


سلسلة محكمة غير دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية

٥٧



محاكاة أثر تراكم أخطاء الخرائط الطبوغرافية  
بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ على التحليل في  
نظم المعلومات الجغرافية

د. علي بن معاضه الغامدي

# بحوث جغرافية

سلسلة محكمة غير دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية

٥٧

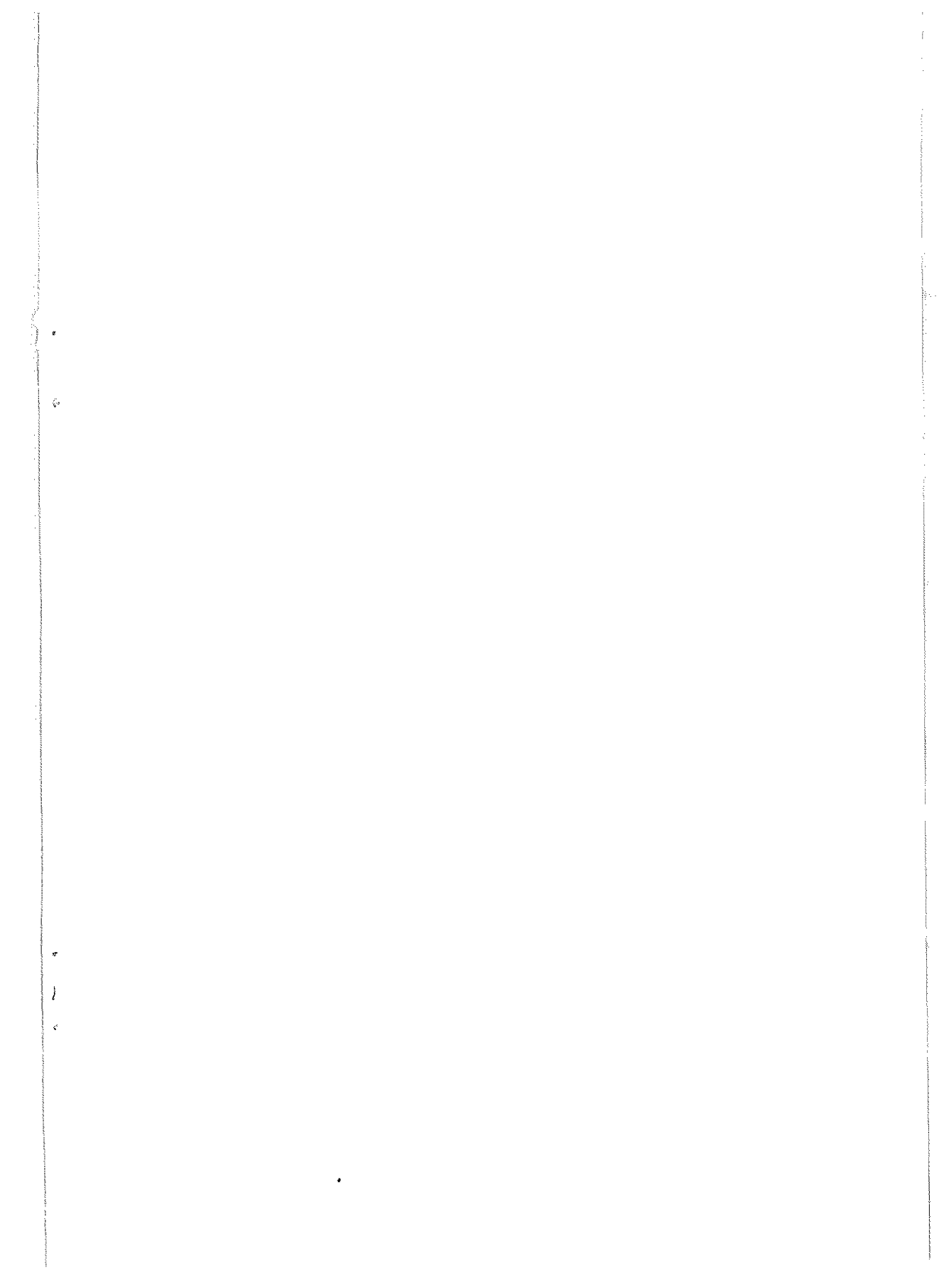
## محاكاة أثر تراكم أخطاء الفرائط الطبوغرافية بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ على التحليل في نظم المعلومات الجغرافية

د. علي بن معاضه الغامدي

جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية

١٤٢٤هـ - ٢٠٠٣م





ISSN 1018-1423

Key title=Buhut gugrafiyya

● مجلس إدارة الجمعية الجغرافية السعودية ●

أ.د. عبد العزيز بن عبد اللطيف آل الشيخ	رئيس مجلس الإدارة.
أ.د. محمد شوقي بن إبراهيم مكي	نائب رئيس مجلس الإدارة.
د. بدر بن عادل الفقيير	أمين السر.
د. عبد الله بن حمد الصليح	أمين المال.
د. عبد الله بن صالح الرقيبة	عضو مجلس الإدارة.
د. إبراهيم بن صالح الدوسري	عضو مجلس الإدارة.
د. إبراهيم بن محمد علي الفقي	عضو مجلس الإدارة.
د. محمد بن مفرح القحطاني	عضو مجلس الإدارة.
د. خضران بن خضر الثبيتي	عضو مجلس الإدارة.

● (ح) الجمعية الجغرافية السعودية، ١٤٢٤-د ●

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

الغامدي، علي بن معاضة

محاكاة أثر تراكم أخطاء الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ على التحليل في نظم

المعلومات الجغرافية. / علي بن معاضة الغامدي - الرياض، ١٤٢٤هـ

٣٦ص، ١٧×٢٤سم (سلسلة بحوث جغرافية، ٥٧)

ردمك: ٩٩٦٠-٩٤٢٤-٢-٢

١- الخرائط الطبوغرافية أ. السوان

ديوي ٩١٢,٠١٤٨ ١٤٢٤/٣٠٥٩

رقم الإيداع: ١٤٢٤/٣٠٥٩

ردمك: ٩٩٦٠-٩٤٢٤-٢-٢

## قواعد النشر

١- يراعى في البحوث التي تتولى سلسلة "بحوث جغرافية"، نشرها ، الأصالة العلمية وصحة الإخراج العلمي وسلامة اللغة .

٢- يشترط في البحث المقدم للسلسلة ألا يكون قد سبق نشره من قبل .

٣- ترسل البحوث باسم رئيس هيئة تحرير السلسلة .

٤- تقدم جميع الأصول مطبوعة على نظام MS WORD بيانات النوافذ (Windows) على ورق مجسم A4، مع مراعاة أن يكون النسخ على وجه واحد، ويترك فراع ونصف بين كل سطر وآخر منخط Arabic Traditional للمتن وبالخط Monotype Koufi للعناوين ، وينط ١٦ أبيض المتن وينط ١٢ أبيض للهوامش «بنط أسود للآيات القرآنية والأحاديث الشريفة». ويمكن أن يكون الحد الأعلى للبحث [١٧٥] صفحة، والحد الأدنى [١٥] صفحة.

٥- يرسل أصل البحث مع صورتين وملخص في حدود (٢٥٠) كلمة باللغتين العربية والإنجليزية.

٦- يراعى أن تقدم الأشكال مرسومة بالخبر الصيني على ورق (كلك) مقاس ١٣×١٨سم، وترفق أصول الأشكال بالبحث ولا تلتصق على أماكنها .

٧- ترسل البحوث الصالحة للنشر والمختارة من قبل هيئة التحرير إلى محكمين اثنين على الأقل - في مجال التخصص من داخل أو خارج المملكة قبل نشرها في السلسلة.

٨- تقوم هيئة تحرير السلسلة بإبلاغ أصحاب البحوث بتاريخ تسلم بحوثهم . وكذلك إبلاغهم بالقرار النهائي المتعلق بقبول البحث للنشر من عدمه مع إعادة البحوث غير المقبولة إلى أصحابها .

٩- يسمح كل باحث أو الباحث الرئيسي لمجموعة الباحثين المشتركين في البحث خمساً وعشرين نسخة من البحث المنشور .

١٠- تطبق قواعد الإشارة إلى المصادر وفقاً للآتي :

يستخدم نظام (اسم / تاريخ) ويقضي هذا النظام الإشارة إلى مصدر المعلومة في المتن بين قوسين باسم المؤلف متبوعاً بالتاريخ ورقم الصفحة . وإذا تكرر المؤلف نفسه في مرجعين مختلفين يذكر

اسم المؤلف ثم يتبع بسنة المرجع ثم رقم الصفحة. أما في قائمة المراجع فيستوجب ذلك ترتيبها هجائياً حسب نوعية المصدر كالتالي :

**الكتب :** يذكر اسم العائلة للمؤلف (المؤلف الأول إذا كان للمرجع أكثر من مؤلف واحد) متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الكتاب، فرقم الطبعة-إن وجد- ثم الناشر، وأخيراً مدينة النشر .

**الدوريات :** يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان المقالة، ثم عنوان الدورية، ثم رقم المجلد، ثم رقم العدد، ثم أرقام صفحات المقال، (ص ٥-١٥) .

**الكتب المحررة :** يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الفصل، ثم يكتب (in) تحتها خط، ثم اسم عائلة المحرر متبوعاً بالأسماء الأولى، وكذلك بالنسبة للمحررين المشاركين، ثم (محرر ed. أو محررين eds.) ثم عنوان الكتاب، ثم رقم المجلد، فرقم الطبعة، وأخيراً الناشر، فمدينة النشر .

**الرسائل غير المنشورة :** يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة الحصول على الدرجة بين قوسين، ثم عنوان الرسالة، ثم يحدد نوع الرسالة (ماجستير/دكتوراه)، ثم اسم الجامعة والمدينة التي تقع فيها .

أما الهوامش فلا تستخدم إلا عند الضرورة القصوى وتخصص للملاحظات والتطبيقات ذات القيمة في توضيح النص .

---

تعرف بالباحث : د. علي بن معاضه الغامدي، أستاذ مساعد، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة الملك سعود، الرياض.

### ملخص

تدرس هذه الورقة الأخطاء التي عادة ما تكتنفها خريطة طبوغرافية بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠. وتحت مصطلح "تراكم الأخطاء" (Error Propagation)، تركز الدراسة على كيفية تراكم هذه الأخطاء أثناء التحليل الرقمي في نظم المعلومات الجغرافية، وما تأثير ذلك على مصداقية أو درجة الوثوق في المخرج النهائي. الجديد في هذه الدراسة، هو أن الأخطاء التي قد تم تقديرها وحسابها في دراسات سابقة خاصة بالخرائط بشكل عام تم توظيفها في هذه الدراسة. طبقت الدراسة على جزء محدد على خريطة طبوغرافية من خرائط المملكة العربية السعودية، مع العلم أن الأخطاء المدروسة مستقلة عن مصدر إنشاء الخريطة، وبالتالي يمكن تعميم نتائج الدراسة على أي خريطة طبوغرافية بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠.

