دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	دعم صناعة القرار والتحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية
المصدر:	رسائل جغرافية
الناشر:	جامعة الكويت - كلية العلوم الاجتماعية - قسم الجغرافيا
المؤلف الرئيسي:	عثمان، بدر الدين طه
المجلد/العدد:	الرسالة277
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2003
الشهر:	ربيع الآخر / يونيو
الصفحات:	3 - 57
رقم MD:	257147
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
قواعد المعلومات:	HumanIndex
مواضيع:	الخرائط الإلكترونية، صناعة القرارات، اتخاذ القرارات، نظم المعلومات الجغرافية، النظم الخبيرة و المعرفية، تصميم الخرائط، قواعد البيانات، الخرائط الجغرافية، التصوير الجوي
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/257147

© 2020 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

بسم الله الرحمن الرحيم

دعم صناعة القرار والتحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية

د. بدر الدين طه عثمان

مقدمة

مع ازدياد عدد السكان في العالم ونشاطاتهم الاقتصادية ازدادت الحاجة إلى صنع واتخاذ القرارات المناسبة لمعالجة العديد من المشكلات المتعلقة بالتنمية وتوظيف الموارد وصيانة وإدارة المجتمع والبيئة. وأصبح من الضروري أن تكون هذه القرارات أكثر صوابا وأن تقل في عملية صنعها واتخاذها درجة المخاطرة والنتائج الطلبية. وباستخدام الأدوات والنظم التحليلية التي تدعم صنع القرار (مثل نظم المعلومات الجغرافية والنظم الخبيرة) ودعمها بالمعلومات والسيناريوهات والخيارات المناسبة، بات من الممكن الوصول إلى قرارات أكثر دقة وإيجابية. وفي العقد المنصرم تطورت النظم المعلوماتية والخبيرة واكتسبت نظم المعلومات الجغرافية أهمية كبيرة، خاصة دورها في التحليل المكاني ودعم القرار. ويتمثل هذا الدور في إفادة نظم المعلومات الجغرافية لصناع القرار بالمعلومة وبالأدوات التحليلية المناسبة خاصة في مجال التخطيط وتوظيف الموارد resource allocation.

تطورت البنية المنهجية والتقنية لنظم المعلومات الجغرافية (Jones, 1997, Maguire, et al 1993) وتزايدت محاولات التطبيق وبناء قواعد البيانات والنماذج العلمية في نظم المعلومات الجغرافية في مجالات وآفاق عديدة كالدراسات

الهايدرولوجية (Osman, 1996) ونمذجة المتبادلات المائية ـ النباتية (Gumbricht, 1996) ونمذجة البيئة (Goodchild, 1997) ودراسة الرياح والطاقة (عثمان، ١٩٩٩) والزراعة الذكية أو المعلوماتية precision agriculture (عثمان، بحث مقبول للنشر). وأصبح من الممكن لنظم المعلومات الجغرافية القيام بعمليات النمذجة الرياضية المكانية المعقدة في شتى أنواع الموضوعات الجغرافية الطبيعية والبشرية ومجالات البيئة (Goodchild, et al, 1993). بدأت العديد من المؤسسات الحكومية والخاصة على نطاق العالم باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في مجالات لمختلفة. هذه المجالات قد تشمل التنبؤات المناخية وإنتاجية المحاصيل والأبحاث والتطبيقات الهايدرولوجية المختلفة والتعدين والمؤشرات الديموغرافية بالإضافة إلى مجالات أخرى مثال التخطيط والعمران والاقتصاد.

ويهدف هذا البحث إلى التعريف بأهمية نظم المعلومات الجغرافية والتحليل المكاني في دعم القرار والدعوة إلى إعمال هذه النظم في كافة الجوانب التحليلية المرتبطة بدعم صنع القرار في المؤسسات العربية التي تهتم بالتخطيط وتوظيف الموارد. ويتناول البحث تعريف وأسس القرار والتحليل المكاني والتكامل بين نظم المعلومات الجغرافية والنظم الخبيرة في مجال دعم القرار. ويستعرض البحث نموذجا تطبيقيا يتعلق بتطبيق أسلوب التقييم متعدد المعايير Multi-Criteria Evaluation في نظم المعلومات الجغرافية في التحليل المكاني لدعم القرار في مجال تحديد المناطق المحتملة لزراعة محاصيل الذرة الشامية والذرة والقمح في المملكة العربية السعودية. ولقد تم تحديد المناطق المحتملة لزراعة (بمساندة الري) هذه المحاصيل باستخدام بعض المعايير مثال التربة الصالحة للزراعة والاحتياجات المائية الموسمية لهذه المحاصيل وحالة الميزان المائي الموسمي في المملكة العربية السعودية.

