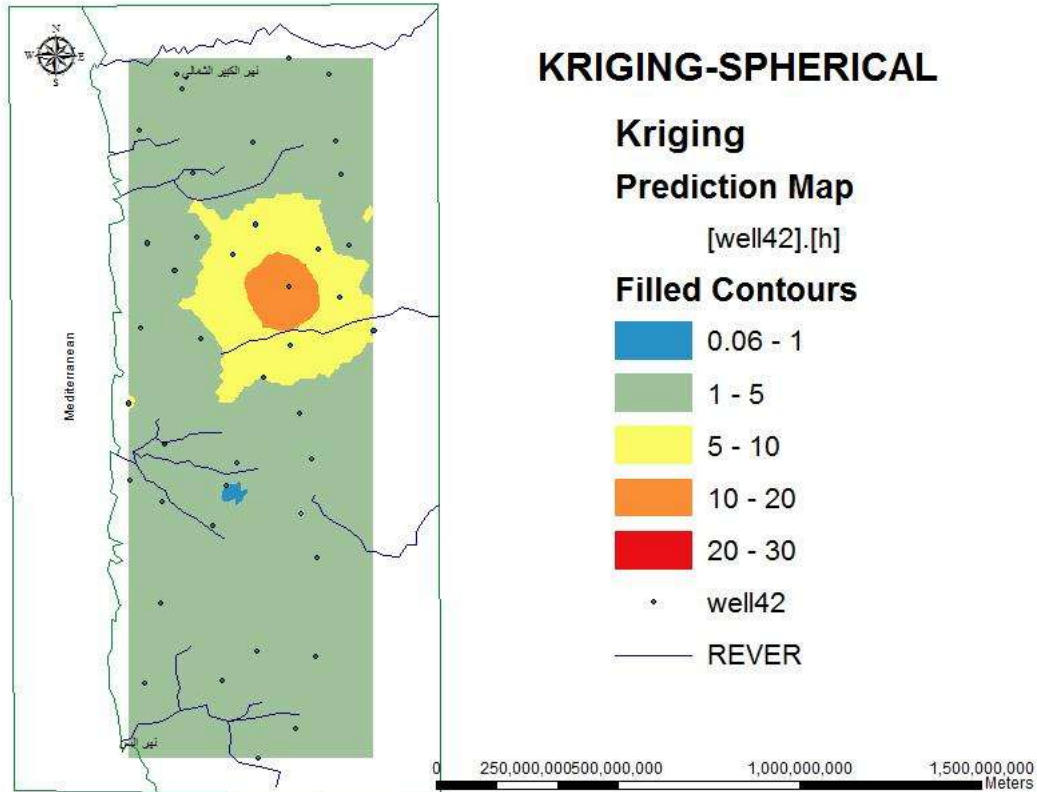
$\gamma$  - هي نصف الفرق التجريبي semivariogram

$\lambda$  - خطأ الانحراف المعياري.

$h_{11}$  - بعد النقطة رقم 1 عن بقية النقاط.

