تقييم خرائط التنبؤ المكاني لإمطار شمال العراق باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية GIS

أ.د. علي عبد عباس العزاوي

جامعة كركوك – كلية التربية للعلوم الانسانية

مستخلص

تعد الأمطار موردا مناخيا ذات قيمة عالية، وخاصة في المناطق الجافة والشبه جافة لمحدودية مصادر المياه وتذبذبها الزماني والمكاني تبعا للموقع الفلكي والتباين التضاريسي والذي يتسبب في التباين المكاني لكميات الامطار على مساحة المنطقة وتحديد نوع استعمالات الارض الزراعية ومواسمها وانواع المحاصيل التي يمكن زراعتها في المنطقة، وهو ما ينعكس على الانشطة الاقتصادية الاخرى ،هنا تساعد نماذج الاستيفاء المكانيInterpolation method ضمن تقنيات التحليل الاحصائي المكاني Geostatistical Analysis في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية GIS لاستكمال بيانات الامطار على مساحة المنطقة من بيانات المحطات المناخية الفعلية، لصـــعوبة بل استحالة إجراء قياسات لجميع المنطقة المدروسة وقد بذلت جهود واقعية كثيرة لمحاكاة هطول الامطار والحاجة الى اساليب تنبؤات مكانية اكثر صدقا ويؤدي الى تحقيق استيفاء مكاني اكثر دقة في الزمان والمكان. والتحقق من صحة النتائج باستخدام اساليب احصائية، يهدف البحث إلى التنبؤ بخريطة الامطار باستخدام طرائق الاحصاء المكاني IDW (Inverse distance weighted) وkriging ، باستخدام البيانات المتوفرة في ١٢محطة مناخية موزعة في المنطقة وتوصلت الدراسة الى ان نموذج **الكروي** (Spherical **model**) ضمن طريقة (Kriging) هي التي أعطت بعد المعايرة قيما قريبة من القيم الحقيقية بنسبة خطأ لا تتجاوز١٠%، وبمعامل ارتباط ($R= 0.617^{*}$) , والتي يمكن بواسطتها التنبؤ بالتوزيع المكاني للامطار في الأماكن التي لا يوجد فيها محطات مناخية..في منطقة الدراسة.

المفاتيح: التحليل الاحصائي المكاني، الاستيفاء المكاني، kriging و IDW وخرائط السطوح المستمرة

المقدمة

يبرز أثر التباين المكاني للمطر تبعاً للموقع الفلكي والتباين التضاريسي، وعادة ما يمثل التباين المكاني أوجه التشابه والتكامل من جهة وأوجه التنوع والاختلاف من جهة أخرى[١]. وتظهر خاصية التباين المكاني في سقوط الأمطار ما بين محطة وأخرى نتيجة لتباين التضاريس الذي يبدو بأوضح صوره في منطقة الدراسة، إذ أن تباين ارتفاع المحطات عن مستوى سطح البحر يحدد إمكانية استفادتها من العوامل المعززة لفرص التساقط المطري. بالرغم من امتداد منطقة الدراسة على ثلاث دوائر إلا ان تأثيرها لم يظهر على خصائص الهطول في المنطقة ولهذا سيظهر أثر عامل التضاريس المتمثل بالمرتفعات الجبلية. إن كمية الهطول المطري تزداد كلما اتجهنا من الجنوب الى الشمال والشمال الشرقي بفعل وجود المرتفعات الجبلية[٢]، ان تحليل التوزيع المكاني للامطار ضرورية جدا في الدراسات البيئية للمنطقة، باعتبارها تصنف ضمن البيئات الجافة وشبه الجافة ذات البيئة الحساسة التي تتميز بتذبذب الامطار وتباين توزيعها المكاني و هي المصدر الرئيسي لتوفير المياه لمختلف الاستخدامات البشرية واستعمالات الارض الزراعية، وهذه الحالة مناسبة لدراسة اثار التغير المناخي على التباين المكاني لتوزيع الامطار، ومع ذلك من غير الممكن ان تغطي محطات الارصاد الجوية الحالية في المنطقة مناطق واسعة خاصة في المناطق غير الماهولة السكان والغير مستثمرة. لذلك من المهم اختيار وسائل تقنية مناسبة لاستخدام بيانات الامطار في المحطات الحالية لنمذجة خارطة التنبؤ المكاني لمناطق واسعة. تغطي شمال العراق. تقنية الاستيفاء المكاني Spatial Interpolation method تستخدم بيانات نقاط مقاسة لتقدير القيم غير المعروفة في مواقع لم يتم اخذ عينات منها، وهناك العديد من طرق الاستيفاء المكاني توفرها برمجيات GIS المتمثلة Geostatistical Analyst وان اختيار النموذج المكاني الافضل للاستيفاء يعتمد على دقة البيانات وانعكاسها على الهيكل المكاني، وهناك العديد من الباحثين الذين استخدموا نماذج الاستيفاء المكاني على سبيل المثال (جودال واخرون ١٩٩٨)[٣] في ايرلندا و(ديركس واخرون ١٩٩٨)[٤] في جزيرة نورفولك و(يرايس واخرون ٢٠٠٠)[٥] في كندا و (ويلموت ١٩٨١)[٦] و (نالدير وواين ١٩٩٨)[٧] و(بروك وماكدونالد ١٩٩٨)[٨] و(هيب ٢٠٠٨)[٩]. و(باركاوا واخرون ٢٠٠٩)[١٠]. واستنادا الى البحوث المذكورة تم اختيار عدة طرق Inverse Distance

.Weighted (IDW), Spline, and Kriging ، للمقارنة بينهم لاختيار الافضل في تمثيل خرائط التنبؤ المكاني لامطار شمال العراق. وتم قياس دقة نتائج الاستيفاء المكاني باستخدام تقنية (Cross-Validation) واشارت النتائج الى ان تقنية النموذج الكروي(Spherical) هي الافضل في تمثيل خارطة التنبؤ المكاني لامطار شمال العراق لامتلاكه نسبة خطا اقل بناءا على قيمة مقياس جذر مربع الخطا التربيعي RMSE root Mean Square erre، و متوسط الخطا المطلقMAE mean absolute error واشارت النتائج الى ان اتجاه التغير المكاني للامطار قوية جدا من الجنوب والجنوب الغربي باتجاه الشمال والشمال الشرقي.

مشكلة البحث:

تتلخص مشكلة البحث في ضعف امكانية الكشف والمعرفة المسبقة للطريقة الافضل من طرق الاستيفاء المكاني في بيئة برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتطبيقها في عمليات التحليل الاحصائي المكاني. وانتاج افضل وادق خرائط التنبؤ المكاني لتوزيع الامطار في المناطق الجبلية وشبه الجبلية في العراق.

اهمية البحث واهدافه:

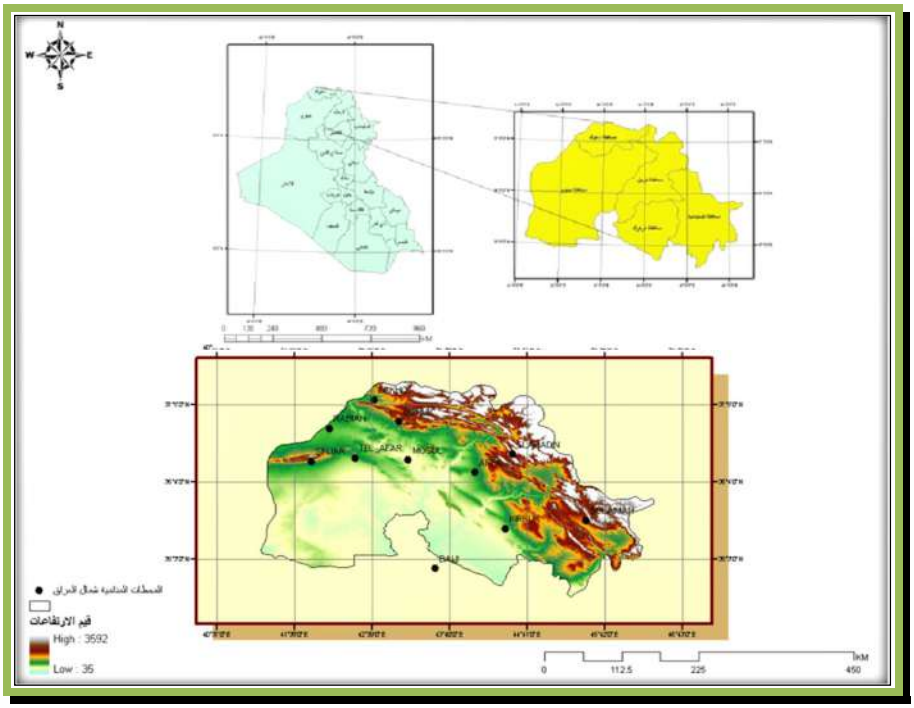
تأتي اهمية البحث من الحاجة الماسة لمصادر مياه امنة في المناطق الجافة وشبه الجافة نتيجة الطلب المتزايد والتوسع في الاراضي الزراعية، عليه ان التنبؤ بالتوزيع المكاني للامطار مهمة لادارة الموارد المائية في تحديد مناطق الاستثمار في المساحات الواسعة للمنطقة، هنا تاتي اهمية طرائق الاستيفاء المكاني interpolation method في التنبؤ والتحليل المكاني لتوزيع الامطار ،والبحث يهدف الى المقارنة بين طرائق الاستيفاء المكاني .IDW, Kriging ودقتها المكانية وصولا الى اعداد خارطة التنبؤ المكاني لتوزيع الامطار تعد نموذجا للمنطقة تستخدم لادارة الموارد المائية.