بالرغم من أن الدراسة لم تشمل كل الأخطاء الممكنة في الخريطة، إضافة إلى أن الأخطاء المدروسة كانت تلك التي في أحسن الأحوال (القيم الأقل)، إلا أنه بتزايد وتراكم تأثير الأخطاء فقد بدى واضحاً على المخرج النهائي من التحليل. وعلى ضوء هذه النتيجة، فإن درجة الوثوق في تحليل رقمي معين يجري على خريطة بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ بدت عملياً قليلة إلى حد لا يمكن الاعتماد على نتيجته، إلا إذا كان الاستخدام لهذه الخرائط يفي بالغرض، بمعنى أن الصحة غير ضرورية. بالرغم من أن الدراسة تؤكد خطورة استخدام خرائط بهذا المقياس أو أي مقياس متوسط في الدراسات التي تأخذ الصحة والدقة في الاعتبار، إلا أنها تبين لأول مرة ما ذا يعني أن يكون خطأ بمقدار مثل ٣١,٠٧٩ متراً في قاعدة البيانات وكيف يتراكم ويؤثر على مصداقية التحليل.



## أولاً: توهيد

### موضوع البحث، وأهميته، وأهدافه:

بالرغم من تزايد بناء قواعد البيانات المكانية كماً ونوعاً، إلا أن معظم مصادر هذه القواعد خرائط تقليدية (ورقية). ومعلوم أن متطلبات الصحة (Accuracy) لهذه القواعد تعد أهم ما في هذه القواعد، إلا أن هذه المصادر التقليدية خاصةً الخرائط متوسطة المقياس (مثل ١:٥٠,٠٠٠) تعج بأنواع مختلفة من الأخطاء كماً ونوعاً. وهذه الأخطاء لا تخلو من حالتين، إما أخطاء مقصودة وذلك لضرورة التمثيل الخرائطي الذي يفرضه عملية التعميم (Generalization)، أو أخطاء غير مقصودة ناتجة في الغالب من قصور في القياس، والتمثيل، والإنتاج الخرائطي. ولشهرة الخرائط الطبوغرافية ذات المقياس ١:٥٠,٠٠٠، خاصةً وأنها مازالت تستخدم في شكل تقليدي لأغراض تحليلية، فإن الحاجة لمعرفة ما يكتنف هذا النوع من الخرائط من أخطاء عند هذا المقياس، ومعرفة أثر هذه الأخطاء على التحليل الرقمي في نظم المعلومات الجغرافية، يعد أمراً مرغوباً ومثيراً. المثير هنا أن هذه الأخطاء تتوالى وتتراكم أثناء إدخالها وتحليلها رقمياً.

### تهدف هذه الدراسة إلى:

أولاً: تريد هذه الورقة تحت مصطلح "تراكم الأخطاء" (Error Propagation) أن تدرس تراكم أخطاء خرائط ١:٥٠,٠٠٠ الطبوغرافية أثناء التحليل في نظم المعلومات الجغرافية، وذلك بناءً على الأخطاء التي قد تم حسابها وتقديرها في

دراسات سابقة. أي أن الدراسة لن تعتمد إلى تقدير ما تم تقديره من أخطاء طالما أنها موثقة علمياً ويستشهد بها في الدراسات المتعلقة بأخطاء الخرائط.

ثانياً: تهدف الدراسة إلى تحديد مقدار الوثوقية في التحليل الرقمي العادي بدون نمذجة (Modelling) للخطأ أو الغموض (Uncertainty)، وذلك من واقع مقارنة تحليل خرائطي معين باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لا يتضمن حساب ونمذجة الأخطاء، وتحليل آخر يأخذ الأخطاء في الاعتبار.

من المتوقع أنه بجمع الأخطاء التي تم حسابها، ومحاكاة تأثيرها على التحليل ستقود إلى نتيجة تؤكد ما تم تأكيده في الدراسات المماثلة في أن الأخطاء تؤثر بدرجات متفاوتة على التحليل وذلك حسب مقدار الخطأ. أما الجديد فإن الدراسة تقوم بمحاكاة تراكم جميع هذه الأخطاء لأول مرة لتحديد مدى تأثيرها فعلياً على التحليل، وبالطبع سيكون هذا المدى مؤشراً على مصداقية نتائج التحليل الذي يتم على قاعدة بيانات خاصة بخرائط ١: ٥٠,٠٠٠ الطبوغرافية، خاصة وأن استخدام مثل هذه الخرائط دون معرفة تأثير الخطأ عمل روتيني لدى مستخدمي هذه الخرائط سواء في شكلها التقليدي أو الرقمي.

### ثانياً: خلفية

بما أن الورقة تتناول الأخطاء وأنواعها، ثم محاكاتها وأثرها على التحليل فإنه من المناسب أن يقسم هذا الجزء إلى قسمين، ليشمل الإطار النظري والدراسات السابقة في هذا الموضوع.

### الأخطاء والغموض في قواعد البيانات المكانية:

إن موضوع الغموض (Uncertainty) والأخطاء (Errors) التي قد تحويها قاعدة بيانات مكانية (Spatial Database) أمر ليس بالغريب ولا بالجديد. فمعلوم أن الأخطاء الموجودة في الخرائط التقليدية (الورقية) تنتقل إلى الحاسب كما هي، أو تتضخم (أو تتراكم) (Propagated)، وذلك نتيجة عملية التحويل إلى شكل رقمي. لكن المشكلة الأكبر أن هذه الأخطاء تتضخم أيضاً أثناء العمليات التحليلية في نظم المعلومات الجغرافية. لهذا فالأخطاء تشمل تلك الموجودة أصلاً في المصادر (الخرائط) وتلك الناتجة من التحليل. وبالطبع كل هذا يؤثر سلباً وبدرجات متفاوتة على مصداقية نتائج التحليل بنظم المعلومات الجغرافية.

يمكن أن تشمل الأخطاء الخاصة ببيانات الخرائط الرقمية (Digital Map

Data) ما يلي (Openshaw, et al 1991):

- (١) غموض في تحديد المكان
- (٢) أخطاء خاصة بالترقيم (Digitization)
- (٣) أخطاء خاصة بدرجة الوضوح والصحة المرتبطة بمقياس الخريطة.
- (٤) أخطاء خاصة بالتصنيف والتعميم في البيانات الخاصة بالخرائط الموضوعية والصور الفضائية.

وبالرغم من أن مستخدم نظم المعلومات الجغرافية يستطيع بسهولة إجراء عمليات تحليلية على البيانات، فإنه من السهل أيضاً الحصول على مخرجات فيها من الأخطاء المتراكمة بطريقة يصعب التكهن بحجمها ونوعها. كل ذلك، لأن نظم المعلومات الجغرافية لم توظف طرقاً خاصة ومباشرة للتعامل مع الأخطاء كأحد التحليلات الرئيسية فيها. كل ما هو معلوم لدى معظم مستخدمي هذه الأنظمة،

أنه في حالة الحصول على منتج عالي الصحة فإنه يجب الحصول بيانات تفصيلية كبيرة (كبيرة المقياس).

لقد حظي موضوع الصحة، والأخطاء، والغموض باهتمام العديد من الباحثين فعلى سبيل المثال لا الحصر، بليكمور (Blakemore, 1984) وكريسمان (Chrisman, 1989) ودرموند (Drummond, 1987) وقودتشايلد، وقوبال (Goodchild and Gopal, 1989) وولش وآخرون (Walsh, et al 1987) وبارا (Burrough, 1986) وفيشر (Fisher, 1990, 1991a, 1991b, 1992, 1995, 1996, 1997) وهيفولنك وبارا (Heuvelink and Burrough, 1993). وبالرغم مما أوضحته مثل هذه الدراسات وغيرها كثير، إلا أنه وإلى الآن لا يوجد نظام واحد يتضمن أداة تحليلية واضحة ومباشرة للتعامل مع أنواع ونماذج الخطأ في البيانات.

من المفيد هنا الإشارة إلى ما ذكره بارا (Burrough, 1986) حول العوامل التي تتحكم في الأخطاء التي قد ترتبط بمعالجة البيانات المكانية، فقد حددها في ثلاث مجموعات كالتالي:

١- مصادر للخطأ واضحة، وتشمل عمر مصادر البيانات، الخطية المساحية، مقياس الرسم، وكثافة الظواهر المرصودة.

٢- الأخطاء الناتجة من الاختلافات الطبيعية أو من القياسات الأصلية وتشمل الأخطاء المتصلة بالصحة وتميز الراصد.

٣- الأخطاء الناتجة من عملية التحليل، مثل أخطاء في حساب الأعداد، وعمليات الربط الطبولوجي الضعيف، وأخطاء عمليات اشتقاق أو استدراج (Interpolation) بيانات جديدة.

هذه المجموعات بما فيها من تنوع تزيد تعقيداً وصعوبةً أثناء العمليات الخاصة بتجهيز البيانات، ومعالجتها، وعمليات التحليل. فعلى سبيل المثال، نجد أن الأخطاء الناجمة عن الترقيم يمكن أن تنقسم إلى مجموعتين الأولى وتشمل خطأ الخريطة الأصلية، والثانية وتشمل الأخطاء المتراكمة نفسها.

كما صنّف ثابا وبوصلر (Thapa, and Bossler, 1992) الأخطاء الخاصة بجمع البيانات إلى مجموعتين رئيسيتين: الأولى، وتشمل أخطاء الطرق الرئيسة في جمع البيانات، والثانية، تشمل أخطاء الطرق الثانوية. أما أخطاء المجموعة الأولى، فتشمل الأخطاء الشخصية، أخطاء المعدات، وأخطاء بيئية (لها علاقة بالتغيرات البيئية مثل الحرارة، والضغط وغيرها). أما الأخطاء التي تنتج من الطرق الثانوية فتشمل: (١) أخطاء توقيع نقط التحكم (على الخريطة؛ ٢) أخطاء التوليف؛ (٣) أخطاء الرسم؛ (٤) أخطاء التعميم؛ (٥) أخطاء الإنتاج؛ (٦) أخطاء تطابق الألوان؛ (٧) أخطاء تشوه (تجمّع) أوراق الخرائط؛ (٨) أخطاء استخدام المقياس الخطأ؛ (٩) أخطاء الغموض في تحديد الظاهرة؛ (١٠) أخطاء المبالغة (تضخيم) في تمثيل الظواهر؛ (١١) أخطاء طرق إدخال البيانات مثل الترقيم وغيره. ذكر الباحثان حساب معظم هذه الأخطاء كما وردت في دراسات سابقة مثل دراسة ميلينق (Maling, 1989).