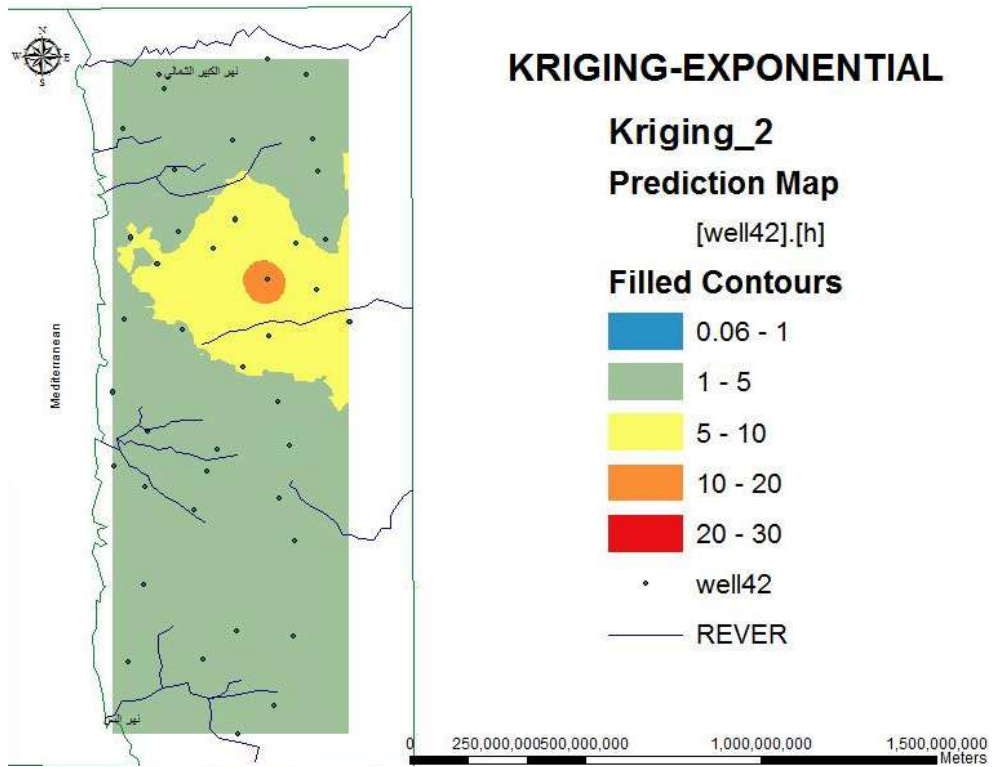
يعد نصف الفرق التجريبي semivariogram هو مفتاح الدخول إلى الوصف المكاني spatial description والتنبؤ المكاني spatial prediction، وهنا نقصد بالمكان أن البيانات قد تكون تابعة للزمن أو المكان وظيفة نصف الفرق التجريبي semivariogram هي تقديم المعلومات المطلوبة عن الارتباط الذاتي المكاني بين النقاط في المنطقة المدروسة التي تعد قاعدة البيانات ومع ذلك، فإنه لا يقدم معلومات عن كل الاتجاهات الممكنة والمسافات ولهذا السبب لا بد من تمثيل البيانات، ومواءمتها مع منحنى التابع الرياضي الأنسب لها ومن هذه التتابع :

1. النموذج الكروي **spherical model** : هذا النموذج يعطينا انخفاضاً تدريجياً في الارتباط الذاتي المكاني بين النقاط مع ازدياد نصف الفرق التجريبي وذلك ضمن المسافة المدروسة، والشكل (6) يمثل خارطة مناسيب المياه الجوفية بطريقة Kriging باستخدام التابع الكروي، حيث تبين أن قيم مناسيب المياه الجوفية في المنطقة كلها محصورة بين أصغر قيمة معلومة وأكبرها (30-0.06 م).

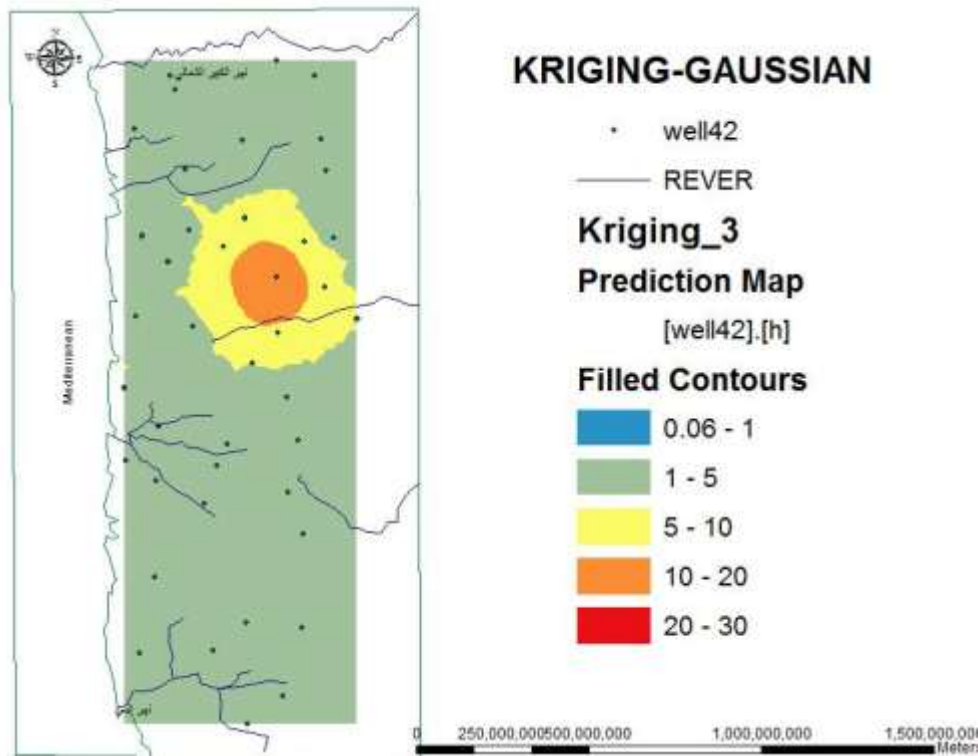


الشكل (6) خارطة توزيع مناسيب المياه الجوفية [m] باستخدام طريقة kriging بتقنية semivariogram للتابع الرياضي الكروي spherical model