نظرية وأبحاث دعم القرار

لقد تم الاهتمام بأبحاث القرارر منذ أكثر من عقدين من الزمان لمساعدة الأفراد

والمؤسسات الحكومية والصناعية والاجتماعية في اتخاذ القرارات المتعلقة بالمشكلات الطبيعية والبشرية المعاصرة المعقدة والخطرة. ويرتبط ذلك بكيفية صنع القرار ودور الخبراء بمختلف تخصصاتهم مقارنة بدور بقية أفراد المجتمع وماهي المخاطر ونسبة عدم التأكد والتعقيد في كل قرار يتخذ. بدأ الاهتمام بأبحاث صنع ودعم القرار آليا computer-aided decision making and decision support لمساعدة الأفراد والمؤسسات الحكومية والصناعية والاجتماعية في اتخاذ القرارات المتعلقة بالمشكلات الخطرة والمعقدة التي يشهدها عالمنا المعاصر في كل يوم. وترتبط هذه الأبحاث بكيفية صنع القرار ودور الخبرة البشرية والآلية أو المحوسبة في مواجهة المشكلات التي تتطلب قرارات ذكية وفعالة (Densham, 1993).

كما اهتمت أبحاث القرار بالتقدم العلمي والثورة التقنية في مجالات الحوسبة والذكاء الاصطناعي وقواعد البيانات والنظم المعلوماتية. ومع التطور التقني والعلمي والتجريبي وظهور ما يعرف بنظم المعلومات الجغرافية أصبح من الممكن للجغرافيين والمخططين (الذين تهمهم العلاقات المكانية) -برغم بعض المشكلات- استخدام هذه النظم في دعم القرار. والجغرافيا بدورها لم تكن بعيدة عن الاهتمام بتأثير القرار على البيئة الطبيعية والبشرية (Thomas Huggett, 1980).

وفقا لآراء دنسام (Densham 1993) يعرف القرار بأنه خطوة إدارية تتخذ لاختيار حل مناسب من بين عدة حلول وخيارات تجاه مشكلة ما، ويكون الحل الأفضل هو الحل الذي يوازن بين كل الحلول ويحقق الأهداف المطروحة. وتقوم نظرية القرار decision theory على المنطق الذي يمكن تبنيه لاختيار خيار واحد أمثل من بين عدة خيارات. وتختلف الخيارات المتاحة من مشكلة إلى أخرى ومن مكان إلى آخر ومن زمان إلى زمان.

هنالك عدة اصطلاحات ترتبط بالقرار مثال المعيار criterion وهي إحدى ركائز القرار ويمكن قياسها وتقييمها. ويمكن التمييز بين نوعين من المعايير criteria وهي

العوامل factors والموانع constraints. وتعرف عملية اختيار المعايير ودمجها بأسس أو قواعد القرار decision rules والتي قد تكون بسيطة أو معقدة. وللقرار هدف/ أهداف objective/s وهو المتحكم بوضع قواعد القرار. أما عملية تطبيق القرار فيعرف بالتقييم وهي عملية قد تتعد فيها الأهداف أو المعايير. وقد تتأثر عملية وضع الأسس بمشكلة عدم التأكد uncertainty والتي قد تلازم البيانات وطرق قياسها. ويلي ذلك مشكلة تحديد أخطاء القرار وحجمها والتي قد تصدر عن علاقات ومنظومة القرار. يمكن ترجمة هذه الاصطلاحات برمجيا أو تنفيذها باستخدام برمجيات مستقلة لدعم القرار يمكن تشغيلها في إطار نظم المعلومات الجغرافية Eastman 1997c.

يرتبط القرار بصانع ومتخذ القرار الذي قد يكون فردا أو مجموعة له أو لهم الخلفية والخبرة المناسبة في مجال القرار. كما يرتبط القرار بحيز جغرافي/ مكاني وفترة زمنية محددة أو غير محددة بالإضافة إلى المستفيدين أو المتأثرين بالقرار. وبصفة عامة يتمحور القرار في توظيف الموارد والموازنة بين الطبيعة/ البيئة والمتطلبات البشرية. ويحتاج اتخاذ القرار إلى أدوات وخبرات وإمكانيات لصنعه واتخاذه وتطبيقه وتقييم نتائجه. هنالك الكثير من الأدوات العلمية والتقنية التي تم تطويرها للمساعدة في دعم القرار كالإحصاء وجمع البيانات (أرضيا وفضائيا) والاستبيان والتجارب العلمية والمعملية والتنبؤات بطبيعة ونتائج الحل المطروح (Densham, 1993).

تحليل استراتيجية القرار:

تعتمد استراتيجية القرار وتحليلها على منطقية الاختيار للخيار الأمثل من بين عدة خيارات. وتختلف الخيارات من مشكلة إلى أخرى وربما من وقت إلى آخر. ويمكن القول بوجود خيارات فعلية وأخرى فرضية وثالثة شيئية. ويمكن تصنيف القرارات إلى عدة أنواع هي ١) مفردة الأهداف ومفردة المعايير و٩٢ مفردة الأهداف

ومتعددة المعايير و٣) متعددة الأهداف ومفردة المعايير و٤) متعددة الأهداف ومتعددة المعايير. وتعتمد جميع القرارات بمختلف أهدافها على معايير مفردة أو متعددة. ونجد أن معظم المشكلات التي تعالجها نظم المعلومات الجغرافية تقوم على معايير متعددة (مثال تحديد مناطق جرف التربة بالاعتماد على خصائص الانحدار واستخدامات الأرض ونوع التربة إلخ). وفيما يتعلق بنظرية القرار تواجه نظم المعلومات الجغرافية مشكلات تحتاج إلى التقييم متعددة المعايير Multi-criteria Evaluation إضافة إلى الحاجة إلى التوفيق بين عدة أهداف تمثل مصالح أو مجموعات متعددة (انظر المثال المرفق) (Eastman, 1997c).