وبالرغم من أن عملية التعميم الخرائطي قد تحظى بأهم مصادر الغموض والخطأ، إلا أنه ولطبيعة العملية نفسها كان من الصعب تقديم رقمٍ محددٍ يمثل مجموع الخطأ الناتج أو حتى المتوقع من هذه العملية.

وبالرغم أنه لا توجد خريطة خالية من الأخطاء، مهما كانت مفصلة، إلا أن الطلب على الصحة يزداد أهمية عند التعامل مع نظم المعلومات الجغرافية.

وسيبقى هدف كل مستخدم أن يجد طرقاً تحليلية واضحة خاصة بالخطأ والغموض لمعرفة آثاره على نتائج أي تحليل.

### **تراكم ومحاكاة الأخطاء في نظم المعلومات الجغرافية:**

لأجل معرفة تأثير وتبعات الخطأ في نظم المعلومات الجغرافية لا بد من (Wood, and Fisher, 1993):

- ١- تحديد حدوث الغموض (Uncertainty) في البيانات المكانية.
- ٢- تحديد التوزيع المكاني لهذا الغموض.
- ٣- تحديد تأثير هذا الغموض على العمليات اللاحقة (التحليلية) في نظم المعلومات الجغرافي.

مع أن موضوع الخطأ في قواعد البيانات المكانية قد أشير إليه في منتصف الثمانينيات تقريباً، إلا أنه لم يكن محددًا بنظم المعلومات الجغرافية إلا في أواخر الثمانينيات. لكن لم يتم فعلياً تقديم وتطبيق طريقة في نمذجة الخطأ تحت مصطلح تراكم الخطأ في نظم المعلومات الجغرافية إلا في ١٩٩١م، (Openshaw, et al, 1991). ولقد طبقت طريقة مونت كارلو (MonteCarlo)، وهي طريقة اختبار إحصائية (لثقة) (Hope, 1968). ولأنها كانت المرة الأولى لتطبيق هذه الطريقة في نظم المعلومات الجغرافية حيث النظم نفسها مازالت في طور التطوير، فقد تطلبت العملية كثيراً من الجهد في البرمجة والتحويل من شكل خرائطي إلى آخر. وكما تتطلب العملية، فلقد كررت عملية التحليل مائة مرة، كل مرة يضاف أخطاء عشوائية إلى البيانات الخطية (Vector). ولأن التحليل كان متعلقاً بتحديد مكان أمثل لرمي النفايات النووية، فلقد ظهرت النتائج على

شكل خرائط بدرجات مختلفة من الوثوقية بناءً على درجات الاحتمالية في اختيار الموقع.

قدّم فيشر أيضاً دراسته الأولى لتراكم الخطأ (Fisher, 1991). طَبّق في دراسته طريقة مونت كارلو، وبين أنّه بتكرار التحليل ٢٠ مرة يمكن الحصول على ثقة ( $p$ ) تساوي ٠,٠٥، إذ أنّها موافقة أيضاً لنفس القيمة التي أستخدمت أول مرة بواسطة هوب (Hope, 1968). وهذا التسهيل في تطبيق الاختبار بطريقة مونت كارلو، قيم الباحث صحة تقييم الأراضي الزراعية والتربة في مناطق الدراسة المختارة. وبمذجة الخطأ بطريقة محاكاة التقييم، بينت النتائج أن الخطأ كان في حدود ٦٪ فوق وتحت القيم الحقيقية.

قدّم فيشر بعد ذلك دراسات أخرى (مثل: Fisher, 1992, 1995) في مجال تأثير تراكم الخطأ على تحديد الرؤية (Viewshed Analysis)، لينتج خريطة واحدة تبين أن مجال الرؤية في شكل درجات من الاحتمالية (Probable Viewshed) وليس ثنائياً (Binary, or Boolean Viewshed)؛ بمعنى أن الرؤية مع وجود الخطأ أو الغموض تكون احتمالية ( $p$ )، تتدرج من (٠,٠) غير مرئي تماماً إلى (١,٠) مرئي تماماً. طبق الباحث على نموذج للارتفاع الآلي (DEM) مبني مباشرة من الصور الفضائية.

أيضاً، قدم هيفيلنك وبارا (Heuvelink, and Burrough, 1993) دراسة بيّنا فيها أن نمذجة التحليل المنطقي (Logical)، التي تنتج خرائط ثنائية، تعد طريقة غير ملائمة، لأن البيانات تحمل أخطاءً ولا تمثل فعلياً الحقيقة، وإنه باستخدام محاكاة الخطأ ستنتج خرائط احتمالية تعد أكثر ملاءمة. كما استخدم الباحثان طريقة مونت كارلو لمحاكاة الأخطاء في تصنيف التربة.

أما فيرجين (Veregin, 1994) فقد قدم دراسة حول تكامل عملية المحاكاة وعملية تراكم الخطأ لعملية النطاق (Buffer analysis) في نظم المعلومات الجغرافية. ولقد قدم من خلال النمذجة لعملية النطاق، طريقة رياضية تعبر عن كيفية تراكم الخطأ من الطبقة الأصلية وأثناء التحليل للحصول على النطاق المستخرج. ولقد بين بأن أكثر النطاقات صحة هي تلك المرتبطة بالطبقة الأصلية الصحيحة، ونطاق كبير الحجم، وبخلايا مشتتة التوزيع المكاني، وتوزيع مكاني متكامل للأخطاء الموضوعية (Thematic Errors).

ولقد قدم هنتر وقودتشايلد (Hunter, and Goodchild, 1996) نموذجاً للتعامل مع الخطأ في البيانات الخطية (Vector Data) في نظم المعلومات الجغرافية. حيث يأخذ النموذج في الاعتبار الخطأ في البعد الثنائي (x, y) وذلك بحساب التشويه في هذين الاتجاهين.

أيضاً، بين الباحثان هنتر وقودتشايلد (Hunter, and Goodchild, 1997)، أن الخطأ الموجود في الانحدار (Slope) وواجهة الانحدار (Aspect) يعتمد على التركيب المكاني للأخطاء الموجودة في نموذج الارتفاع (DEM). وقدموا نموذجاً عاماً لأخطاء نموذج الارتفاع.

قدم هيوفلنك (Heuvelink, 1998) دراسة شملت معظم ما قام به خلال عشر سنوات. بين الباحث نماذج الخطأ والتنوع في البيانات، ثم استخدام أربعة طرق لمحاكاة الخطأ في نظم المعلومات الجغرافية وتشمل: (١) طريقة تيلور (الدرجة الأولى) (First Order Taylor Method)؛ (٢) طريقة تيلور (الدرجة الثانية) (Second Order Taylor Method)؛ (٣) طريقة روزينبلوث (Rosenblueth's Method)؛ (٤) طريقة مونت كارلو (Monte Carlo Method). ولقد قدم



الباحث (Software) برنامجاً مستقلاً للتعامل مع محاكاة الأخطاء في نظم المعلومات الجغرافية. كما أكد الباحث على أن نماذج الخطأ نفسها تختلف حسب البيانات وتوزيعها المكاني، بل وتختلف حسب العمليات التحليلية. وبالرغم من أن متطلبات محاكاة الخطأ قد تكون مكلفة من الناحية الحاسوبية، إلا أن هذا لا يجب أن يعوق إجراء محاكاة الخطأ بشكل روتيني من قبل المستخدم وذلك لأهمية وخطورة الخطأ وتبعاته على نتائج التحليل في نظم المعلومات الجغرافية.

كما قام ناكيرتس وآخرون (Nackaerts, et al, 1999) بتقييم صحة الرؤية الاحتمالية، ولقد توصل الباحثون إلى أن عدد مرات التحليل التي تتطلبها طريقة مونت كارلو قد لا تكون بالضرورة في حدود العشرين مرة، والتي ذكر فيشر (Fisher, 1991) أنها ستعطي ثقة عالية، بل لأجل أن تكون الثقة في النتائج عالية لا بد من أن يكون العدد أكبر من ذلك. لأجل ذلك قدموا طريقة إحصائية للمستخدم بحيث يحدد أولاً فترة مثالية للثقة المطلوبة، وبناءً عليها يتم تحديد مقدار التكرار.

وفي دراسة لباخمان والجورور (Bachmann and Allgower, 2002)، بين الباحثان باستخدام نموذج روثرميل (Rothermel's Model) في نمذجة سلوك الخرائط في المناطق الحممية والغابات، كيف أن الغموض في المتغيرات المدخلة (وعدها ١٧) يمكن أن يؤدي إلى أخطاء كبيرة في النتائج، وعليه لا بد من أخذ هذه الأخطاء أثناء التحليل في الاعتبار. ولقد بين الباحثان أن محاكاة الخطأ بطريقة تيلور تعد أرخص وأسهل من الناحية الحاسوبية مقارنةً بطريقة مونت كارلو.

نجد من خلال هذا العرض لهذه الدراسات أن أخطاء الخرائط الطبوغرافية التي تم حسابها والاستشهاد بها عند الحديث عن صحة الخرائط، لم يلتفت إليها عند

نمذجة تأثير تراكمها على التحليل الرقمي بطريقة المحاكاة، لذا ولأهمية ذلك فإن هذا هو موضوع هذه الدراسة.

### ثالثاً: منهجية الدراسة

لتحقيق أهداف هذه الدراسة، لابد أولاً من تحديد أنواع الأخطاء وكميتها، وكيف تم حسابها سواء كانت أفقية أو رأسية. وثانياً الطريقة التي استخدمت في محاكاة تأثير تراكم هذه الأخطاء على التحليل الرقمي. يتبع ذلك، تقديم للبيانات التي استخدمت وكيف تم تحويلها من شكل خطي (Vector) إلى شكل خلوي لتمثيل السطح في شكل نموذج للارتفاع الآلي (DEM). سوف يتم تقييم النتائج بصرياً من خلال الفحص البصري للخرائط الناتجة، ورقمياً وبيانياً. استخدم برنامج إدرسي (Eastman, 1997) في تطبيق الدراسة.