2. النموذج الأسّي **exponential model**: في هذا النموذج يتناقص الارتباط الذاتي المكاني مع ازدياد المسافة، ويتلاشى تماماً عندما تصبح المسافة لانهاية، ويعد هذا التابع من التوابع الرياضية الشائعة الاستخدام، حيث يستند اختيار التابع الرياضي المطلوب على الارتباط المكاني بين نقاط البيانات الخاصة بكل ظاهرة مدروسة، والشكل (7) يظهر لنا توزيع مناسيب المياه الجوفية باستخدام التابع الأسّي ويظهر تدرج هذه المناسيب من أصغر قيمة إلى أعظمها (30-0.06 م).



الشكل (7) خارطة توزيع مناسيب المياه الجوفية الحرة باستخدام طريقة kriging بتقنية semivariogram للتابع الرياضي الأسّي exponential model



الشكل (8) خارطة توزيع مناسيب المياه الجوفية الحرة باستخدام طريقة kriging بتقنية semivariogram للتابع الرياضي الغوسي gaussian model

3. التابع الغوصي (الطبيعي) Gaussian model: يبين الشكل (8) توزيع المياه الجوفية في المنطقة وفق طريقة kriging باستخدام التابع الغوصي.

يتم صنع القرار (التوقع) وذلك باختيار الطريقة التي تعطي أصغر خطأ في القيم المقاسة، حيث تتم المعايرة أولاً بين التوابع الرياضية الثلاثة في طريقة Kriging وذلك باستخدام:  
**Root Mean Square Error** متوسط جذر الخطأ التربيعي:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Z}(s_i) - Z(s_i))^2}{n}} \dots\dots(5)$$

.  $\hat{Z}(s_i)$  - متوسط القيم المقاسة .

.  $Z(s_i)$  - متوسط القيم المتوقعة .

.  $n$  - عدد نقاط الرصد .

يعبر عن مدى قرب النموذج المتنبأ به من القيم المقاسة، وكلما كانت قيمته أصغر كلما كان النموذج أقرب للواقع.

يبين الشكل (9) الخصائص الإحصائية الخاصة بطريقة kriging وفق التابع الرياضي الأسطواني والتابع الرياضي الأسّي، حيث يوضح الشكل مقدار الخطأ في التوقع وابتعاده عن القيم المقاسة حيث تمثل النقاط القيم الجديدة الناتجة، وتراوحها حول الخط المائل يعبر عن القيم المقاسة التي اعتمدنا عليها في الحساب.

كذلك تعطي هذه المقارنة قيم كل من متوسط الخطأ التربيعي ومربع هذا الخطأ، وكذلك خطأ الانحراف المعياري ومتوسطه، نلاحظ أن قيمة متوسط الخطأ التربيعي الصغرى تعود للتابع الأسطواني، وبالتالي هو الذي يعطي أصغر خطأ توقع أي هو الأقرب للواقع، وبالنسبة للإشارة السالبة المرافقة للخطأ المعياري فهذا يعني أن القيم الناتجة عن الحساب هي أكبر من القيم المقاسة، وهذا مايدل عليه الشكل (9) حيث إن القيم الناتجة تتفاوت بين أعلى وأسفل الخط بشكل متقارب.

يوضح الشكل (10) المقارنة بين التابع الرياضي الأسطواني، والتابع الرياضي الغوصي حيث يبين المخطط أن التابع الأسطواني خطأه المعياري سالب بحيث إن معظم القيم المحسوبة أكبر من القيم المقاسة، وقيمة متوسط الخطأ التربيعي الخاصة به أصغر من قيم الخطأ التربيعي للتابع الغوصي وبالتالي يعطي التابع الأسطواني أفضل توزيع لمناسيب المياه الجوفية باستخدام طريقة kriging .