فرضية البحث:

تقدم طرق التحليل الاحصائي المكاني باستخدام تقنيات الاستيفاء المكاني امكانيات وحلول في عمليات النمذجة المكانية لخرائط للتنبؤ بالتوزيع المكاني لامطار المناطق الجبلية وشبه الجبلية في العراق .

وصف منطقة الدراسة :

تقع المنطقة شمال خط الاستواء بين دائرتي عرض (٥٤ – ٣٥ °) شمالاً من الجهة الجنوبية، و ٥٥ ٣٧ ° شمالاً من الجهة الشمالية ،ضمن منطقة انتقالية بين شبه رطب الى شبه جاف ثم جاف وتنحصر بين خط طول(٥٤ – ٦٠ °) شرقاً من الجهة الشرقية ، وخط طول (١٠– ٤٠) °غرباً من الجهة الغربية ويتخذ موقعاً مكانياً بين الاقليم الجبلي في اقصى الشمال والشمال الشرقي وبين السهل الرسوبي والهضبة الصحراوية من الجنوب والجنوب الغربي ، ويمكن تحديد المنطقة ضمن اراضي القطر من محافظات دهوك ونينوى والسليمانية واربيل وكركوك ويمثل الاقليم مساحة قدرها (٨٧٥١٨) كم٢ ويكون ١٤% من مساحة العراق(١١). والشكل (١) يبين موقع منطقة الدراسة والمحطات المناخية.

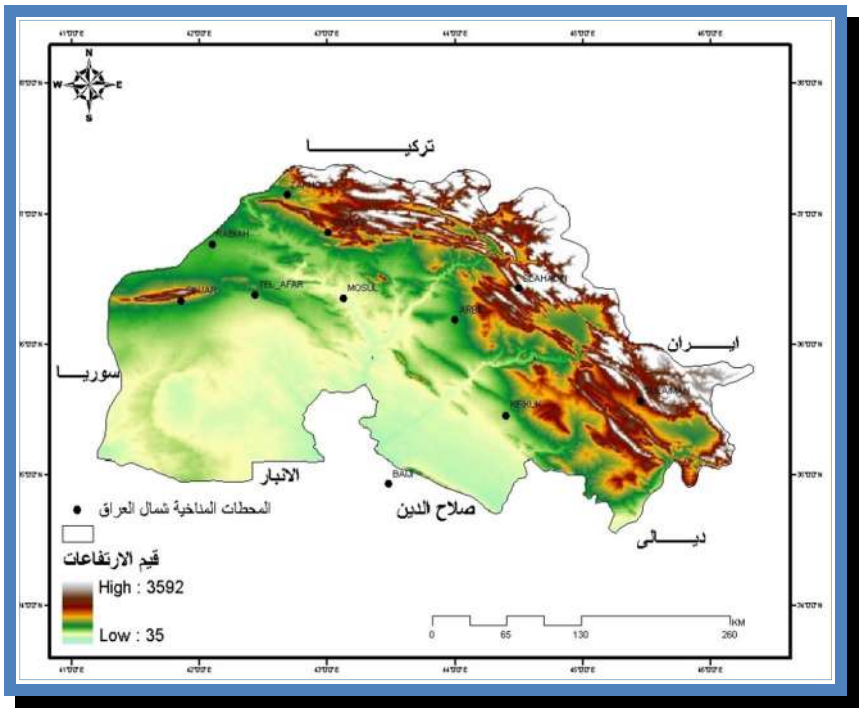


شكل (١) موقع منطقة الدراسة

طرائق البحث ومواده:

هدف الجغرافيا هو معرفة الاختلافات المكانية بين جزء وآخر من سطح الأرض والأسباب التي أدت إلى ذلك ونتيجة لذلك زاد اهتمام الجغرافيين بالدراسات الإقليمية .والتي تبحث في التباين المكاني لتوزيع الظواهر الجغرافية (١٢) . يتناول البحث التباين المكاني لتوزيع الامطار في منطقة الدراسة واثر ذلك على استخدامات الارض والتنمية المكانية. باستخدام

خرائط الاستيفاء المكاني Spatial Interpolation التي تنفرد بخاصية تمثيل السطوح الإحصائية Continuous Surface Maps ،الأسلوب العلمي في هذه النماذج 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 Geostatistical Analysis باستخدام نماذج رياضية حاسوبية ,تعتمد بدورها على توابع رياضية إحصائية مناسبة لكل حالة تبعا للظاهرة المدروسة. تم اتباع منهجية التحليل الاحصائي المكاني من أجل التنبؤ المكاني لخرائط توزيع الامطار في منطقة الدراسة، اخذت مجموعة بيانات معدلات الامطار السنوية للفترة ١٩٧٠ – ٢٠١٣ من محطات الارصاد الجوية في محافظات شمال العراق شكل(٢). وتم ادخال قاعدة البيانات المكانية والوصفية في برنامج ArcGIS V.10.3 لاجراء عمليات التحليل الاحصائي المكاني، باستخدام تقنية (Geostatistica) بمقارنة طريقة (IDW) مع ثلاثة نماذج من طريقة (Kriging) من اجل التنبؤ الاحصائي المكاني لتوزيع الامطار وبتقريب ملائم (Fitted) لعدة نماذج من (Semivariograms) لتوابع النماذج الثلاثة، وسيتم اختيار النموذج النهائي وتقيم دقة التوقعات. وهذه تتطلب مقارنة الأداء التجريبي لطرائق الاستيفاء المختلفة التي تحقق فيها على نحو كمي باستخدام اسلوب التحقق المتبادل عبر منحنى التصديق، او(التحقق المتبادل)(cross-validation) هو إعادة استخدام عينة خوارزمية للمقارنة الكمية في الأداء التجريبي لاختيار طرائق الاستكمال البديلة، إذ يعطيك فكرة عن النموذج الذي يتوقع القيم المجهولة على نحو أحسن وذلك بإهمال ملاحظة في مجموعة البيانات واستعمال الملاحظات الباقية لتقدير الملاحظة المهملة، ويستخدم في ذلك تقنية استكمال معينة، ذات الاستخدام الواسع في دراسة المتغيرات الهيدرولوجية في السنوات الأخيرة[١٣].