#### ١- تحديد أنواع وحجم الأخطاء:

لأجل معرفة تأثير أخطاء خريطة طبوغرافية بمقياس ١: ٥٠,٠٠٠ على نتائج تحليل رقمي في نظم المعلومات الجغرافية، لا بد من تحديد أنواع هذه الأخطاء نوعاً وكمياً. وبما أن الدراسة ستمثل جزءاً من خريطة طبوغرافية رقمية، وهو إنشاء خريطة ارتفاع ثلاثي (DEM) ثم إجراء تحليل معين عليها، لذا سنتناول الدراسة حساب الأخطاء في شكل مربع متوسط الجذر (RMS) التي تشملها الخرائط وذلك كما وردت في دراسة ثابا وبوصلر (Thapa, and Bossler, 1992)، ودراسة ميلينق (Maling, 1989). هذه الأخطاء خاصة بالأخطاء الأفقية، أما

الأخطاء الرأسية فسوف يعتمد على حسابها إحصائياً (Eastman, 1997). أما خطأ مربع متوسط الجذر (RMSE) فيحسب كالتالي:

$$RMSE = \left[ \sum_{i=1}^n (z_i - z_i^*)^2 / n \right]^{1/2}$$

حيث إن  $n$  عدد نقاط العينة ( $i$ )، و  $z_i$  مقدار القيمة المقاسة عند نقطة العينة، و  $z_i^*$  القيمة الحقيقية عند هذه النقطة.

#### الأخطاء الأفقية:

حدد ثابا وبوصلر (Thapa, and Bossler, 1992) أحد عشر خطأ، منها سبعة أخطاء أمكن تقدير قيم معينة لها في شكل مربع متوسط الجذر، وذلك بناءً على دراسة ميلينج (Maling, 1989). هذه القيم تراوحت بين حد أدنى (أخطاء في أفضل الأحوال) وبين حد أعلى (أخطاء في أسوأ الأحوال). أما الأخطاء التي تم تقدير قيمها فهي:

- ١- خطأ توقيع نقاط التحكم (على الخريطة)، وقدّرت قيمته من ٠,١٧ إلى ٠,٣٢ مللم. (الخطأ الأول  $e^1$ ).
- ٢- خطأ التوليف (للخرائط الطبوغرافية) الناتج من مصادر مختلفة ووضعها على مقياس موحد. تتراوح قيم الخطأ بين ٠,٣٠ و ٠,٣٢ مللم. (الخطأ الثاني  $e^2$ ).
- ٣- خطأ الرسم، (خطأ العمل اليدوي أثناء الرسم) في المرحلة الأولى من تمثيل الظواهر، وقدّرت بين ٠,٠٦ إلى ٠,١٨ مللم. (الخطأ الثالث  $e^3$ ).

٤- خطأ عمليات التصوير والتحميز، وقدر بين ٠,١ إلى ٠,٢ مللم. (الخطأ الرابع  $e^4$ ).

٥- خطأ عمليات الطباعة بالألوان، ويتراوح بين ٠,١٧ و ٠,٣٠ مللم. (الخطأ الخامس  $e^5$ ).

٦- خطأ تشوّه (انكماش، تمدد) ورق الخرائط، ويتراوح بين ٠,٢٤ إلى ٠,٤٨ مللم. (الخطأ السادس  $e^6$ ).

٧- خطأ الترقيم، وقدر بـ ٠,٢٥ مللم. (الخطأ السابع  $e^7$ ).

أما الأخطاء التي يصعب تقدير قيم معينة لها، إما بسبب صعوبة العملية نفسها أو لعدم وجود دراسات خاصة لها، فتشمل أخطاء التعميم الخرائطي، وتعد هذه العملية أكبر مصدر للأخطاء، ولكن لطبيعة هذه العملية المعقدة فإنه يصعب تحديد قيمة معينة تمثل كل الأخطاء الممكنة الناتجة من تنفيذ هذه العملية. ومن الأخطاء الأخرى التي لم يتم تحديد قيم لها، أخطاء استخدام المقياس الغير مناسب، وأخطاء الغموض في تحديد الظواهر، وأخطاء عمليات التحويل (Transformation) في الحاسب، والتي تشمل أيضاً أخطاء التحويل من شكل خطي (Vector) إلى شكل خلوي (Raster) وغيرها.

ولإيجاد قيمة واحدة للخطأ تمثل مجموع القيم المحسوبة أعلاه، فإنه وبافتراض علاقة خطية توجد بين الأخطاء ومجموع الخطأ النهائي، فإن مجموع الخطأ الناتج (Te) يكون (Uotila, 1986; Drummond, 1989):

$$Te = (e^2_1 + e^2_2 + e^2_3 + e^2_4 + e^2_5 + e^2_6 + e^2_7) 1/2$$

الحد الأعلى للخطأ عند مقياس الخريطة، مجموع خطأ مربع متوسط الجذر Total  
(RMS):

$$T^1(RMS) = (0.32^2 + 0.32^2 + 0.18^2 + 0.2^2 + 0.30^2 + 0.48^2 + 0.25^2) / 2 \\ = 0.81 \text{ mm}$$

الحد الأدنى للخطأ (في أفضل الأحوال) (Total RMS):

$$T^2(RMS) = (0.01^2 + 0.30^2 + 0.06^2 + 0.10^2 + 0.17^2 + 0.24^2 + 0.25^2) / 2 \\ = 0.50 \text{ mm}$$

وبناءً على هذا نرى أن موقعاً ما على خريطة بمقياس ١: ٥٠,٠٠٠ يمكن أن يكون (في أسوأ الأحوال) على بعد ٤٢ متراً عن موقعه الحقيقي، و ٢٥ متراً في أحسن الأحوال. بالطبع كلما كبر المقياس كان مقدار الخطأ أكثر قبولاً لكثير من التطبيقات. ستستخدم هذه الدراسة مجموع الحد الأدنى للخطأ وهو ٢٥ متر، وذلك لتمثيل الأخطاء الأفقية.

أما حساب الخطأ الرأسي فإنه وبافتراض أن الخطأ في الارتفاع عشوائياً فإنه من الممكن إحصائياً حساب مربع متوسط الجذر (RMS) باستخدام المنطق التالي (Eastman, 1997):

١- يتوقع أن ٩٠٪ من كل القسيم في التوزيع الطبيعي (Normal Distribution) ستكون في حدود ١,٦٤٥ انحراف معياري من المتوسط (القيمة حسب من واقع الجداول الإحصائية).

١- الحساب مبني على الخرائط المنتجة بواسطة معظم الهيئات الوطنية الكبيرة المختصة بإنتاج الخرائط الطبوغرافية، والتي تشترط كمقياس للصحة بأنه لا بد أن تكون ٩٠٪ من المواقع على الخريطة المختارة لاختبار الصحة في حدود نصف الفاصل الرأسي المحدد (حسب مقياس الرسم).

٢- بما أن خطأ مربع متوسط الجذر ( $RMSE$ ) مماثل لانحراف معياري في حالة كون المتوسط هو القيمة الحقيقية، فإن نصف الفاصل الكنتوري يغطي ١,٦٤٥ من أخطاء مربع متوسط الجذر.

$$1.645 RMS = c/2$$

حيث إن C يمثل الفاصل الكنتوري (٢٠ متراً لخريطة ١:٥٠,٠٠٠

المستخدمة في الدراسة).

وبالتعويض في المعادلة السابقة:

$$RMS = c/3.29$$

$$RMS = 20/3.29$$

$$RMS = 6.079$$

### مجموع الأخطاء الأفقية والرأسية:

نجد مما سبق أن مجموع الأخطاء عند مكان معين من ثلاثة أبعاد في أحسن الأحوال، تكون ٣١,٠٧٩ متراً (٢٥ متراً للأخطاء الأفقية، و ٦,٠٧٩ أمتار للأخطاء الرأسية)، لذلك ستحاكي هذه القيمة (٣١,٠٧٩ متراً) في كل خلية في نموذج الارتفاع (DEM) الذي سينشأ للجزء المقتطع من الخريطة الطبوغرافية المستخدمة في هذه الدراسة.

يبقى السؤال لماذا نجمع الأخطاء الرأسية مع الأخطاء الأفقية، طالما أننا سنطبق على سطح من ثلاثة أبعاد؟ إن الإجابة على ذلك واضحة وهي ببساطة أن أي مكان على السطح المنتج سوف يتضمن أخطاء أفقية وأخطاء رأسية، لهذا لا يمكن إغفال هذا الأمر، فكما أن الارتفاع قد يزيد أو ينقص عند كل خلية في السطح كذلك الموقع لكل خلية فقد ينحرف في أي اتجاه عن الموقع الفعلي على الأرض. فإذا ما أردنا أن نقوم بتحليل للرؤية مثلاً كما سوف يتم في هذه الدراسة،

من نقطة رصد معينة ولنقل في حدود دائرة نصف قطرها ١ كم مثلاً، فإنه من المنطقي أن يتسبب الخطأ الأفقي في جعل بعض الخلايا تكون داخل أو خارج دائرة الرؤية مثلما يتسبب الخطأ الرأسي في جعل الخلايا إما مكشوفة أو محجوبة. ولنطبق ذلك في الميدان نفسه، فلنتخيل كيف حركة صغيرة بالرأس قد تجعل تلك المناطق التي كانت من قبل محجوبة تصبح مكشوفة للرائي، وكيف أن حركة أفقية قد تجعل المناطق المحجوبة مكشوفة أو العكس. هذه حركات أفقية ورأسية صغيرة فكيف بحركة في حدود ٣١,٠٧٩ متراً؟! سوف نرى تبعات هذا الخطأ (٣١,٠٧٩ متراً) على التحليل، بالرغم من أن الباحث بين أن هذا الخطأ متواضع، وذلك كونه يعد مقدار الخطأ في أحسن الأحوال، ولأنه بقي كثير من الأخطاء لم تحسب.

## ٢- محاكاة تراكم الأخطاء بطريقة مونت كارلو Monte Carlo Error Simulation:

لتطبيق طريقة مونت كارلو في هذه الدراسة، كطريقة إحصائية في نظم المعلومات الجغرافية، فإن الطريقة تبدأ بتحديد مقدار ونوع التوزيع المكاني للخطأ في الطبقات الأصلية المستخدمة في التحليل. كل طبقة يدخل عليها الخطأ عشوائياً. يتم بعد ذلك تطبيق تحليل معين في نظم المعلومات الجغرافية حيث سيتم مخرجاً مختلفاً عن ذلك الناتج من نفس التحليل بدون أخذ الأخطاء في الحسبان. ينتج تكرار هذا التحليل عدد  $(M)$  من المرات مجموعة  $(M)$  من الطبقات المخرجة. يمثل شكل هذه الطبقات في مجموعها في طبقة نهائية واحدة شخصية أو نموذج الخطأ (Error Model) الذي تضمنته الطبقة الأصلية وكيف تم تراكمه في الطبقة النهائية.