وفي إطار نظم المعلومات الجغرافية يمكن تحديد مجالين للقرار هما ١) قرارات وضع السياسات policy decisions و٢) قرارات توظيف الموارد resource allocation decisions. وفيما يتعلق بالنوع الأول يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتزويد صانع القرار بالمعلومات (وهذا الدور المعلوماتي يؤثر على السلوك القراري للمهتمين بتوظيف الموارد). كذلك يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية (بصورة أقل وضوحا في الوقت الراهن) كأداة لنمذجة العمليات والعلاقات المكانية الطبيعية والبشرية (التحليل المكاني) المرتبطة بالقرار. أما في النوع الثاني المتعلق بتوظيف الموارد فيمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية في التقييم ودعم القرار والخيارات المتاحة والسيناريوهات المستقبلية (Eastman et al, 1993).

التحليل المكاني:

يرجع تطور التحليل المكاني إلى تطور الجغرافيا الكمية والإحصائية في الخمسينيات من القرن العشرين. والذي امتد إلى تطوير النماذج الرياضية وطرق البحث التشغيلي. وظهر ذلك في أعمال الكثيرين من الرواد مثال Berry and Taylor (1977), Marble (1968), Hägerstrand (1973), Unwin ((1981). وهناك أيضا أعمال Haggett, (1965) في تحليل الموقع في الجغرافيا البشرية و Haggett, and

Chorley في تحليل الشبكات في الجغرافيا. وتماشيا مع محاولات الجغرافيا الكمية هنالك الكثير من التطبيقات الرياضية في الجغرافيا مثال استخدام البرمجة الخطية لدراسة استخدامات الأرض (Chuvieco, 1993).

يرتبط التحليل المكاني بالجغرافيا ومناهجها ونظرياتها وفضائها المكاني. والجغرافيا تدرس الهياكل والمؤثرات أو العمليات المكانية (أو الفضاء الأرضي) وعلاقتها بالإنسان ومؤسساته وبيئته الطبيعية. أما التخطيط فيعرف على أنه اصطلاح عام يتعلق بعملية صنع أو وضع الخطط التي يرجى بعد تطبيقها حل بعض المشكلات وتحقيق بعض الأهداف وربما تحسين بعض الأوضاع التي تعاني من المشكلات (Wil-son and Kirkby, 1975:3). ولقد مرت الجغرافيا و(مجالات التخطيط المرتبطة بها) بمراحل عديدة بدءا من الوصف المرتب للحيز الجغرافي ومرورا بما يعرف بالثورة الكمية والتحليل الإحصائي والتحليل الرياضي وانتهاء بالثورة التقنية والمعلوماتية التي تبشر بالدخول في مرحلة استخدام الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة والمعرفية في التحليل المكاني وعلاقة ذلك بصنع القرار.

من الواضح اهتمام الجغرافيا بالمجال الطبيعي (مثال المناخ وأشكال الأرض والتربة والنباتات والمياه) والمجال البشري (مثال السكان والعمران والأنشطة الاقتصادية إلخ). بالإضافة إلى ذلك تهتم الجغرافيا بالتفاعل بين هذين المجالين وتغيراتهما عبر المقياس الزمني والمكاني والإقليمي على كافة المستويات. هذا الاهتمام يرتبط بالأطر العامة للمنهجية الجغرافية والتحليل المكاني التي تركز على موقع المركبات الجغرافيا البشرية والطبيعية (نقاط وخطوط ومساحات وسطوح) وعلى العلاقة والتفاعل بين هذه المركبات وأخيرا على تدفق هذه التفاعلات عبر الشبكات التي تربط هذه المركبات (مثال الطرق والأنهار وخطوط الاتصال وحركة الناس والبضائع). وارتبطت هذه المستويات الثلاثة لاهتمامات الجغرافيين بثلاث نظريات أساسية هي نظرية الموقع location theory ونظرية التفاعل المكاني spatial

interaction theory ونظرية الشبكات network theory كنظرية ثالثة (Wilson and Kirkby, 1975:7-8).