شكل (٢) محطات الارصاد الجوية شمال العراق

المحطة	قوس الطول	دائرة العرض	الارتفاع عن مستوى سطح البحر	المعدل السنوي للإمطار
السليمانية	٤٥,٢٧	٣٥,٣٢	٨٤٣	٧٢٤,٩
دهوك	٤٣	٣٦,٥٢	٦٧٦	٥٢٤,٨
اربيل	٤٤	٣٦,٠٩	٤٢٠	٤٤١
الموصل	٤٣,٩	٣٦,١٩	٢٢٤	٣٧٠,٣٠
ربيعة	٤٢,٠٦	٣٦,٤٧	٣٨٢	٣٦٤,٤
سنجار	٤١,٥٠	٣٦,١٩	٥٥٠	٣٧٧,٢٠
كركوك	٤٤,٢٤	٣٥,٢٨	٣٣١	٣٧٦,٦٠
بيجي	٤٣,٣٢	٣٤,٥٤	١١٥	١٥٩,٤
زاخو	٤٢,٨	٣٦,٥٤	٥٦٣	٦٥٧,٢٠
صلاح الدين	٤٤,٩	٣٦,٧	٥٤١	٦١٤,٧٠
تلعفر	٤١,٥٢	٣٧,٠٣	٤٤٢	٣١٧,٨٦
خانقين	٤٥,٦٧	٣٤,٣٤	٣٤٢	٣١٢,١

جدول (١) الموقع الفلكي لمحطات منطقة الدراسة والمعدلات السنوية للامطار

طرائق الاستكمال المكاني المعتمدة داخل برنامج Arc GIS 10.3:

اولا: مقلوب المسافة الموزونة Inverse Distance Weighting(IDW).

تعتمد هذه الطريقة بكفاءة عالية على الترابط المكاني حيث تعتمد هذه الطريقة على الاستفادة من البيانات المقيسة في نقاط محددة في المنطقة ,من أجل حساب بيانات مطلوبة في نقاط لا تتوفر فيها أية قياسات[١٤],حيث تؤثر بيانات كل نقطة معلومة بشكل أكبر كلما كانت قريبة من النقطة التي لا تتوفر فيها قياسات ويقل تأثيرها كلما ابتعدت عنها[١٥],أي كل نقطة معلومة يكون لها وزن معين يدخل في الحساب[١٦].

معادلة نموذج مقلوب المسافة الموزونة IDW:

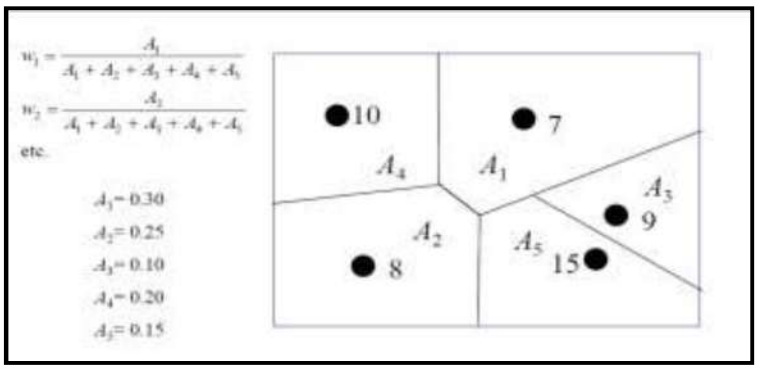
$$\hat{z}(x_0) = \sum_{i-1}^{n} w_i \cdot z(x_i)$$

حيث ان : $Z(X_O)$ قيمة البارومتر المدروس في الموقع غير المقاس

$Z(X_i)$ قيمة البارومتر المدروس في المنطقة المدروسة

W_i الوزن الخاص بكل موقع في المنطقة المدروسة

تتلخص فكرة الوزن في إعطاء وزن خاص للنقطة عند حساب المركز المتوسط حيث إن الاوزان لا تعتمد فقط على المسافة الفاصلة بين النقاط و إنما على التوزيع المكاني لهذه النقاط والذي يعتمد بدروه على مايسمى الارتباط الذاتي بين النقاط Autocorrelation. ويحسب الوزن كما في الشكل(٣) حيث ان : Wi هي الوزن الخاص بكل موقع في المنطقة المدروسة بحيث يكون $\sum_{i=0}^{n} wi = 1$ أي مجموع الأوزان لكل النقاط يساوي الواحد.



شكل (٣) طريقة حساب وزن النقطة

ثانيا: كريجنج البسيط Simple kriging(SK).

من بين التقنيات الجيواحصائية المهمة نموذج كريجينك الذي يعد افضل اجراء للاستيفاء الخطي غير المتحيز[١٧]، وهي طريقة مقاربة ,تعطي أفضل تنبؤ بالقيم المجهولة لتابع عشوائي , وفي الحقيقة هذا التنبؤ هو عبارة عن تركيب مرجح موزون للقيم المقاسة. تستخدم هذه الطريقة النماذج الإحصائية التي تشمل الارتباط الذاتي في اكتشاف العلاقات المكانية بين نقاط العينة وذلك عن طريق استخدام دوال التغاير، وتستخدم المتوسط الحسابي في عملية التخمين ولكن بشكل أكثر تعقيدا حيث انها كل النقاط تدخل في حساب المتوسط بشكل شبكي خلاف. spline ، كل طريقة من هذه الطرق تستخدم أسلوب مختلف في تقدير قيم الخلايا المنتجة من مجموعة النقاط المختارة ، عملية اختيار أي طريقة تعتمد على نوع البيانات التي نقوم بإنشاء السطح منها، كذلك توزيع النقاط والظواهر التي تجري عليها الدراسة[١٨] .

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i Z(s_i)$$

حيث ان :

$Z(s_i)$ القيمة المقاسة عند الموقع i

y_i: الوزن غير المعروف للقيمة المقاسة عند الموقع i

S_o : موقع التنبؤ

N: عدد القيم المقاسة

٣- مقاييس الدقة الاحصائية لمقارنة طرائق الاستيفاء المكاني[١٩]:

هنالك عدد من المقاييس الإحصائية يمكن استعمالها لاختيار أفضل طرائق الاستيفاء دقة و تقييم أداء النموذج، إذ أن النموذج الذي يعطي تقديرات دقيقة هو كالآتي:

١- متوسط الخطأ Mean error يجب أن يكون قريباً من الصفر (يستعمل لمعرفة صلاحية النموذج).

٢- الجذر التربيعي لمتوسط الأخطاء Root-mean-square error ومعدل الأخطاء المعيارية Average standard error يجب أن يكون صغيراً بقدر الإمكان (هذه المقاييس مهمة عندما تقارن النماذج).

٣- الجذر التربيعي القياسي لمتوسط الأخطاء Root-mean-square standard error يجب أن يكون قريباً من الواحد.

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|z^{*}(x_i) - z(x_i)\right|$$

$$MRE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{Z_i - \bar{Z}_i}{Z_i}\right| \times 100\%$$

$$RMSE = \frac{1}{n}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(z^{*}(x_i) - z(x_i))^2}$$

Z= القيمة المقاسة للموقع او انقطة I

Ž= القيمة المتوقعة

n= عدد المشاهدات

النتائج والمناقشة:

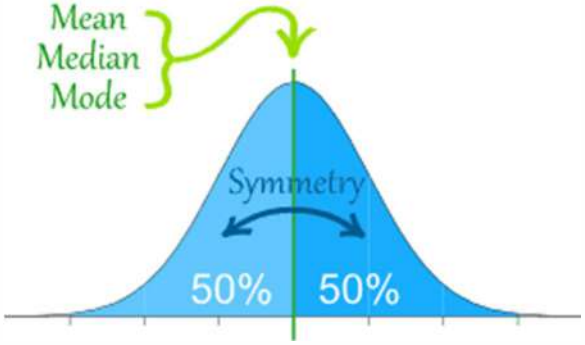
اولا: استكشاف ووصف البيانات **Exploratory data analysis:**

١- تطبيع وتوزيع البيانات:

تعطي جميع نماذج الاستيفاء المكاني التي تستعمل لخلق السطوح المستمرة Continuous Surface Maps أفضل النتائج إذا كانت البيانات تتوزع على نحو طبيعيNormal distribution[٢٠]،شكل (٤) إذ ترفع في هذا النوع من التوزيع احتمالات توقع القيم بالقرب من المتوسط وتتناقص تدريجياً بالبعد عنه فضلا عن تساوي احتمالية وقوع أية قيمة دون المتوسط أو فوق المتوسط[٢١]. ويصعب هذا التوزيع إذا اختيرت العينات عشوائياً. لذلك يصبح لدى الباحث توزيع فعلي غير منتظم وتكراراته محدودة. وكلما كانت التكرارات أقل كان التوزيع أبعد عن الانتظام. ومن هنا جاءت أهمية اختبار البيانات قبل خلق السطح[٢٢]. والجدير