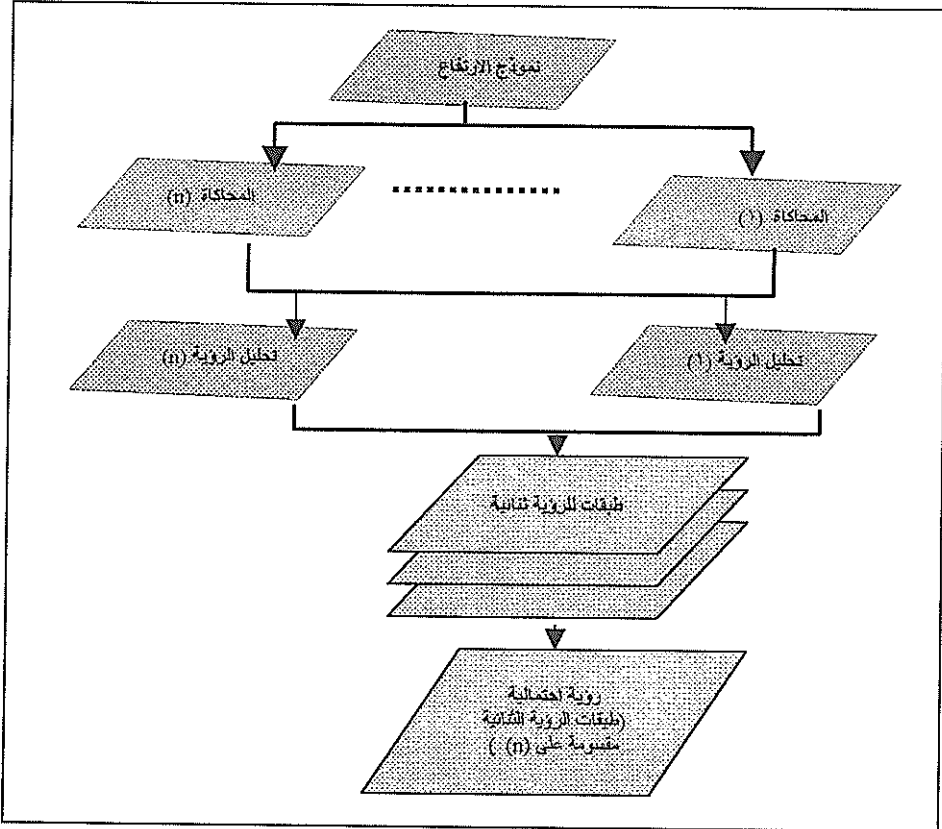
بافتراض أن مربع متوسط الجذر (RMS) مماثل بشكل كبير للانحراف المعياري، وإذا افترض بأن المتوسط كان صفرًا (٠)، يمكننا إذاً تحديد الخطأ المحتمل لأي نقطة وذلك بإنتاج عدد عشوائي (Random Number) بناءً على توزيع طبيعي يكون متوسطه يساوي صفرًا وانحرافاً معيارياً يساوي مربع متوسط الجذر. عندما تضاف هذه القيمة إلى الارتفاع فإنها تعطي تقديراً أكثر صحة للارتفاع عند هذه النقطة (الخلية) بدلاً من تلك المسجلة في نموذج الارتفاع الأصلي. يتم بعد ذلك إجراء تحليل للرؤية (Viewshed Analysis) بتكرار مقداره ٢٠ مرة، لتجمع بعدئذ كل الطبقات المخرجة وتقسّم على ٢٠ لينتج مخرجاً واحداً يمثل التحليل النهائي الذي يمثل الرؤية المحتملة (Probable Viewshed) والتي أخذت في الاعتبار الخطأ الأصلي وتراكمه أثناء عملية التحليل. يشرح شكل (١) محاكاة الخطأ بطريقة مونت كارلو لإنتاج رؤية محتملة.

لقد أُستخدم برنامج إدريسي (IDRISI) (Eastman, 1997) في تنفيذ عملية المحاكاة والتحليل في هذه الدراسة. وكما بين الشكل (١)، فمنطقة الدراسة قد أُضيف إليها في كل خلية خطأ بطريقة عشوائية بافتراض أن هناك توزيعاً طبيعياً للأخطاء حيث كان المتوسط (٠) والانحراف المعياري ٣١,٠٧٩ متراً. ولقد ساعد وجود الوظيفة التحليلية المسماة RANDOM في برنامج إدريسي على تنفيذ عملية المحاكاة. بعد ذلك تم جمع الطبقة الناتجة من هذه العملية مع الطبقة الأصلية التي تمثل الارتفاع. بعد ذلك تم إجراء تحليل للرؤية لينتج خريطة ثنائية (تكون القيم (١) و (٠)، لتعني (مرئي) و (غير مرئي) على التوالي). كررت هذه العملية ٢٠ مرة لتعطي ثقة مقداره ٠,٠٥ - حسب اختبار فرضية طريقة مونت كارلو - (Fisher, 1991). إذ أنه إذا كررت العملية عدد من المرات ( $n$ ) فإن معدل الرؤية



## شكل رقم (١)

مخطط لسير عملية محاكاة الأخطاء المستخدمة في الدراسة بطريقة مونت كارلو أثناء تحليل الرؤية في نظم المعلومات الجغرافية.



المصدر: من عمل الباحث.

الثنائية (Binary Viewsheds) ينتج احتمالية الرؤية الفعلية لمكان معين (Fisher, 1991):

$$P(v)_{ij} = 1/n \sum_{K=1}^n vk_{ij}, \text{ and } 0 \leq p(v) \leq 1 \text{ for each } i, j$$

حيث إن  $V_k P(v)$  تمثل الاحتمالية لخلية (Cell) في صف (i) وعمود (j) في نموذج الارتفاع (DEM)، و  $V_k$  الرؤية الثنائية عندما تكون  $V_k = 1$  أو  $V_k = 0$ .

نرى في شكل (١) أن الخريطة الناتجة النهائية (بمجموع الطبقات الثنائية)، وكما تشرحه المعادلة أعلاه، تكون الخلايا التي تحمل قيمة (١) في مجال الرؤية الكاملة، والخلايا ذات القيم الأصغر ستكون نسبياً أقل احتمالية في مجال الرؤية. بالطبع ستكون الخلايا التي تحمل قيمة (٠) في نطاق خارج الرؤية تماماً، وذلك كونها لم تكن في أي رؤية ثنائية من خرائط أو طبقات الرؤية الثنائية. تسمى الطبقة النهائية بالرؤية المحتملة (Probable Viewshed).

### منطقة الدراسة:

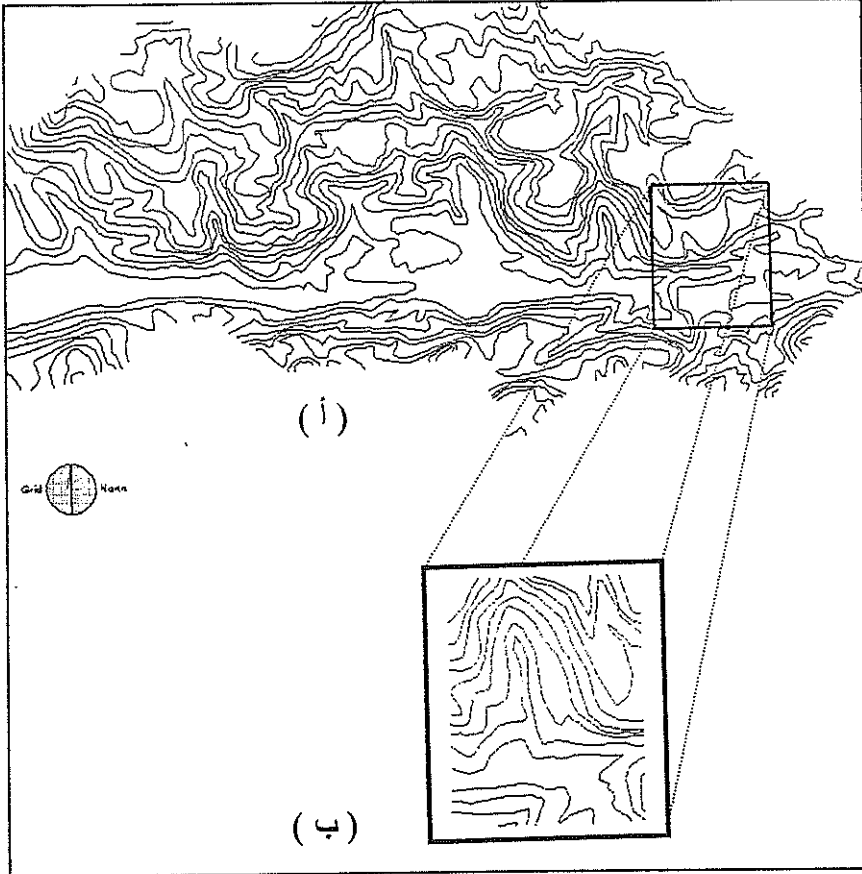
طبقت الدراسة على أحد روافد وادي جو في منطقة حائل بالمملكة العربية السعودية من خريطة ١: ٥٠,٠٠٠ الطبوغرافية (شكل ٢، أ). في حدود  $٣ \times ٥,٥$  كم تقريباً، وهي كما يتضح من الشكل منطقة حوض مائي. لقد تم إدخال الخريطة إلى الحاسب بعناية بواسطة الترقيم (Digitizing) وتسجيل (Registration) بلغت صحته (كخطأ مربع متوسط الجذر RMSE) أفضل من  $٠,٠٠٤$  بوصة (وحدة القياس على طاولة الترقيم). تم بعد ذلك تم اقتطاع جزء أصغر (شكل ٢، ب) حيث تم تحويله من الشكل الخطي (Vector) إلى الشكل الخليوي (Raster) حيث تم بعدئذ إنتاج نموذج ارتفاع (DEM) لهذا الجزء في حدود  $٢٠١ \times ٢٠١$  خلية، بدرجة وضوح في حدود ٤ أمتار. يعتقد الباحث أن

هذا الجزء كافٍ لنمذجة الأخطاء ومحاكاة تأثيرها خاصة وأن الدراسات المماثلة تأخذ مناطق دراسة في حدود هذا الجزء تقريباً.