ونظرا لتعقيد المركبات الجغرافية وعلاقاتها وربما لعدم مقدرة هذا الإطار النظري الثلاثي على تفسير النظم الجغرافية البشرية والطبيعية فقد استحدثت وتبنت الجغرافيا الكثير من المنظورات والنظريات التي ارتبطت بتحليل العمليات وتحليل النظم والتحليل الرياضي. على سبيل المثال نذكر أعمال (1829) von Thünen حول استخدامات الأرض والموقع والريع ونظرية (1909) Weber حول الموقع الصناعي (أو ما يعرف بمشكلة الموقع ـ وتوظيف الموارد) ومفهوم الموقع المركزي للباحث كريستلر (1933) Christaller وجميع هذه النظريات والمفاهيم غير ديناميكية (مثال مفهوم الانتشار diffusion concept عند (1967) Hägerstrand).

هنالك العديد من الكتابات في مجال الجغرافيا والتحليل الكمي وأهمية ذلك في تحليل البيانات ونظم المعلومات الجغرافية وطرق التحليل المكاني (Fotheringham and Rogerson, 1994). وتطرق Fotheringham وزملاؤه (Fotheringham et al, 2000) في كتابهم عن الجغرافيا الكمية والبيانات المكانية لمفهوم التحليل المكاني ودور نظم المعلومات الجغرافية في هذا المجال. وأشاروا إلى أن الجغرافيا الكمية تحتوي على عدة نشاطات تتمثل في تحليل البيانات المكانية الأرقامية وتطوير النظرية المكانية وبناء واختبار النماذج الرياضية التي تهتم بالعمليات أو المؤثرات المكانية.

بناء على (1994) Johnston يشمل التحليل المكاني الإجراءات الكمية التي تستخدم في تحليل الموقع ويهدف التحليل المكاني إلى فهم التنظيم المكاني للظواهر المكانية. وتشمل الظواهر المكانية النقاط مثال المدن والخطوط مثال الطرق والأنهار والمساحات مثال الأقاليم الإدارية والغابات والمزارع وهذه جميعا تتشكل في السطح الجغرافي ثلاثي الأبعاد. وتبعا لدراسات Fotheringhamet al, (2000) فإن التحليل المكاني شامل لعدة مفاهيم وعمليات تتعلق بالقياس والتصنيف والترتيب والمطابقة

الهندسية وتحليل السطح والنمذجة الكارتوجرافية وغيرها من مفاهيم وعمليات تهتم بها نظم المعلومات الجغرافية «العلمية» وبصورة مبتسرة في البرامج التجارية لهذه النظم. ولدمج المزيد من الأنواع الجيدة من مفاهيم التحليل المكاني (والتي قد يتأخر تبنيها في البرامج المتداولة) لابد للمستخدم المهتم أن يفعل ذلك بنفسه عن طريق البرمجة التقليدية وربما النظم الخبيرة التي يمكن تشغيلها ضمن برامج نظم المعلومات الجغرافية.

وأشار Openshaw (1993: 393) في مقاله عن تطوير طرق مناسبة للتحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية إلى أهمية التفريق بين معالجة البيانات المكانية (التي تختص بها نظم المعلومات الجغرافية) والتحليل المكاني (الذي يجب أن تطوره وتعمل به هذه النظم). ويرى الكاتب بأن المشكلة لا تكمن في تعريف التحليل المكاني ومشكلاته بقدر ما هي تكمن في تحديد طبيعة التقنية اللازمة لتوفير وظائف أساسية للتحليل المكاني تناسب نظم المعلومات الجغرافية. وإذا نظرنا إلى الإصدارات اللاحقة لبرامج نظم المعلومات الجغرافية نجدها تأخذ هذه المشكلات في الاعتبار ويتجسد ذلك على سبيل المثال في طرق التحليل المكاني لإصدارات برنامج idrisi لنظم المعلومات الجغرافية (Eastman, 1997c).

للقيام بالتحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية لابد من مراعاة المحاذير التالية وهي: ١) تجنب التصميم العلمي المفرط لخطوات الحل. و٢) النظر إلى تحليل البيانات بعقلية استكشافية. و٣) تجنب الاستغراق في استخدام الإحصاء الفرضي/ الاستنتاجي statistical inference. و٤) التقيد بحدود التحليل الجغرافي. و٥) تجنب استخدام الأساليب التي تتجاهل أو تلغي تأثير المكان. و٦) التفكير جيدا قبل استخدام طرق التحليل التي ترجع إلى بدايات الجغرافيا الكمية في الستينيات من القرن الماضي. وأخيرا ٧) التنبه دائما إلى التأثيرات التي تحدثها مشكلات البيانات على النتائج (Openshaw 1993: tab. 25.2).

اتجه صناع القرار إلى الاستعانة بالمحللين وبالنمذجة التحليلية analytical mod-eling من أجل تحسين عمليات صنع القرار لحل العديد من المشكلات. وتحتاج النمذجة التحليلية إلى تعريف المشكلة منهجيا وتحديد أبعادها المكانية وتشريح بنية المشكلة إلى أجزاء واضحة ووضع الخيارات. وتكمن أهمية هذه النماذج في التحليل المكاني في عناصر يبرز أهمها في أن معظم النماذج الرياضية البحتة والمهجنة المرتبطة بالنمذجة التحليلية قد تفشل في تفهم الأبعاد الأساسية للمشكلات ذات الطابع المكاني. كما أن معظم صناع القرار قد يختارون الأبعاد أو العوامل التي يسهل نمذجتها في إطار المشكلة التي يواجهونها. الأمر الذي يقود إلى اختيار متغيرات ذات مستويات مقياسية وموقعية لا تتناسب مع المشكلة التي يراد حلها، وبالتالي الحصول على نتائج غير مقنعة تنعكس على عملية صنع القرار والحلول التي تبناها القرار (Densham, 1993: 402).