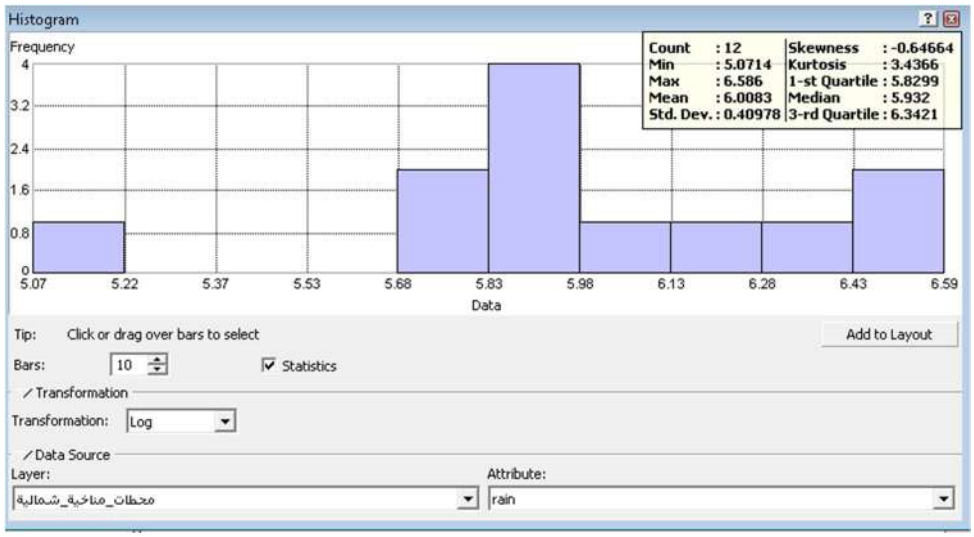
بالذكر إن البيانات المنحرفة تظهر في كثير من المجالات كما هو الحال في المناخ والزراعة والبيئة وكما هو الحال أيضاً في دراستنا[٢٣]. والشكل Histogram (٥) يوضح انه عندما تكون البيانات ذات توزيع تكراري طبيعي بمنوال واحد يكون المتوسط الحسابي تقريبا مساوي للوسيط وبالتالي تصبح قيمة معامل الألتواء (صفر). في حالة الألتواء نحو اليمين يكون المتوسط الحسابي اكبر من الوسيط وبالتالي تصبح قيمة معامل الألتواء موجبة (+) أما في حالة العكس والألتواء نحو اليسار يكون المتوسط الحسابي اصغر من الوسيط وبالتالي تصبح قيمة معامل الألتواء سالبة (-). بشكل عام قيمة معامل الألتواء في حالة التوزيع الطبيعي تقع بين (-١ و + ١)، القيم الخارجة عن هذا المدى تؤكد بأن توزيع البيانات ملتوي نحو اليمين او اليسار.يظهر من شكل المدرج التكراري Histogram (٤) الملخص الإحصائي لبيانات الامطار في الجدول (٢)، ويلاحظ أن بيانات الامطار لاتتوزع بشكل طبيعي لذلك تم تحويل البيانات لوغارتميا، شكل(٦) فاصبح هناك تقارباً بين قيمتي الوسط الحسابي Mean (٦,٠٠٨) و الوسيط Median (٥,٩٣٢) وان قيمة الالتواء (٠,٦٤٦-) قريبة من (١) .

وبدلالة الانحراف المعياري Standard Davison يلاحظ من الجدول (٢)انخفاض قيمته عن المعدل(٠,٤٠٩) مما يدل على تماثل قيم الامطار في توزيعها وانتشارها.بالنسبة لمعامل الالتواء يلاحظ ان شكل التوزيع من حيث درجة الالتواء يعطي انطباعا على انحراف التوزيع نحو اليسار بدلالة قيمة معامل الالتواء السالبة (٠,٦٤-).



شكل (٤) التوزيع الطبيعي

شكل (٥) الرسم البياني للبيانات قبل التحويل اللوغارتمي



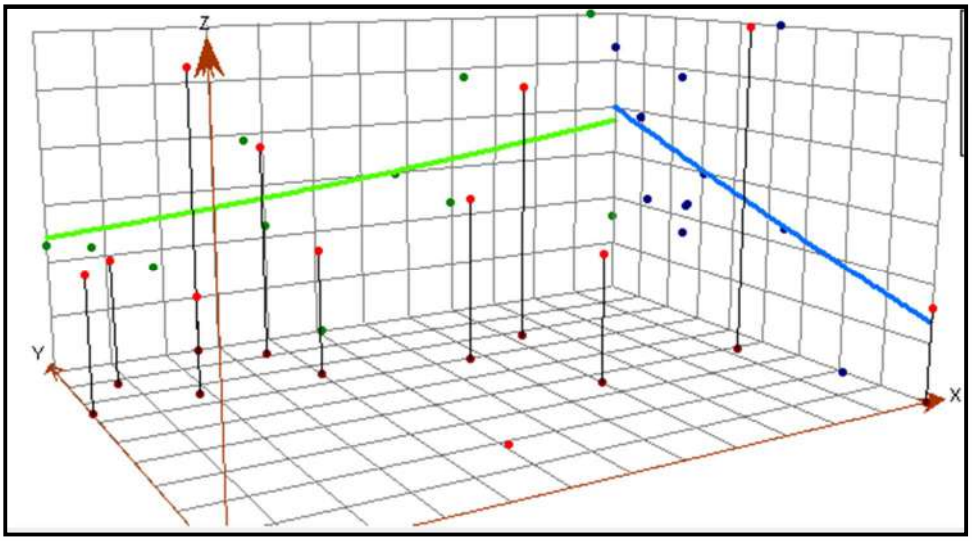
شكل (٦) الرسم البياني للبيانات بعد التحويل اللوغارتمي

القيم	قبل تحويل البيانات	بعد تحويل البيانات
اقل قيم	159.4	5.0714
اعلى القيم	724.9	6.586
المتوسط	436.71	6.0083
الوسيط	376.9	5.932
الانحراف المعياري	163.62	0.40978
الالتواء	0.3239	-0.6466
التفلطح	2.318	3.4366

جدول (٢) الوصف الاحصائي لبيانات الامطار

٢- أتجاه التوزيع Trend والقيم المتطرفة Outliers :

تستخدم ادوات تحليل الاتجاه والقيم المتطرفة في تمثيل البيانات بنمط ثلاثي الابعاد 3D من خلال تحديد العناصر على محوري Y,X وقيمها على محور Z ورسم حاور الاتجاه شمالي شرقي وشرقي ، اتجاه الامطار يمكن ملاحظتها بوضوح من خلال منظور ثلاثي الابعاد حيث ان محلل اداة الاتجاه في الشكل (٧) يوضح ان الخط الاخضر يظهر ارتفاع القيم من الغرب الى الشرق حيث تزداد هطول الامطار بشكل واضح من الغرب الى الشرق، في حين ان الخط الازرق يظهر انخفاض القيم من الشمال الى الجنوب، ويرجع ذلك الى طبيعة تضاريس المنطقة والارتفاع عن مستوى سطح البحر كلما اتجهنا من الجنوب والغرب باتجاه الشمال والشمال الشرقي. وان وصف بيانات الامطار احصائيا بعد التحويل اللوغارتمي للقيم تقاربت قيم الوسط مع الوسيط، والالتواء اصبح اقرب الى الصفر، وان الانحراف المعياري بعد التحويل اصبح (0.40978).