بالنسبة لعملية الاشتقاق (Interpolation) التي استخدمت في إنشاء نموذج الارتفاع، فإن وجود الأخطاء النهائية التي يمكن أن تنتج بعد الاشتقاق أمر وارد وهي أخطاء محكومة بالعملية نفسها (نوعها)، ومقدار الأخطاء في الخريطة الأصلية، والأخطاء التي قد تحدث من التقييم. أما نوع العملية التي تم استخدامها في الاشتقاق فهي Distance Weighted Average، حيث اشتقت القيم الجديدة لكل خلية من ٨ نقط كحد أعلى. وكما تم إيضاحه سابقاً، فإن الخطأ الناتج لم يتم حسابه نظراً لكون الخطأ الناتج متراكماً من أكثر من خطأ وعزل خطأ عملية الاشتقاق نفسها يعد أمراً صعباً طالما أنه نتيجة تراكم أخطاء ساهمت جميعها في خلقه بشكل لا يمكن التنبؤ به. لكن، من المتوقع أنه كلما زاد عدد النقط التي يستدرج أو يشتق منها كلما قلت أخطاء عملية الاشتقاق، وعليه فإنه من الأفضل تحويل خطوط الكنتور من شكل خطي إلى خلوي بحيث يتم الاشتقاق مباشرة من كل خلية في الخطوط الشبكية لضمان تقليل أخطاء اشتقاق الارتفاع عند أو حول هذه الخطوط، وهذا ما تم في هذه الدراسة.

## شكل رقم (٢)

منطقة الدراسة (أ) ، أحد روافد وادي جو بمنطقة حائل بالمملكة العربية السعودية من خريطة طبوغرافية بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ . (ب) الجزء الذي تم التطبيق عليه.



المصدر: من عمل الباحث.

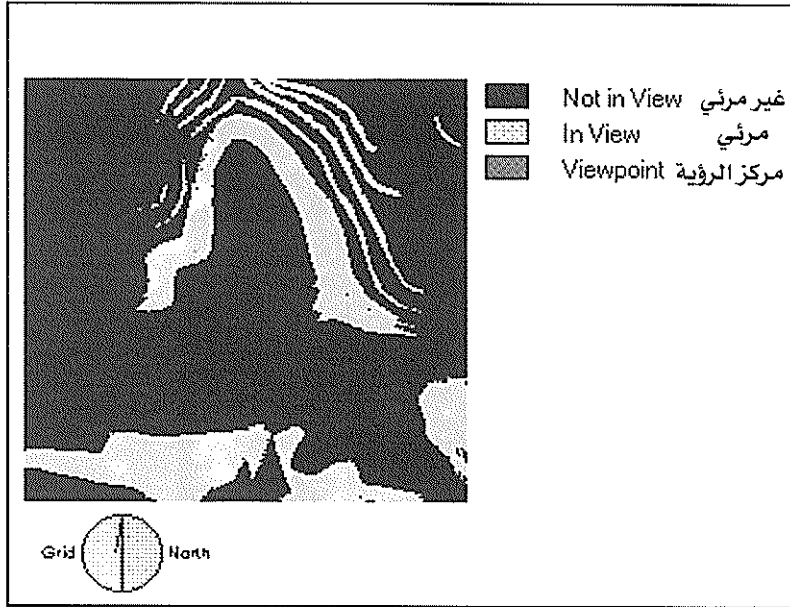
## رابعاً: النتائج

تم تطبيق نموذج محاكاة الأخطاء بالترتيب، فقد تم أولاً إنتاج خريطة للرؤية دون اعتبار لوجود الأخطاء. فالرؤية من مركز الرؤية المشار إليه في الشكل (٣) تبدو للقارئ أن النتيجة نهائية، بحيث إن المناطق المرئية الناتجة من التحليل هي فعلاً المناطق التي يمكن أن ترى من مركز الرؤية في جميع الاتجاهات. هذا التحليل التقليدي (Boolean Viewshed) بالطبع لا يأخذ أخطاء البيانات وتراكمها في الحسبان، فتبدو النتيجة قطعية، مقارنةً بالنتيجة النسبية أو الاحتمالية. يتضح من جدول (١) أن ما يقارب خمس المنطقة مرئي، أما الباقي فهو غير مرئي.

أما نتيجة محاكاة الأخطاء فتظهر في شكل (٤)، حيث تبدو الرؤية في شكل مشتمت على عكس نمط الرؤية الثنائية في شكل (٣). ويبدو معظم هذا التشتت في الجزء الأعلى الأيمن، ثم يأخذ هذا النمط بالتكثف حول مركز الرؤية في الجزء الأوسط تقريباً. يبين الشكل من خلال عملية ترميز درجة الاحتمالية، كيف أن الرؤية تزيد باتجاه المركز، حيث تصل درجة الاحتمالية إلى (١,٠) حول نقطة المركز في ثمان خلايا فقط، وهي الخلايا الملاصقة مباشرة بنقطة المركز. أما النتيجة الرقمية في جدول (٢) فتبين بوضوح دلالة هذه النتيجة البصرية. فبالرغم من أن حجم المناطق المرئية يماثل حجم المنطقة المرئية في تحليل الرؤية الثنائية (تمثل خمس المنطقة تقريباً) إلا أن معظم الخلايا (المناطق) المرئية بعد محاكاة الأخطاء تحمل احتمالية ضعيفة (٠,٠٥). هذه الدرجة من الاحتمالية تشير بالطبع إلى عدم الوثوق

## شكل رقم (٣)

نتيجة تحليل الرؤية بالطريقة الثنائية (Boolean Viewshed) حيث تكون الخلية إما مرئية (١) أو غير مرئية (٠). التحليل هنا لا يأخذ أي خطأ في الاعتبار، حيث تعني النتيجة أن المناطق المرئية (باللون الفاتح) تعد فعلاً مناطق مرئية بنسبة ١٠٠٪ من مركز الرؤية.



المصدر: من عمل الباحث.

## جدول رقم (١)

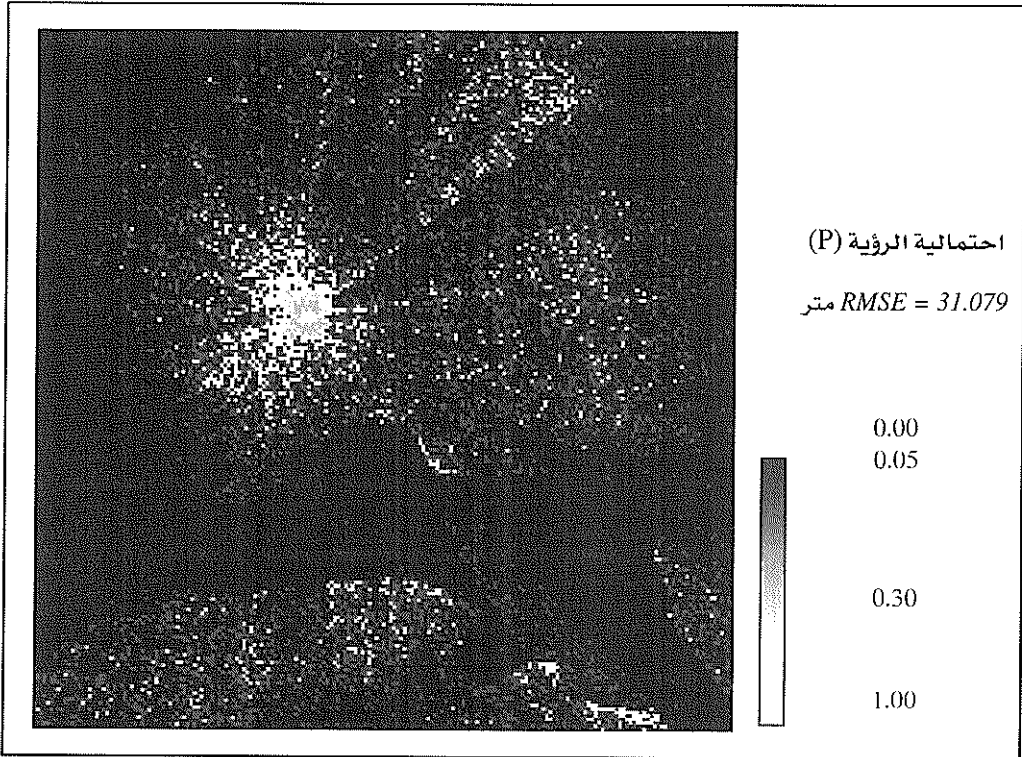
النتيجة الرقمية لتحليل الرؤية بدون محاكاة للأخطاء.

النسبة من مجموع الخلايا	عدد الخلايا	احتمالية الرؤية
٢٠,٧٥	٨٣٨٣	١,٠
٧٩,٢٥	٣٢٠١٧	٠,٠
١٠٠	٤٠٤٠٠	المجموع

المصدر: من عمل الباحث.

## شكل رقم (٤)

محاكاة الخطأ في تحليل الرؤية أنتج خريطة احتمالية للرؤية (Probable Viewshed). تزداد احتمالية الرؤية كلما قربت المسافة من مركز الرؤية.



المصدر : من عمل الباحث.

## جدول رقم (٢)

النتيجة الرقمية لتحليل الرؤية الاحتمالية بعد محاكاة الأخطاء.

احتمالية الرؤية (p)	عدد الخلايا	النسبة إلى مجموع الخلايا (٤٠٤٠٠)
٠	٣٣١٤١	٨٢,٠٣
٠,٠٥	٥٦٧٤	١٤,٠٤
٠,١٠	١١٠٥	٢,٧٤
٠,١٥	٢٦٦	٠,٦٦
٠,٢٠	٨٠	٠,٢٠
٠,٢٥	٣٦	٠,٠٩
٠,٣٠	٢٦	٠,٠٦
٠,٣٥	١٩	٠,٠٥
٠,٤٠	١٣	٠,٠٣
٠,٤٥	١١	٠,٠٢٧
٠,٥٠	٦	٠,٠١٤٨
٠,٥٥	٤	٠,٠٠٩٩
٠,٦٠	١	٠,٠٠٢٤
٠,٦٥	٢	٠,٠٠٤٩
٠,٧٠	١	٠,٠٠٢٤
٠,٧٥	٤	٠,٠٠٩٩
٠,٨٠	١	٠,٠٠٢٤
٠,٨٥	١	٠,٠٠٢٤
٠,٩٠	٠	٠,٠٠
٠,٩٥	١	٠,٠٠٢٤
١,٠	٨	٠,٠٧٩٨

المصدر: من عمل الباحث.



في الرؤية في هذه المناطق (الخلايا). يلي هذه المناطق، مناطق للرؤية ولكن بدرجة احتمالية تعدد ضعيفة أيضاً (٠,١٠)، تمثل نسبتها من مجموع الخلايا ٢,٧٤٪. ويتبادر إلى الذهن الآن سؤال منطقي وهو: كم عدد الخلايا التي فيها الرؤية بدرجة ١,٠؟ إنها ثمان خلايا فقط من ٤٠٤٠٠ خلية بنسبة ٠,٠١٩٨٪. وبحساب آخر، نجد أنه توجد ٢٩ خلية فقط من ٤٠٤٠٠ خلية تساوي وتزيد احتمالية الرؤية فيها عن ٠,٥٠.