وهناك أيضا النمذجة المكانية المتفاعلة interactive spatial modeling التي حدت بـ ويلسون (أحد رواد هذا المجال) وزملائه (Wilson and Kirkby, 1975, wilson, and Bemmet, 1985) إلي تسليط الضوء على الرياضيات واستخدام النماذج الرياضية في التخطيط والجغرافيا البشرية. وتطرق ويلسون وزملاؤه إلى موضوع الأمثلية Optimization في تحليل الموقع والمواصلات (Wilson, et al 1981) وعلاقة القرار الذكي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية فيما يختص بالموقع ودور ذلك في التخطيط الاستراتيجي (Birkin, et al, 1996). وناقش Voogd (1983) أسلوب التقييم متعدد المعايير Multi- Criteria Evaluation (MCE) وتطبيقاته في مجال التخطيط الحضري والإقليمي. بينما استعرض Carver (1991) موضوع دمج أسلوب التقييم متعدد المعايير في نظم المعلومات الجغرافية.

يتبع ذلك ضرورة استخدام النظم المتخصصة والمتخصصين في عمليات التحليل المكاني geo-processing systems مثل نظم المعلومات الجغرافية (كنظم

خبيرة ومعلوماتية ومعرفية) لدعم صنع القرار. توافر هذه النظم التي تصمم لدعم التحليل المكاني إطارا مناسبا لدمج وتكامل نظم إدارة قواعد البيانات مع النماذج التحليلية وعرض وتحرير النتائج إضافة إلى الخبرة المعرفية لصانع القرار. وتدعم هذه النظم ببعدها المكاني الأنظمة الأخرى التي طورها البحث التشغيلي operational research في مجالات التجارة والصناعة والاقتصاد واستخدام الأرض (مثال أسلوب البرمجة الخطية) (Densham, 1993: 404, Chuvieco, 1993).

نظم المعلومات الجغرافية:

في العقود الأربعة السابقة تطورت الأدوات والتقنيات التحليلية المكانية لتبلغ ذروتها (تقنيا وتطبيقيا) في نظم المعلومات الجغرافية. وتنبع قوة نظم المعلومات الجغرافية بشكل عام (مقارنة بالنظم المعلوماتية الأخرى) من مقدرتها على التحليل وتوفير مخزون (متفاعل) من المعلومات المكانية والتوصيفية تعتمد عليها عملية صنع القرارات المنطقية. وفي العقد المنصرم على وجه التحديد ازدادت أهمية نظم المعلومات الجغرافية ودورها في التحليل المكاني ودعم القرار (خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا). وتمثل ذلك في إفادة صانع القرار بالمعلومة وبالأدوات التحليلية خاصة في مجال التخطيط وتوظيف الموارد resource allocation. ولا يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية بصورة أمثل ما لم تتوافر للمستخدم معرفة واسعة وعميقة بالعلاقات المكانية والعلوم والتقنيات التي ترتبط بالتحليل المكاني مثال الكارتوجرافيا والتحليل الجغرافي وإدارة قواعد البيانات والتدريب على التعامل مع السطح البيني للمستخدم user interface لنظم المعلومات الجغرافية وبنائها البرامجي.

نظم المعلومات الجغرافية هي نظم إلكترونية ـ رقمية مختصة بإدخال وتخزين ومعالجة واسترجاع وتحليل ونمذجة البيانات ذات الطبيعة الجغرافية (Maguire et. al 1993) ويعرف النظام الجغرافي للمعلومات أيضا بأنه نظام ذو بنية إلكترونية تعتمد

على الحاسب الآلي لتمثيل ونمذجة الظواهر الجغرافية المختلفة بأبعادها الثلاثة (x,y,z) وتتكون نظم المعلومات الجغرافية من عدة نظم خبيرة تقوم بإدخال المعلومات وإدارة قواعدها إضافة إلى تحليل وعرض البيانات (المرئيات والخرائط وغيرها) (شكل ١).

تتداخل نظم المعلومات الجغرافية منهجيا مع علوم أخرى كالجغرافيا والكارتوجرافيا، والاستشعار عن بعد، والمساحة، والمساحة التصويرية، وعلوم الحاسب الآلي، والرياضيات والإحصاء. وتتميز نظم المعلومات الجغرافية عن النظم المعلوماتية الأخرى كالاستشعار عن بعد بخاصية التحليل المكاني الذي يتفاوت من حيث درجات التعقيد. ومن العمليات والوظائف التحليلية لهذه النظم نذكر المطابقة overlaying والنمذجة الكارتوجرافية cartographic multi- layer modelling والتي تستند على النماذج الرياضية (كالنماذج الجبرية) في معالجة المعلومات الخرائطية الشبكية. كما تقوم نظم المعلومات الجغرافية باستخدام نماذج الارتفاع الرقمية ثلاثية الأبعاد لتحليل ظواهر السطح والتصريف DEM analysis إلخ. (Burrough, 1986).