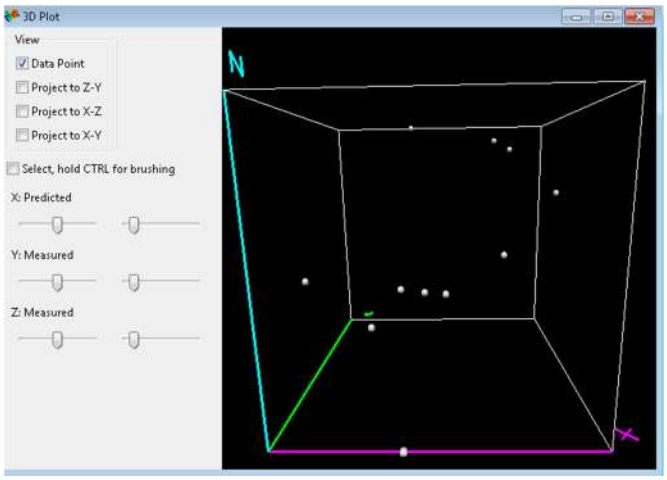


شكل(٧) اتجاه توزيع الامطار في منطقة الدراسة

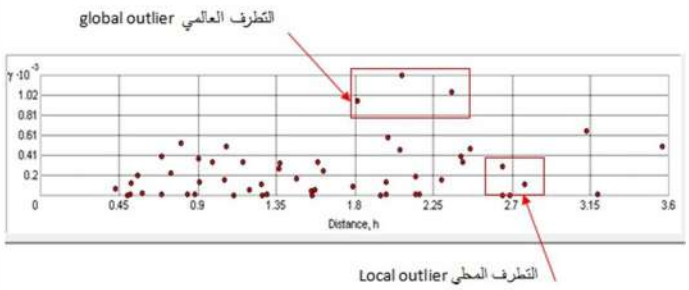
الارتباط الذاتي المكاني Spatial Autocorrelation

مهمة الباحثين في مجال الاحصاء المكاني هي التعرف على بنية او هيكل Structure دالة التغير الذاتي المكاني. Spatial Autocorrelation function الموجودة بين العناصر شكل (٨)، والتحقق من الارتباط المكاني للبيانات(وجود او عدم وجود هيكل مكاني للبيانات) والمسالة الاساسية في الاحصاء المكاني هي اعادة بناء وتركيب البيانات عند عدد محدود من النقاط

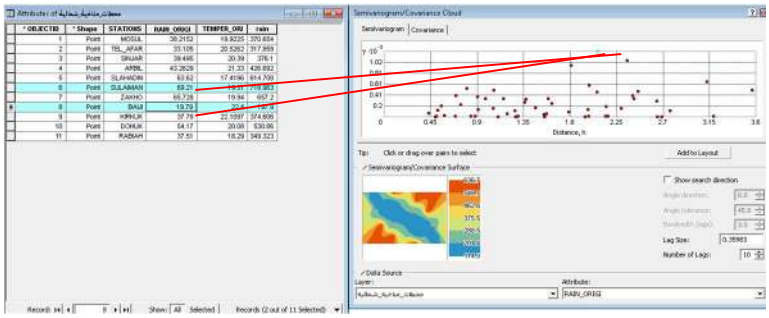
اوالمواقع. حيث يعبر عن مدى تشابه قيمة احد العناصر في موقع معين مع قيمة عنصر اخر او موقع اخر مجاور، شكل(٩) ويتم التاكد من وجود أوعدم وجود العلاقة باستخدام شكل اختلاف القيم او سحابة (Semivariogram) بالمقارنة بين مدى المسافة بين العناصر على محور (x) ونصف قيمة مربع الاختلاف فيما بين القيم على المحور (y) .على كل نقطة من نقاط التمثيل على شكل الاختلاف (Semivariogram) شكل (١٠) يمثل زوج من النقاط وليست نقطة واحدة منفردة وفي دراستنا تمثل كل نقطة محطتين من القيم المتطرفة Outliers لبيانات الامطار من الناحية التحليلية هي عبارة عن اما قيم عالية جدا او منخفضة جدا مقارنة مع بقية بيانات الامطار ،وهذا يظهر بوضوح من خلال الشكل التي تمثل خصائص بيانات هطول الامطار شمال منطقة الدراسة وجنوبها. حيث تسجل محطات السليمانية وزاخو بيانات امطار متطرفة عالية جدا (٧٢٤,٩و ٦٥٧,٢) ملم، في حين تسجل محطات كركوك وبيجي بيانات متطرفة منخفضة جدا (٣٧٦,٦ و ١٥٩,٤) ملم على التوالي. مما يعبر عن وجود ارتباط ذاتي مكاني تنتشر مبتعدة نحو الجهات العليا اوالجهات الغربية من المنطقة.



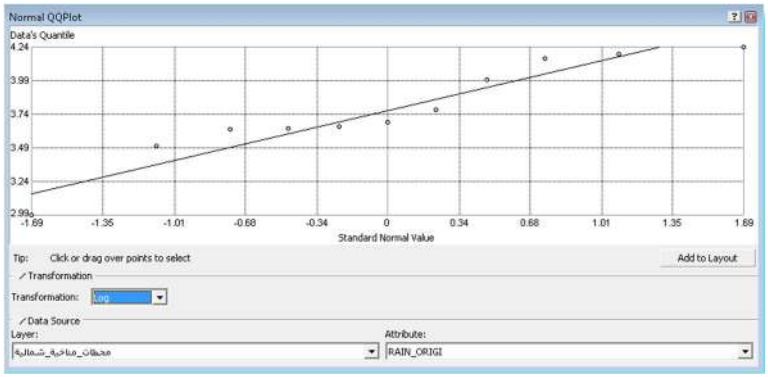
شكل (٨) الهيكل المكاني لبيانات الامطار



شكل (٩) الهيكل المكاني للبيانات وتحديد القيم المتطرفة



شكل (١٠)نقاط التمثيل في شكل الاختلاف (Semivariogram) يمثل زوج من النقاط



شكل (١١) تماثل توزيع البيانات بعد التحويل اللوغارتمي Log

تم استخدام مؤشر QQ بعد التحويل اللوغارتمي (Log) لمقارنة توزيع البيانات هطول الامطار مع التوزيع الطبيعي القياسي بتشكيل او اسقاط البيانات مقابل التوزيع الطبيعي القياسي وكانت النتيجة توزيع البيانات قريبة من التوزيع الطبيعي القياسي[٢٤] ، باستثناء بيانات المناطق الغربية.

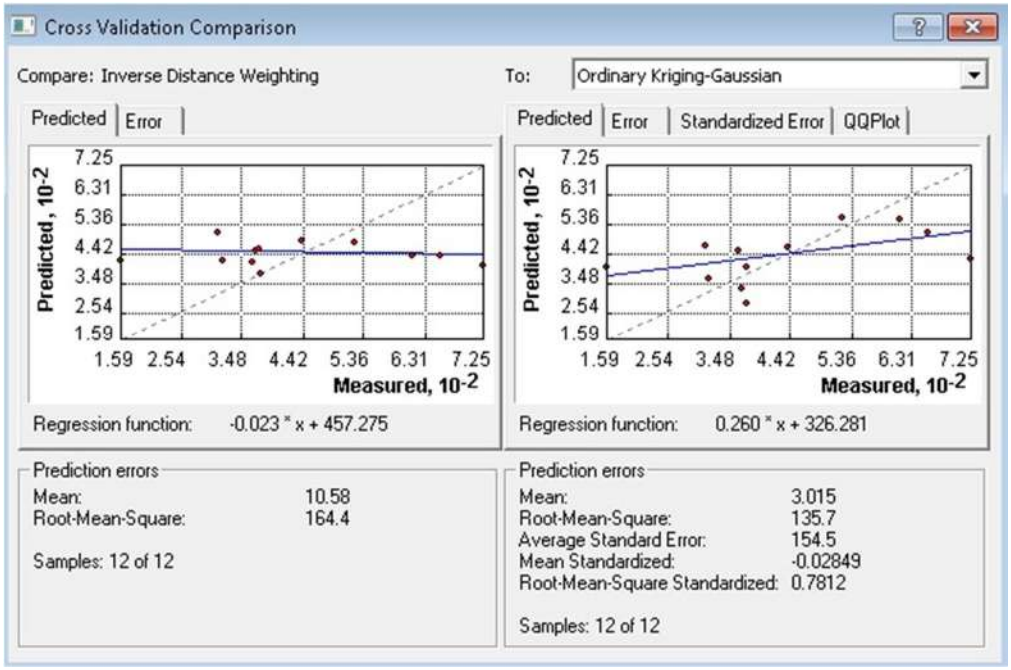
مقارنة طرق الاستيفاء المكاني ومعايير ودقة النتائج ACCURACY:

تنتج خرائط الاستيفاء المكاني لبيانات للظواهر الجغرافية المستمرة نوع من التعميم الخرائطي مقارنة بين الواقع ألحقيقي والقيم المتوقعة،وينتج عن هذا التعميم نوع من درجات الخطا احصائيا،في عدم التطابق بين الواقع ونموذج تمثيل الظاهرة،لقد وفرت برمجيات ArcGIS 10.3 مجموعة ادوات احصائية مكانية تسمى اختبار صدق النتائج (Cross-Validation)[٢٥] في عمليات الاستيفاء المكاني وللمقارنة بين طرق الاستيفاء المكاني الاشكال (١٢،١٣،١٤) والحكم احصائيا على صلاحية خارطة التنبؤ المكاني يفترض ان يعطي النموذج تقديرات دقيقة بان تكون قيمة متوسط الخطا المتوقع(Mean Prediction Error) (MAE) والخطا المقاسStandardized (Mean) (MSE) ومتوسط الخطا النسبي(Mean relative