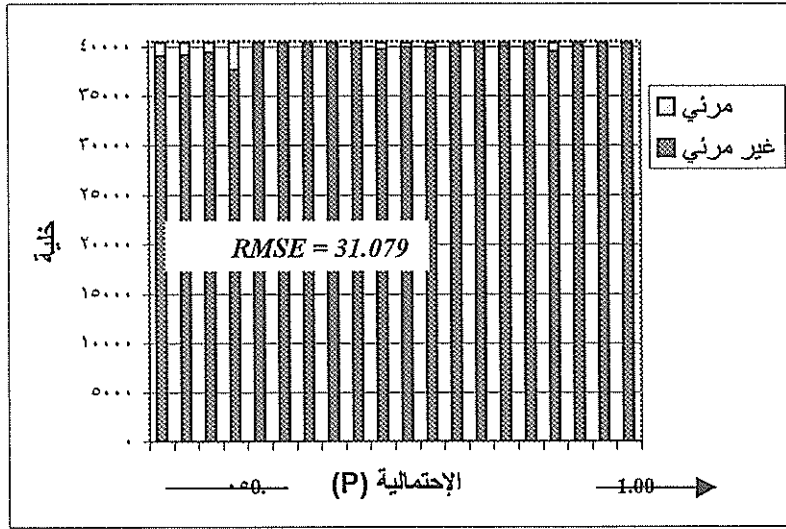
يؤكد المصنّع التكراري في شكل (٥) هذه النتيجة، حيث تبدو معظم الخلايا غير مرئية في كل رؤية ثنائية. هذا يفسر الحصول على درجة احتمالية قليلة للخلايا المرئية في خريطة الرؤية الاحتمالية شكل (٤).

### **الرؤية الاحتمالية المتداخلة مع الرؤية الثنائية:**

يبدو منطقياً أن تتساءل عن المقارنة بين نتائج الرؤية الاحتمالية والرؤية الثنائية، فمثلاً ما مقدار التداخل بين أعداد الخلايا المرئية عموماً بين النوعين من التحليل؟ شكل (٦) بين ذلك التداخل، في حين أن جدول (٣) يبين عدد الخلايا التي فقط تحمل درجة من الاحتمالية من ٠,٥٠ إلى ١,٠، بافتراض أن المطلوب معرفة درجة الوثوق في نتائج تحليل الرؤية الثنائية مقارنة بتحليل الرؤية الاحتمالية بهذه الدرجة من الاحتمالية. ويظهر الجدول كيف أن ٢٩ خلية من ٢٩٧٠ خلية متداخلة يمكن الوثوق في رؤيتها بدرجة احتمالية ٠,٥٠ وما فوق، منها ٩ بدرجة ٠,٩٥، فما فوق منها أيضاً ٨ خلايا فقط ذات احتمالية رؤية ١,٠، أي رؤية تامة. إذاً وبافتراض أن الرؤية الاحتمالية هي النتيجة التي يوثق بها لأنها تأخذ الأخطاء في

## شكل رقم (٥)

العلاقة بين الاحتمالية والرؤية الثنائية أثناء محاكاة الخطأ. في كل رؤية ثنائية أثناء عملية المحاكاة تبدو معظم الخلايا غير مرئية (مقارنةً بالرؤية الثنائية بدون محاكاة الأخطاء في شكل ٣)، كما أنه كلما زادت الاحتمالية قلت أعداد الخلايا المرئية.



المصدر: من عمل الباحث.

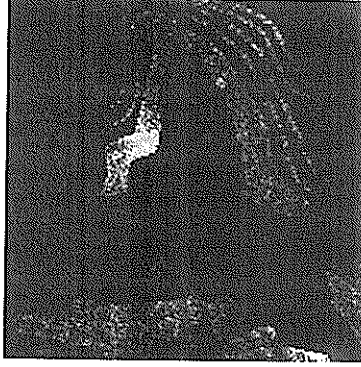
الاعتبار، فإن هناك ٢٩ خلية فقط من ٨٣٨٣ خلية - ظهرت في شكل (٣) على أنها مرئية تماماً - يمكن الوثوق في رؤيتها. لذلك، يبدو من هذه المقارنة مقدار الخطأ الواضح في الرؤية الثنائية.

### خامساً: مناقشة وخاتمة

بيّنت النتائج بوضوح تأثير وجود الأخطاء في قواعد البيانات الخاصة بنموذج الارتفاع الآلي المبني على خريطة طبوغرافية بمقياس ١: ٥٠,٠٠٠، حيث أخذ جزء محدد من خريطة المملكة العربية السعودية كمثال للتطبيق. ففي حين أن تحليل

## شكل رقم (٦)

الخلايا المتداخلة بين الرؤية الاحتمالية (شكل ٤) والرؤية الثنائية (شكل ٣).



المصدر: من عمل الباحث.

## جدول رقم (٣)

أعداد خلايا الرؤية الاحتمالية المتداخلة (٢٩٧٠ خلية) مع خلايا الرؤية الثنائية (٨٣٨٣ خلية). الجدول يظهر أعداد الخلايا ذات رؤية احتمالية بدرجة ٠,٥٠ وما فوق.

عدد الخلايا المتداخلة	الاحتمالية	النسبة (من ٢٩٧٠ خلية)	النسبة (من ٨٣٨٣ خلية)
٢٩	+ ٠,٥٠	٠,٩٨	٠,٣٥
٩	+ ٠,٩٥	٠,٣٠	٠,١١
٨	١٠٠	٠,٢٧	٠,١٠

المصدر: من عمل الباحث.

الرؤية الثنائي التقليدي يبين بشكل قطعي المناطق المحتجة والمناطق المكشوفة (المرئية)، إلا أن أخذ وجود الأخطاء في الاعتبار أثناء التحليل أنتج رؤية ذات

درجات مختلفة من الاحتمالية، بل وظهرت المناطق في نمط مختلف. كما أن معظم المناطق (الخلايا) كانت ذات احتمالية للرؤية قليلة جداً. بما أن نموذج الخطأ المستخدم يعد نموذجاً بسيطاً (Simple Error Model)، حيث لا يأخذ بعض القضايا مثل الارتباط الذاتي المكاني (Spatial Autocorrelation) في الحسبان، فإن النتائج قد ظهرت بهذا الشكل كأن تبدو غير مألوفة للقارئ؛ بمعنى لا تمثل ما يمكن أن يراه الشخص في الواقع، وهذا بالطبع لا يؤثر على مصداقية النتائج في ضوء نموذج الخطأ المستخدم.

إن الأخطاء المدروسة في هذا البحث لم تشمل تلك الأخطاء أو الغموض الناتج من عمليات التعميم الخرائطي والترقيم والتحويل وغيرها، وعلى ضوء ما تم من نتائج يتوقع أن تأثير هذه الأخطاء الأخيرة على التحليل قد يتضاعف وبشكل لا يمكن التنبؤ بحدته.

تؤكد الدراسة أن الأخطاء الكامنة والمتراكمة في قواعد البيانات التي مصدرها خرائط طبوغرافية بمقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، تجعل من استخدام هذه الخرائط في التحليل بنظم المعلومات الجغرافية أمراً غير مقبول لأي دراسة تأخذ قضيتي الصحة والدقة بجدية وذلك نظراً لحدّة تأثير هذه الأخطاء مع الرغم أن الأخطاء المهمة مثل أخطاء التعميم وغيرها لم تؤخذ في الاعتبار. بالرغم أن هذا قد يتوقع، إلا أن الدراسة تبين لأول مرة مدى مقدار عدم التأكد (Uncertainty) في بعض العمليات التحليلية التي قد تجري على قاعدة بيانات خريطة طبوغرافية بهذا المقياس قد تم أخذ بعض أخطائها في الاعتبار.

يتوقع الباحث أن تثير نتائج هذه الدراسة أولئك الذين لم يأخذوا تأثير الأخطاء بجدية على خرائط طالما كانت هي الوحيدة إن لم تكن المحببة في البحث

والدراسة والمشاريع. ولتأكيد مصداقية هذه النتائج، نتخيل فقط ما ذا يعني انحراف عن المكان الحقيقي بمقدار ٣١,٠٧٩ متراً، بدون حتى نمذجة لتراكم هذا الخطأ؟ فإذا سلمنا بأن هذا الخطأ يتراكم ويتوالى أثناء التحليل فكيف ستصبح النتيجة عند محاكاة هذا الخطأ؟ هذا هو ما أرادت هذه الدراسة وبينته النتائج. بقي أن نعتقد أنه من المناسب أن تفحص النتائج ميدانياً للخروج بحكم فئائي معمم على جميع قواعد بيانات خرائط ١ : ٥٠,٠٠٠ الطبوغرافية. إلا أن الدراسة تكتفي بالوقوف عند إعلان هذه النتائج ولعل دراسات أخرى تتبع هذه الدراسة من قبل باحثين آخرين.

## المراجع

- Bachmann, A., and Allgower, B., (2002), "Uncertainty Propagation in Wild Land Fire Behavior Modeling", **International Journal of Geographical Information Science**, Vol. 16, No. 2, p. 115-127.
- Blakemore, M., (1984), "Generalization and Error in Spatial Data Bases", **Cartographica**, Vol. 21, pp. 131-139.
- Burrough, P. A., (1986), **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**, Clarendon Press, Oxford
- Chrisman, N., (1989), "Error in Categorical Maps: Testing Versus Simulation", in **ACSM-ASPRS, Proceedings, AUTO-CARTO 9**, Baltimore, MD, pp. 521-529.
- Drummond, J., (1987), "A Framework for Handling Error in Geographic Data Manipulation", **ITC Journal**, No.1, p. 73-82.
- Eastman, R., (1997), **IDRISI for Windows**, IDRISI Production, Clark University, Main, USA.
- Fisher, P., (1990), "Simulation of Errors in Digital Elevation Models", **Proceedings of Applied Geography Conferences**, Vol.13, pp. 37-43.
- Fisher, P., (1991a), "Modeling Soil Map-Unit Inclusions by Monte Carlo Simulation", **International Journal of Geographic Information Systems**, Vol. 5, 193-208.
- Fisher, P., (1991b), "Algorithm and Implementation Uncertainty in Viewshed Analysis", **International Journal of Geographic Information Systems**, Vol. 7, 331-347.