يوجد حسب البيانات والنماذج المستخدمة وأهداف التطبيق العديد من البرامج في مجال نظم المعلومات الجغرافية مثال إدريسي Idrisi وإيزي بيس Easi Pace. ويعتمد نجاح استخدام نظم المعلومات الجغرافية على توافر المعلومات المناسبة والحاسبات الآلية والبرمجيات المقتدرة والمتخصصين، إضافة إلى وضوح الأهداف ومناهج التحليل الجيدة. والمعلومات الجغرافية عبارة عن بيانات ذات خواص مكانية spatial وخواص وصفية/ استدلالية attributes. وأن المعلومة الجغرافية مثل توزيع النبات وخصائص المناخ والسكان لها توصيف ذاتي (الحجم، الكثافة، الاتجاه وغيرها) وأبعاد مجالية وذلك في الإطار الإحداثي الجغرافي. وتكون المعلومات الجغرافية عادة على هيئة نقاط (مثال المدن والمحطات الأرصادية) وخطوط (مثال الطرق والقنوات المائية) ومساحات (مثال الأحياء السكنية والبحيرات). ولا تخلو

المعلومات الجغرافية من الطبيعة العشوائية التي تلازم حدوث ومتغيرية الظواهر (مثال الظواهر المناخية) التي تعبر عنها هذه المعلومات والارتباط الذاتي المكاني spa-tial auto-correlation. كل هذه الصفات تجعل الاعتماد على النظم المعلوماتية المكانية في جمع ومعالجة وتحليل وتمثيل المعلومات الجغرافية أمرا في غاية الأهمية.

في إطار نظم المعلومات الجغرافية يمكن تعريف نموذجين للمعلومات وهما النموذج الخطي (الفيكتري vector model) والنموذج الشبكي (الراستري raster model). النموذج الأول يشمل الأشكال الجغرافية السابق ذكرها والتي تتمته بقيم نقطوية وخطية ومساحية غير مستمرة. أما النموذج الثاني فيشمل الصور (مثال الصور الجوية) والمرئيات (مثال المرئيات الفضائية) والخرائط (مثال الخرائط التيماتية الكروبليتية). وتبني هذه المعلومات على هيئة مساحات شبكية أساسها الوحدات أو الخلايا المربعة اللونية/ الرقمية وتكون لها صفة الاستمرارية والاستقلالية لكل وحدة.

إن تطور نظم وتقنية المعلومات الجغرافية أضفى الكثير في مجال بناء قواعد بيانات جيدة قابلة للتحديث. ويمكن ربط قواعد المعلومات الجغرافية بخرائط أساس. ويمكن بناء عدة طبقات من المعلومات الجغرافية المستمرة (خرائط ومرئيات رقمية) التي يمكن استخدامها في إجراء التحليل والنمذجة والاستفهام والتطبيق. كما يمكن استخدام التحليل والنمذجة الكمية الاحتمالية stochastic modeling والنمذجة الحتمية/ التحديدية seterministic/physical modeling -برغم بعض الصعوبات. وتتمثل الصعوبات التي تواجه هذه الطرق عادة في ندرة البيانات وتباين خصائص العوامل والمؤشرات التي تمثلها تلك البيانات (Scoging, 1976).

وتشكل نظم المعلومات الجغرافية إطارا علميا وتقنيا جيدا لدراسة عناصر البيئة الطبيعية والبشرية. كما يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية في نمذجة هذه الظواهر واستخدام النماذج في فهم وإدارة هذه الظواهر لصالح الإنسان. وتأتي

أهمية نظم المعلومات الجغرافية في الخاصية المكانية وأهمية المكان والتفاعلات المكانية في القرار الذي يرتبط بموضوعات هامة مثال توظيف الموارد وإدارة البيئة وغيرها من مجالات. كما أن البيئة الحاسوبية وإمكانية معالجة البيانات المكانية وتحليلها بصورة مناسبة والمنهجية الشاملة والمتداخلة interdisciplinarity لهذه النظم تعتبر رصيدا إيجابيا لهذه النظم.