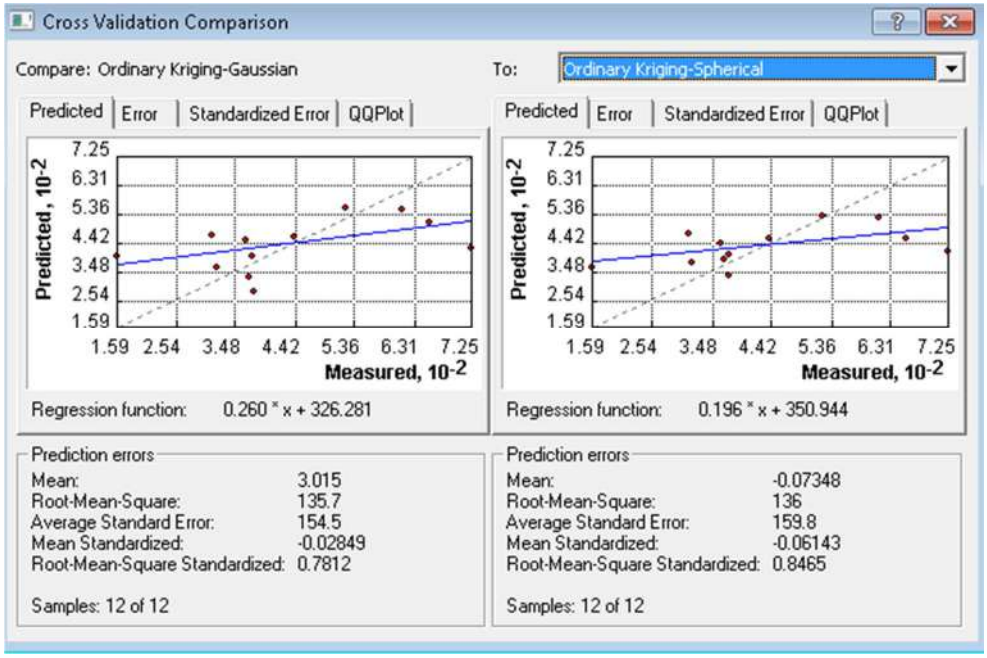
(Root-mean- قريبة من الصفر، والجذر التربيعي لمتوسط الأخطاء (MRE) (error (ASE) (Average standard error) ومعدل الأخطاء المعيارية (RMSE) square error) يجب أن يكون صغيراً بقدر الإمكان (هذه المقاييس مهمة عندما تقارن النماذج).، والجذر التربيعي القياسي لمتوسط الأخطاء (Root-mean-square standard error) (RMSSE) يجب أن يكون قريباً من الواحد. ولكشف الاختلافات بين القيم المتوقعة (Predicted Data) والقيم المقاسة (measuring Data) فيكون من خلال مدى اقتراب قيمة متوسط الخطا المعياري ASE Average Standard Error مع قيمة الجذر التربيعي لمتوسط الخطا RMSE .فاذا تقاربت القيم تكون الاختلافات بسيطة ،

R^2	R	RMSS	MSE	MRE	MAE	RMSE	النموذج
0.459	0.678*	0.7812	-0.0284	-0.056	3.015	135.79	**الغوصي** Gaussian
0.198	0.445	0.776	-0.0159	-0.094	4.963	144.2	**الأسي** Exponential
0.380	0.617*	0.8465	-0.0614	0.001	0.073-	136	**الكروي** Spherical
0.107	0,328	-	-	-0.200	10.58	164.4	**معكوس المسافة الموزونة** IDW

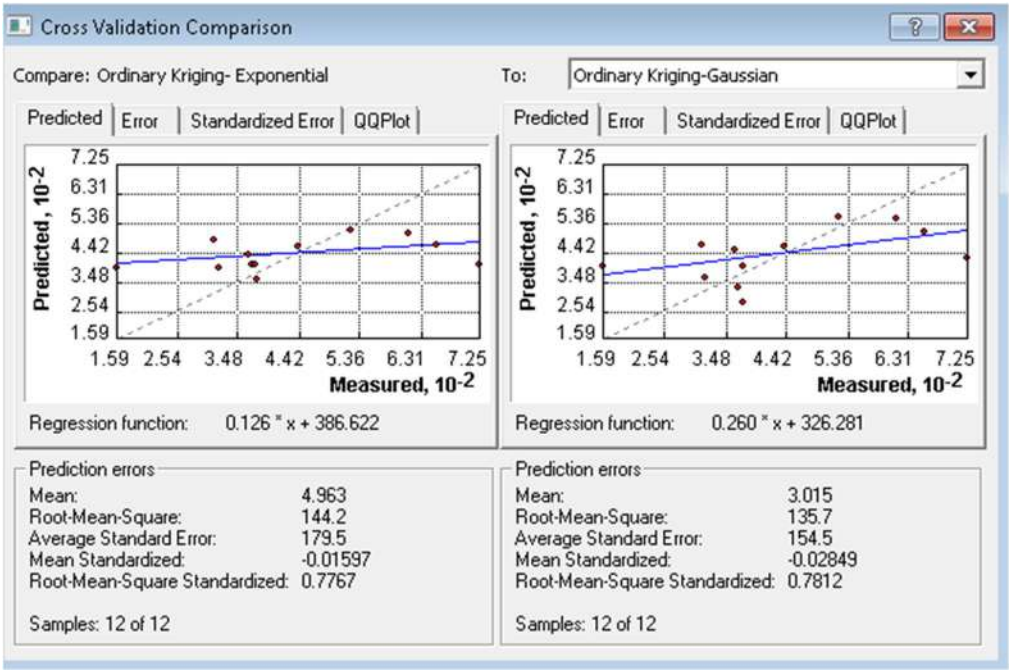
جدول (٣) حسابات دقة النتائج Cross-Validation



شكل (١٢) مقارنة بين IDW و Kriging – Gaussian



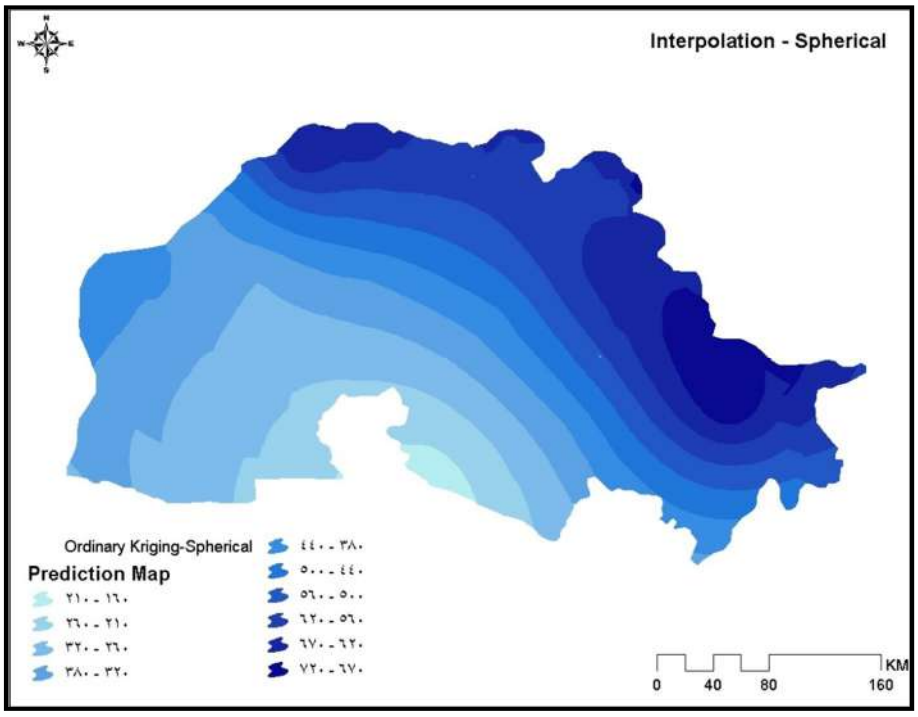
الشكل(١٣) مقارنة بين spherical model و Gaussian model