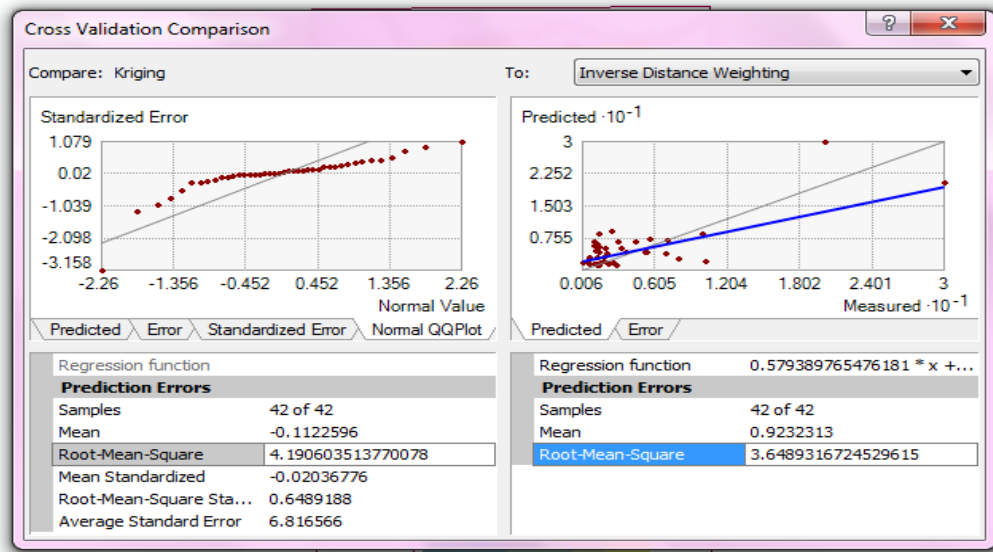
بمقارنة طريقة kriging وفق التابع الأسطواني مع طريقة IDW، تبين أن الخطأ الناتج عن طريقة IDW كان أصغر من قيمته في مختلف نماذج Kriging، والشكل (11) يوضح المقارنة على أساس متوسط الخطأ التربيعي بين الطريقتين، والذي كان أصغرياً في طريقة IDW، أي أنها تعطي أفضل توزيع لمناسيب المياه الجوفية في منطقة سهل جبلة بأصغر خطأ.