ولنظم المعلومات الجغرافية مشكلات عدة يتمثل بعضها في عدم منهجية الاستخدام واستغلال المؤثرات اللونية وطرق العرض (von Rimscha, 1996). ورغم التسهيلات التي رافقت استخدام البرامج بصورة عامة ونظم المعلومات الجغرافية بصفة خاصة إلا أنها لا تزال معقدة للكثيرين من غير المتخصصين أو المدربين في أسس التحليل المكاني والبيانات المكانية. وفيما يتعلق بصعوبة الاستخدام، توصلت الباحثتان Traynor and Williams (1995) من معهد ماساشيوستس للتقنية، بعد دراسة كيفية استخدام مجموعة من طلاب الدراسات العليا في مجال الحاسب لنظم المعلومات الجغرافية، إلى أن الكثير منهم قد وجد صعوبة بالغة في عرض خريطة واحدة عبر برنامج لنظم المعلومات الجغرافية. والسبب على حد تعبيرهما هو أن هؤلاء المتدربين في مجال الحاسب الآلي (والذين يهتمون بالجانب التقني والمعلوماتي) تنقصهم الكثير من الاصطلاحات والمعارف الكارتوجرافية ومكونات الخريطة والعلاقة بين هذه المكونات. وإذا نظرنا إلى موضوع التحليل المكاني والتفاعلات المكانية وتعقيداتها فإننا قد نلمس أهمية نظم المعلومات الجغرافية والمتخصصين في التحليل المكاني لدعم القرار وتفعيل البعد المكاني وتأثيراته على صنع القرار.

بالرغم من أن نظم المعلومات الجغرافية تمثل مجالا واعدا لمعالجة الكثير من المشكلات إلا أنها لا يمكن أن تقدم كل شيء. ولتلافي هذه المشكلات لابد من استخدام الطرق والنماذج العلمية والبيانات المناسبة إضافة إلى تطوير استخدام

النظم الخبيرة والمعرفية كنظام دعم القرار المكاني Spatial Decision Support System (SDSS).

النظم الخبيرة والمعرفية:

النظم الخبيرة Expert System (ES) هي نظم أو برامج حاسبية تقوم بمعالجة ووضع الحلول (أو تقدم النصح) المناسب لمشكلات الواقع المعقدة باستخدام نفس الأساليب (النماذج) العقلانية التي يستخدمها الخبراء البشريون (Robinson and Frank, 1987). وهناك العديد من الكتابات عن النظم الخبيرة في مجال معالجة البيانات المكانية (Ripple, and Ulshoefer, 1987, Skidmore, 1989) ونظم المعلومات الجغرافية (Robinson and Frank, 1987) والنظم المعرفية Knowledge-Based System ونظم إدارة قواعد البيانات الكمية (Smith, Srinivasan, and Richards, 1993 et al, 1993).

تعتمد النظم الخبيرة على التطور في مجالات الذكاء الاصطناعي، وتستخدم هذه النظم في عدة مجالات مثال أبحاث عدم التأكد uncertainty وصناعة القرار وتطوير المقررات التعليمية. تختلف النظم الخبيرة من حيث البنية التي تتميز بمركبتين أساسيتين وهما:

١- قاعدة معرفية تحتوي على بيانات data وأحكام (أو علاقات) rules تربط المشكلة وبياناتها بالحلول وفرضياتها.

٢- خوارزمية algorithm أو ماكينة استنتاج inference engine تتحكم في أداء البرنامج (أو عملية الاستنتاج) من حيث البيانات والأحكام. هذا بالإضافة إلى البيانات الخاصة بالمشكلة المعنية (Ripple and Ulshoefer, 1987) (شكل ٢).

تم استخدام النظم الخبيرة لتقوم بعدة مهام في التحليل المكاني ومعالجة البيانات المكانية في مجالات متعددة. فعلى سبيل المثال استخدم Skidmore (1989) النظم

الخبيرة في دمج بيانات من مصادر متباينة وبيانات الاستشعار عن بعد لرسم خرائط للغابات في أستراليا. ويقلد النظام (أو الخبير الآلي) المستخدم الخبير الإيكولوجي البشري وذلك فيما يتعلق بتصنيف الغابات في منطقة الدراسة. ويعتمد كل ذلك على الأحكام (المتعلقة بالانحدار والوجهات والبيانات الأخرى) المضمنة في عملية صنع القرار للخبير الآلي بالإضافة إلى المعلومات المكانية الضرورية (Skidmore, 1989: 1451). والفرق الرئيسي بين استخدام مثل هذه النظم الخبيرة وخوارزميات تصنيف classification algorithms بيانات الاستشعار عن بعد هو أن الأولى تقلد الخبير البشري من حيث المعرفة والمنطق بينما الثانية تعتمد لحد كبير على المعلومات الطيفية للمرئيات الفضائية. وذكر (Antenucci et al 1991: 269) بأن الأسس المنطقية للنظم الخبيرة تم تطبيقها في إدارة قواعد البيانات الجغرافية مثال استخدام مطابقة المساحات في التحليل لتقييم جدوى التنمية وتحديد المجموعات المناسبة وذلك عبر تشغيل البرامج المنطقية مع نظم المعلومات الجغرافية للحصول على النتائج المطلوبة.