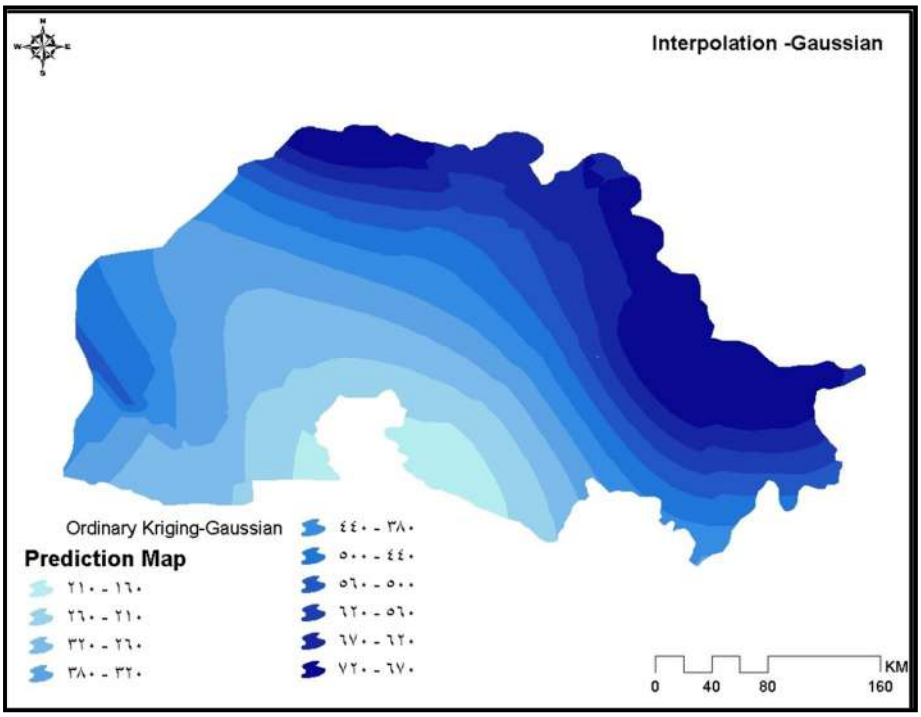
(١٤) مقارنة بين Exponential model و Gaussian model

ومن نتيجة المقارنة الاحصائية بين نماذج (Gaussian **model**) و(**spherical model**) و(**Exponential model**) التابعة لطريقة (Kriging) مع طريقة (IDW) والتحقق من صحة النتائج باستخدام (Cross-Validation) كما موضح في الاشكال (١٢، ١٣، ١٤) ان نموذج **الكروي** (Spherical **model**) ضمن طريقة (Kriging)الشكل (١٥) هو الاسلوب الافضل لتمثيل خارطة التنبؤ المكاني لتوزيع امطار شمال العراق كون هذه التقنية تمتلك اقل تقدير خطأ والانحراف عن القيم الاصلية منخفضة جدا، وهذه العملية هي الخطوة الاولى للحصول على جودة امكانية توقعات حقيقية لكميات الامطار الساقطة وتوزيعها المكاني على مساحة المنطقة.حيث تشير قيم متوسط الخطا المتوقع(MAE) (Mean Prediction Error) الى اكثر انخفاض بلغت (0.073-) والخطا المقاس(Mean) Standardized (MSE) بلغت (-0.0614) ومتوسط الخطا النسبي(Mean relative error) (MRE) الى انخفاض واضح بلغت (0.001) معامل الارتباط (R= ٠,٦١٧*) بين البيانات المقاسة والمتوقعة ومعامل التحديد(R^2=٠,٣٨٠) ويلاحظ من الشكل (١٥) زيادة كميات الهطول المطري في الاجزاء الشمالية والشرقية من منطقة الدراسة، حيث بلغت أقصاها (٧٢٤,٩) ملم في السليمانية الواقعة شرق من منطقة الدراسة، وأدناها (١٥٩,٤) ملم في بيجي الواقعة في الاجزاء الجنوبية من

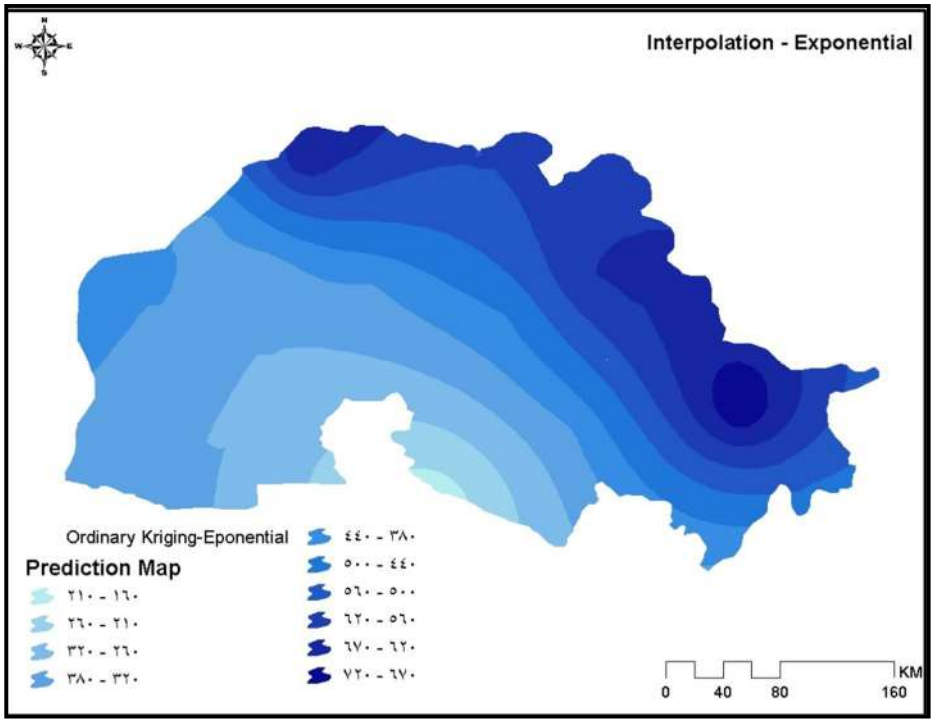
منطقة الدراسة. ويلاحظ من خارطة التنبؤ المكاني وفق نموذج Spherical التابعة لطريقة Kriging ان الاقليم الجبلي تمثل فيها اعلى كميات للامطار وبشكل شريط مع حدود العراق في الجزء الشمالي والشمالي الشرق من العراق وهذا يتوافق مع بيانات الامطار المسجلة في محطات المنطقة البالغة في محطة السليمانية (٧٢٤,٩)ثم يظهر التباين المكاني في الاقليم شبه الجبلي حيث تقل كميات الامطار وكان اعلى معدل في محطة اربيل (٤٤١) ملم ،ثم ازداد التباين المكاني وبشكل تدريجي في الاجزاء الجنوبية من المنطقة، حيث سجلت ادنى معدل لها في محطة بيجي (١٥٩،٤) ملم ،وقد مثل نموذج الاستيفاء المكاني Interpolation Spherical افضل تمثيل لبيان تغطية المنطقة بمعدلات اقرب الى الواقع نتيجة الدقة الاحصائية وصدق النتائج بعد المقارنة الاحصائية بين النماذج التجريبية الاخرى التي استخدمت للوصول الى النموذج المثالي في اخراج خارطة التنبؤ المكاني لامطار شمال العراق.