الشكل (9) مقارنة بين spherical model و exponential model

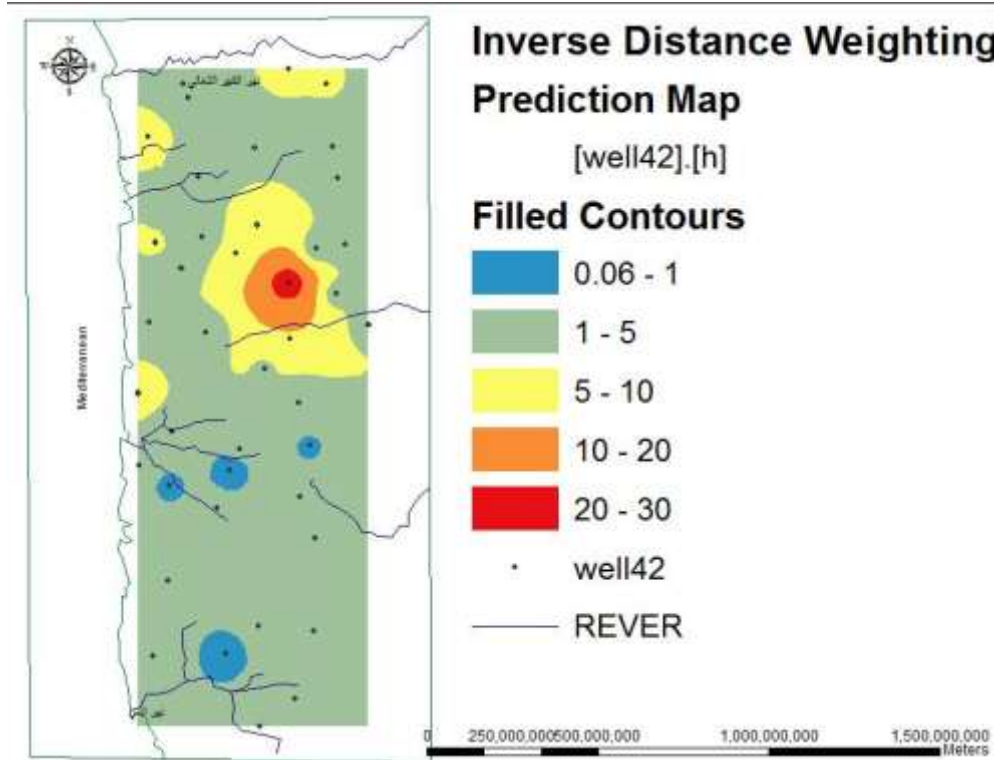


الشكل (10) مقارنة بين spherical model و gaussian model



الشكل (11) مقارنة بين spherical model و IDW

ويبين الشكل (12) خارطة توزيع سطح المياه الجوفية باستخدام طريقة IDW.



الشكل (12) الخارطة النهائية لتوزيع مناسيب المياه الجوفية [m] باستخدام طريقة IDW

### الاستنتاجات والتوصيات :

تتركز معظم المناسيب العالية للمياه الجوفية في القسم الشمالي من سهل جبلة , بينما يوجد أجزاء من القسم الجنوبي تكون مناسيب المياه الجوفية قليلة جداً وشبه معدومة, وهذا يعود إلى طبيعة التربة المنتشرة هناك و الاستخدام

- الجائر والمفرط والملوث للمياه الجوفية خاصةً إذا كانت أكبر من معدلات التغذية، أو إذا كانت من مصادر غير متجددة، ووضع القوانين الرادعة للاستخدامات السيئة، وعلى هذا يوصى بما يلي:
- 1- اختيار طريقة IDW لتمثيل مناسيب المياه الجوفية في سهل جبلة وذلك لأنها أعطت التوزيع الأقرب لمناسيب المياه الجوفية في الواقع بنسبة لا تقل عن 10%، أي أن طريق IDW هي الطريقة الأمثل لتمثيل مناسيب المياه الجوفية في منطقة سهل جبلة وكل منطقة متشابهة معها من حيث الخصائص الطبيعية والتكوين الجيولوجي .
  - 2- التخطيط المستقبلي الجيد لهذه الاستخدامات وتأمين حماية هذه المياه من الملوثات.
  - 3- تنظيم اختيار المحاصيل المناسبة لنوعية وكمية المياه الجوفية المستخدمة في الزراعة.
  - 4- في حال القيام بمشروع جديد لحفر آبار مياه جوفية في المنطقة يُنصح بحفرها في القسم الشمالي نظراً لارتفاع مناسيب المياه الجوفية فيه، وتوفر مصادر تغذية متمثلة بالمسيلات المائية المنتشرة بكثرة في القسم الشمالي من سهل جبلة.
  - 5- ضرورة تطبيق أساليب الإحصاء المكاني للتنبؤ بمناسيب المياه الجوفية في المناطق التي تنتشر فيها وذلك لأنها توفر الجهد المادي والمعنوي الذي تتكلفه الجهات المسؤولة في حفر السبور والآبار عن طريق التنبؤ بأماكن تواجدها بنسب خطأ تعد صغيرة نسبياً .

#### المراجع:

1. BIERKENS, F.P., *Stochastic Hydrology, Department of Physical Geography, Utrecht University, 2010, 273.*
2. PIERRE LE COINTE, *Kriging with Partial Differential Equations in Hydrogeology, 2006, 140.*
3. THEODOSSIOU, NICOLAOS, *Division of Hydraulics and Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Evaluation and optimisation of groundwater observation networks using the Kriging methodology, 2005, 10.*
4. HASSAN, A.M. TANVIR and ISLAM, A.K.M. SAIFUL, (( *APPLICATION OF GIS TO IDENTIFY SPATIAL AND TEMPORAL EXTENT OF CRITICAL CONDITION FOR RURAL DRINKING WATER, SUPPLY DURING DRY SEASON*)) *International Conference on Water & Flood Management Dhaka, Bangladesh, 2007, 8.*
5. SH. MAHMOODI, *Accuracy Assessment of Soil Salinity Map in Yazd-Ardakan Plain, Central Iran, 2008, 5.*
6. TAYFUN CAY and MEVLUT UYAN, *A Spatial Decision Support System Design for Land Consolidation Projects, FIG Working Week 2011, Bridging the Gap between Cultures, Marrakech, Morocco, 2011, 12.*

Reemekh1@gmail.com