- Fisher, P.,(1992), "First Experiments in Viewshed Uncertainty: Ssimulating Fuzzy Viewsheds", **Photogrammetric Engineering and Remote sensing**, Vol. 58, No. 3, pp. 345-352.
- Fisher, P., (1995), "An Exploration of Probable Viewshed in Landscape Planning", **Environment and Planning. B: Planning & Design**, 22, 527-546.
- Fisher, P., (1996), "Extending the Aapplicability of Viewshed in Landscape Planning", **Photogrammetric Engineering and Remote sensing**, 62, 1297-1302.
- Fisher, P., (1997), (Eds.), "Book Review of Elements of Spatial Data Quality", **International Journal of GIS**, Geographic Information Science, Vol. 11, pp. 407-408.
- Goodchild, M., and Gopal, S., (Eds.), (1989), **Accuracy of Spatial Databases**, London: Taylor & Francis.
- Heuvelink, G., and Burrough, P., (1993), "Error Propagation in Cartographic Modeling using Boolean Logic and Continuous Classification", **International Journal of Geographic Information Systems**, Vol. 7, 231-246.
- Heuvelink, G., (1998), **Error Propagation in Environmental Modelling with GIS**, London: Taylor & Francis, p 127.
- Hunter, G., and Goodchild, M., (1996), "A New Model for Handling Vector Data Uncertainty in Geographical Information Systems", **URISA Journal**, Vol. 8, 51-57.
- Hunter, G., and Goodchild, M., (1997), "Modelling the Uncertainty of Slope and Aspects Estimates from Spatial Databases", **Geographical Analysis**, Vol. 29, 35-49.

- Hope, A.C.A., (1968), "A simplified Monte Carlo Significance Test Procedure", **Journal of the Royal Statistical Society**, Vol. 30, pp. 583-598.
- Maling, D.H., (1989), **Measurements from Maps: Principles and Methods of Cartometry**, Pergamon Press, Oxford, England, p.577.
- Nackaerts, K., Govers, G., and Orshoven, J.V., (1999), "Accuracy Assessment of Probabilistic Visibilities", **International Journal of Geographical Information Science**, Vol. 13, No. 7, pp. 709-721.
- Openshaw, S., Charlton, M., and Carver, S., (1991), Error propagation: a Monte Carlo simulation. In Messer, I., and Blackmore, M., (Eds), *Handling Geographical Information*, pp. 78-101, UK: Longman, Harlow.
- Thapa, K., and Bossler, J., (1992), "Accuracy of Spatial Data Used in Geographic Information Systems", **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Vol. 58, No. 6, pp. 835-841.
- Uotila, U., (1986), **Lecture notes on Adjustment Computations**, The Ohio State University.
- Vergin, H., (1994), "Integration of Simulation Modeling and Error Propagation for the Buffer Operation in GIS", **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Vol. 60, No.4, pp. 427-435.
- Walsh, S., D.R. Lightfoot, D.R. Butler, (1987), "Recognition and Assessment of Error in Geographic Information Systems", **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Vol. 53, No.10, pp.1423-1430.
- Wood, J., and Fisher., (1993), "Assessing Interpretation Accuracy in Elevation Models", **IEEE Computers, Graphics and Applications**, Vol.13, 48-56.



## صفحة الإعلانات

عزيزي الباحث وصاحب العمل  
والمؤسسة ، تسبح لك الجمعية  
الجغرافية السعودية فرحة التعريف  
بإستراتيجك العسلمي وأجهستك  
ومؤسستك وبرامجك التي يمكن أن  
تخدم الجغرافيين والجغرافيا .

## أسعار الإعلانات

ربع صفحة ٢٥٠ ريال سعودي

نصف صفحة بمبلغ ٥٠٠ ريال سعودي

صفحة كاملة بمبلغ ١٠٠٠ ريال سعودي

## آخر إصدارات سلسلة بهوث جغرافية

- ٢٦- الخصائص الهيدروكيميائية ودرجة التحلل الكارستي في نبع عين النجبة : سوريا .
- ٢٧- تقييم طريقة الري البرش المحوري : دراسة حالة في الجغرافيا الزراعية لمنطقة وادي النواصر .
- ٢٨- خصائص تربة الكتيان الرملية ومدى ملائمتها للزراعة الحثافة في واحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية.
- ٢٩- جغرافية التجارة الخارجية للمملكة العربية السعودية .
- ٣٠- أهمية الأطلس المدرسي في تدريس مادة الجغرافيا في مراحل التعليم العام.
- ٣١- العلاقات المكانية والزمنية للأسواق الأسبوعية وخصائصها الجغرافية في واحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية.
- ٣٢- المسح الميداني الإلكتروني باستخدام تقنية تحديد المواقع ونظام الربط الأرضي الجغرافي - G.P.S-GEOLINK .
- ٣٣- تفويم الوضع الإيكولوجي الزراعي في منطقة وادي المياه بالمملكة العربية السعودية.
- ٣٤- التحليل الإحصائي المتقدم المتغيرات لخصائص أحجام حبيبات الكتيان الرملية الهلالية بنفوذ التيارات؛دراسة حالة في محافظة الغاط.
- ٣٥- الأسواق اللوربية في منطقة جازان : دراسة تحليلية عن التنظيم المكاني والتدور الاقتصادي.
- ٣٦- أثر استخدام المياه المحفوفة على التربة وإنتاجية بعض المحاصيل الزراعية بمنطقة تيرك
- ٣٧- التوزيع المكاني للسكان والتنمية في المملكة العربية السعودية في ١٣٩٤-١٤١٣هـ
- ٣٨- الأردية الداخلة لى منطقة الحرم بالمدينة المنورة
- ٣٩- مواقع المدارس وسبل رفع مستوى سلامة التلاميذ المرورية في مدينة الرياض
- ٤٠- تردد الرياح الشمالية وتباينها في المملكة العربية السعودية
- ٤١- القوى العاملة في المملكة العربية السعودية : أبعادها الديموغرافية والاقتصادية والاجتماعية
- ٤٢- خصائص السياحة بمنطقة عسير وأهميتها للتخطيط والاستثمار السياحي
- ٤٣- تطور إنتاج حرائط المملكة العربية السعودية نصف قرن في دعم التنمية والتخطيط .
- ٤٤- تغيرات الحمولة الصلبة وعلقاتها بالأمطار والحريان السطحي بالبحر الأحمر الجغرافي لنادي الكبر الرمال(الثلثي-الجزائري) .
- ٤٥- نمذجة التحليل المورفومتري لتشعب نساح
- ٤٦- مورفولوجية كويستات هضبة نجد: دراسة تطبيقية على حال الوطاة.
- ٤٧- الاتصال المناخي السطحي بين المملكة العربية السعودية ونصف الكرة الشمالي.
- ٤٨- دور خطط التنمية في معالجة قضية التوازن الإقليمي في المملكة العربية السعودية: دراسة تفويجية لتحربة التنمية الإقليمية ما بين عامي ١٣٩٠-١٤١٥هـ.
- ٤٩- تطور التوزيع الجغرافي لمرض السل وانتشاره في العالم.
- ٥٠- العلاقة بين كميات الأمطار وارتفاع الماء الجوفي في حوض وادي حبيرقه بالمملكة العربية السعودية.
- ٥١- الصناعات الصغيرة في المملكة العربية السعودية.
- ٥٢- أوجه التشبه والاختلاف وآفاق التكامل التنموي والتطبيقي بين المساحة التصورية والاستشعار عن بعد.
- ٥٣- الخصائص المورفومترية لحوض وادي حر كان وادي بيثي بالمملكة العربية السعودية: دراسة تطبيقية مقارنة.
- ٥٤- السياس الإقليمية لتطور الصناعات الغذائية في المملكة العربية السعودية(١٣٧٣-١٤١٧هـ): تحليل جغرافي
- ٥٥- التوزيع الجغرافي للخدمات الصحية بمنطقة مكة المكرمة.
- ٥٦- التركز المحصولي الأمتل وأهميته على التوطن الزراعي بمنطقة مكة المكرمة.

Price Listing Per Copy :

Individuals . 10 S.R

Institutions . 15 S.R

Handing &amp; Mailing Charges are added on the above listing

أهمارة للمصنوع

سعر الصفحة الواحدة للأعضاء ١٠ ريالاً سعودي

سعر الصفحة الواحدة للمؤسسات ١٥ ريالاً سعودي

تضميل إلى هذه الأمتار أجره البريد

## عزيزي عضو الجمعية الجغرافية السعودية

هل غيرت عنوانك؟ فضلاً أملأ الاستمارة المرفقة وأرسلها على عنوان الجمعية

الاسم: .....

العنوان: .....

ص ب: ..... المدينة والرمز البريدي: .....

البلد: .....

الاتصالات الهاتفية:

عمل: ..... منزل: .....

حوال: ..... بيجر: .....

بريد إلكتروني: .....

ترسل على العنوان التالي:

الجمعية الجغرافية السعودية

ص ب ٢٤٥٦ الرياض ١١٤٥١

المملكة العربية السعودية

هاتف: +٩٦٦ ١ ٤٦٧٨٧٩٨ فاكس: +٩٦٦ ١ ٤٦٧٧٧٣٢

بريد إلكتروني: [sgs@ksu.edu.sa](mailto:sgs@ksu.edu.sa)

كما يمكنكم زيارة موقع الجمعية على الإنترنت على العنوان التالي:

[www.ksu.edu.sa/societies/sgs/](http://www.ksu.edu.sa/societies/sgs/)

**● Administrative Board of the Saudi Geographical Society ●**

Abdulaziz A. Al-Shaikh	Prof.	Chairman.
Mohammad S. Makki	Prof.	Vice-Chairman.
Badr A. Al-Faqir	Ass. Prof.	Secretary General.
Abdulah H. Al-Solai	Ass. Prof.	Treasurer.
Abdullah S. Al-Roqaybah	Ass. Prof.	Member.
Ibrahim S. Al-Dosari	Ass. Prof.	Member.
Ibrahim M.A. Al-Faqy	Ass. Prof.	Member.
Mohammed M. Al-Qahtani	Ass. Prof.	Member.
Khadran K. Al-Thobeti	Ass. Prof.	Member.

# RESEARCH PAPER IN GEOGRAPHY

OCCASIONAL REFEREED PAPERS PUBLISHED BY SAUDI GEOGRAPHICAL SOCIETY

57

## **Simulation of the Effects of Propagating Errors of the 1:50000 Topographic Maps During Analysis in GIS**

**Dr. Ali M. Al-Ghamdi**

King Saud University - Riyadh  
Kingdom of Saudi Arabia  
1423A.H. - 2003 A.D.