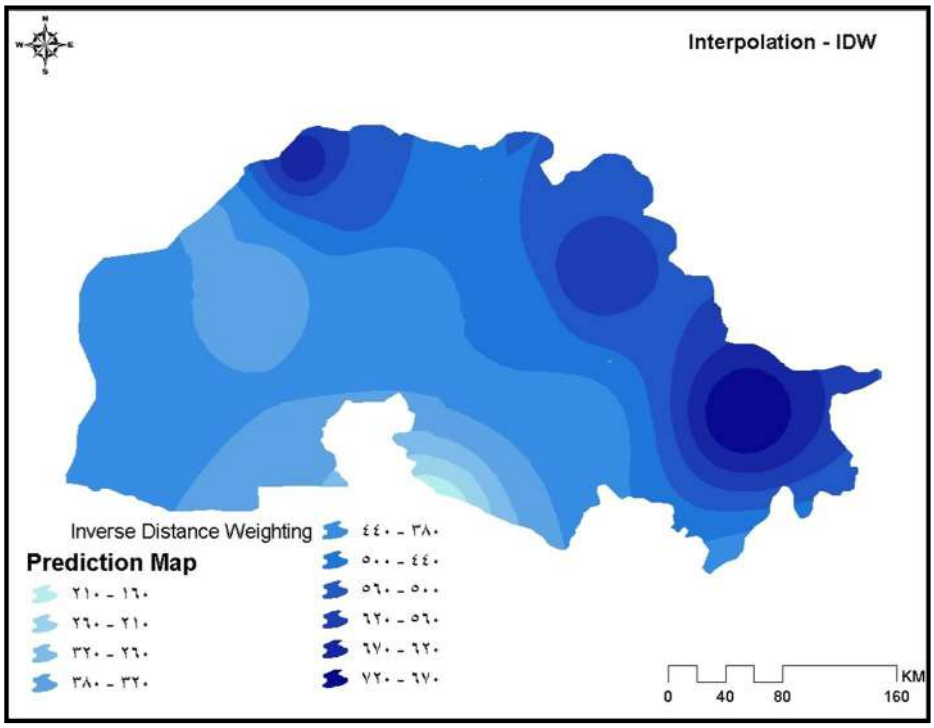
شكل (١٥) الاستيفاء المكاني لمعدلات الامطار السنوية بطرقة Kriging وفق نموذج الكروي Spherical



شكل (١٦) الاستيفاء المكاني لمعدلات الامطار السنوية بطريقة Kriging وفق نموذج الغوصي Gaussian



شكل (١٧) الاستيفاء المكاني لمعدلات الامطار السنوية بطريقة Kriging وفق نموذج **الأسي** Exponential



شكل (١٨) الاستيفاء المكاني لمعدلات الامطار السنوية بطريقة بطريقة IDW

الاستنتاجات

١- نتائج تحليل استكشاف وتطبيع البيانات الجغرافية Exploratory Spatial Data Analysis لبيانات هطول الامطار كشفت مايلي:

- بيانات هطول الامطار غير موزعة بشكل طبيعي، وتم تحويل البيانات لوغارتميا Log للتعامل معها في عمليات النمذجة الخرائطية.
- تم العثور على القيم المتطرفة العالمية والمحلية في بيانات الامطار والتي تمثل تشوهات حقيقية في قيم الامطار.
- اظهرت تحليل اتجاه البيانات وجود اتجاهين رئيسيين الاول غربي شرقي والثاني جنوبي شمالي لتوزيع امطار المنطقة.

٢-كفاءة تقنية التحليل الاحصائي المكاني GEOSTATIATICAL ANALYSIS في انتاج خرائط السطوح المستمرة (Continuous Surface Maps) للظواهر الجغرافية وفق معايير احصائية دقيقية.

٣- افضلية نموذج الكروي Spherical التابعة لطريقة Kriging في انتاج خرائط التنبؤ المكاني لامطار شمال العراق مقارنة مع النماذج والطرق الاخرى،بعد استخدام اختبار صدق النتائج (Cross-Validation) والحصول على اقل تقدير خطأ وانحراف عن القيم الاصلية.

هوامش البحث ومصادره:

١- صفوح خير، الجغرافية موضوعها ومناهجها وأهدافها، دار الفكر المعاصر، دمشق، ٢٠٠٠، ص59.

٢- ماجدة الشيخ محيلان، التباين المكاني للحرارة والهطول في مدينة عمان الكبرى، رسالة ماجستير، كلية الدراسات العليا، الجامعة الأردنية، ١٩٩٥، ص47.

3- Goodale, C. L., J. D. Aber, and S.V. Ollinger. (1998). Mapping monthly precipitation, temperature, and solar radiation for Ireland with polynomial regression and a digital elevation model, *Climate Research* 10, 35 – 49.

4- Dirks, K. N., J. E. Hay, C.D. Stow, and D. Harris. (1998). High resolution studies of rainfall on Norfolk Island part II: Interpolation of rainfall data, *Journal of Hydrology* 208, 187-193.

5- Price, D. T., D. W. Mckenney, I. A. Nalder, M. F. Hutchinson, and J. L. Kesteven. (2000). A comparison of two statistical methods for spatial interpolation of Canadian monthly mean climate data, *Agricultural and Forest Meteorology* 101, 81 – 94.

6- WILLMOTT, C.J. "On the validation of models", Physical Geography 2, 184-194. 1981.

7-NALDER, I.A. and WEIN, R.W., "Spatial interpolation of climatic Normals: test of a new method in the Canadian boreal forest", Agricultural and forest meteorology 92, 211-225. 1998

8- BURROUGH, P. A. and MCDONNELL, R. A. "Principles of Geographical Information systems", Oxford: Oxford University Press. 1998.

9- LI, J. and HEAP, A. D., "A Review of spatial Interpolation methods for Environmental scientists", Geoscience Australia Record 2008/23, Cambera. Taken from the website http://www.ga.gov.au/image_cache/Ga12526.pdf on 10 September 2014. 2008.

10- BARGAOUI, K. K. and CHEBBI, A., "Comparison of two kriging interpolation methods applied to spatiotemporal rainfall", Journal of Hydrology, v.365, pp.56-73. 2009.

١١- وفيق حسين الخشاب، احمد سعيد حديد واخرون، الموارد المائية في العراق، بغداد، ١٩٨٣،ص٣ ٠

١٢- جريفث تيلور، الجغرافيا في القرن العشرين – دراسة لتقدمها وأساليبها وأهدافها واتجاهاتها، ترجمة: محمد السيد غلاب ومحمد مرسي أبو الليل، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٧.)

13- Nasser A. Alsaaran, Experimental performance of spatial interpolators for ground water salinity. Internet (http://ajse.kfupm.edu.sa/articles/301A_01P.pdf) p7.

14- Collins, J.R.., Fred, C., (1995). A Comparison of Spatial Interpolation Techniques in Temperature Estimation. Doctoral Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA

15- Johnston, Kevin,. Ver Hoef, Jay M., Krivoruchko, Konstantin and Lucas Neil (2001). Using ArcGIS Geostatistical Analyst. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA

16- Anderson, S., (2015). An evaluation of Spatial Interpolation Methods on Air Temperature in Phoenix, AZ. Dept. of Geography, Arizona State University.

17- Gundogdu, K.S. and Guney, I., (2007). Spatial analyses of groundwater levels using universal kriging. J Earth Sys Sci 116 (1): pp. 49-55.

18- Uyan, M. and Cay, T. (2010). Geostatistical methods for mapping groundwater nitrate concentrations. Paper presented at the 3rd international conference on cartography and GIS. Nessebar, Bulgaria.

19- Wu Hao,and Xu Chang," Comparison of Spatial Interpolation Methods forPrecipitation in Ningxia, China " International Journal of Science and Research (IJSR), India Online ISSN: 2319-7064**. Volume 2 Issue 8, August 2013 www.ijsr.net**

20- Smith, M.J.de., Goodchild,M.F., & Goodchild,M.F.(2007).،، *Geospatial Analysis A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools* , , .(Second Edition). United State: Winchelsea Press.

٢١- عيسى على إبراهيم، الأساليب الإحصائية والجغرافية، دار المعرفة الجامعية،ط٢،الاسكندرية، ١٩٩٩، ص٢٧٦.

٢٢-عيسى على إبراهيم، المصدر السابق، ص٢٧٢.

٢٣- محمد نذير محمد قاسم وغانم محمود الحاصود، استكمال في الإحصاء المكاني للبيانات ذات الالتواء الموجب، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية، العدد ٦ لسنة ٢٠٠٤، ص٧٩.

24- Johnston, K., Ver Hoef, M. J., Krivoruchko, K. and Lucas, N. (2001). Using ArcGIS Geostatistical Analyst. ESRI.

25- Smith, M.J.de., Goodchild,M.F.,& Goodchild,M.F.(2007).،، *Geospatial Analysis A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools* , .(Second Edition). United State: Winchelsea Press.

26- http://geodacenter.asu.edu/