تعمل النظم الخبيرة بناء على Ripple and Ulshoefer (1987) عبر تفاعل السطح البيني الذكي مع المستخدم بلغة طبيعية تطرح المشكلة المراد معالجتها. كما يقوم السطح البيني بمساعدة المستخدم غير الخبير في استخدام البرنامج التطبيقي إضافة إلى القيام ببرمجة الأوامر المدخلة إلى الحاسب وتحديد المهام أو الخوارزميات التي يجب تنفيذها والهدف من هذا التنفيذ. وتقوم ماكينة الاستنتاج بتفكيك الهدف الرئيسي إلى أهداف صغيرة والتحكم في خطوات التنفيذ العقلاني reasoning أو التعليل المحوسب. أما ذاكرة التشغيل فتحتوي على البيانات والفرضيات الخاصة بالمشكلة. ويقوم المعلل أو المعقلن بالتبرير والتسبيب بناء على طلب المستخدم والأحكام التي يتبعها وذلك بتقديم التقرير بلغة المستخدم. أما القاعدة المعرفية فتحتوي على الحقائق والأحكام أو القواعد الخاصة بالنظام الخبير أو البرنامج مثال التصنيف والمطابقة في نظم المعلومات الجغرافية. وتستفيد القاعدة المعرفية من مهام وخوارزميات أخرى تتعلق بحزمة الإيضاحيات/ البيانات graphics وقواعد البيانات المكانية والإحصائية.

لاستيعاب الجمل المنطقية loical statements للنظم الخبيرة (مثال إذا كان الشرط ١ (والظرف ٢ و...) إذًا الخلاصة) لابد أن يحتوي التمثيل على بعض المباني con-structs. وقد حدد Srinivasan, and Richards في محاولتهما لاستخدام النظم المعرفية لتفسير المرئيات الفضائية في نظم المعلومات الجغرافية ثلاثة مبان هي التعليلات أو القواعد justifiers والمضادات defeaters والموافقات endorsements. تتعلق الأولى بأسباب القبول والرفض believe and disbelieve والثانية عبارة عن قواعد مضادة تحول دون تبرير أو قبول النتائج (ربما غير المنطقية). أما الثالثة فهي عبارة عن بطاقات labels تتعلق بكل فرضية أو مقترح يقوم بتلخيص العلة وراء المقترح وتحديد درجة صحته (مثال: صحيح، قد يكون صحيحا، الصحة والخطأ متساويان، متناقض، غير معروف).

وتمثل المعرفة التقريرية declarative بعدة طرق أشهرها: (١) استخدام صيغ المنطق ذي الرتبة الأولى first- order predicate logic التي تعتبر أساسا للغات البرمجة المنطقية. وتستخدم هذه الطريقة في تمثيل الحقائق facts والأحكام/ القواعد (الجمل غير الإجرائية للحقائق) rules. (٢) استخدام شبكات الرموز أو الإشارات semantic networks في تمثيل الأشياء كنقاط بيانية Nodes وتمثيل العلاقات بينها كخطوط مسماة أو مفهرسة labeled arce وتعتبر الفهرسة والترابط إحدى الخصائص المفيدة لشبكات الرموز. (٣) استخدام الأطر frames كهياكل بيانات لحفظ كل المعرفة المتعلقة بشيء أو حدث ما في إطار وحدها. ويعتمد اختيار استخدام أي من هذه الطرق على الصفات الأدائية لأجهزة الحاسب وليس على قدرة المنطق لدى هذه الطرق Robinson and Frank, (1987).

نظم المعلومات الجغرافية والنظم الخبيرة:

هل تحتاج نظم المعلومات الجغرافية إلى النظم الخبيرة؟ للإجابة على هذا السؤال لابد من الإشارة إلى أن واحدة من التعريفات المتداولة تعرف نظم المعلومات الجغرافية بأنها أداة لحل المشكلات المتعلقة بالتخطيط والتحليل الذي يعتمد على البيانات ذات الصفة المكانية أو الجغرافية. لكننا على أية حال، نجد أن نظم المعلومات الجغرافية كالإحصاء تقدم المعلومات المناسبة (خرائط وإيضاحيات) للذين يقومون فعليا (الخبراء) بحل المشكلات المعنية وبالتالي فإنها لا تستطيع القيام بتقديم الحلول المناسبة دونهما. ونجد أن نظم المعلومات الجغرافية تقدم للعارفين بغيرها على أنها قادرة على الإلمام بكل حقائق الواقع المعقدة. والحقيقة أنها قد توهم صناع القرار والمخططين والعامة أنهم يستطيعون الوصول إلى أحكام متباينة عندما يعتمدون على تمثيل متعدد لنفس البيانات (von Rimscha, 1996).

بالرغم من أن معظم نظم المعلومات الجغرافية تقوم بوظائف متعددة إلا أنها قد تفتقر إلى أدوات جيدة للنمذجة المكانية spatial modelling. ونجد أن مجالات تطبيقية كثيرة مثال الهيدرولوجيا والتربة والغابات وتخطيط استخدام الأرض تحتاج إلى الإحصاء المكاني spatial statistics أو إلى لغات النمذجة المختلفة، وهذا ما تفتقر إليه الكثير من الإصدارات التجارية لنظم المعلومات الجغرافية (Chuvieco 1993).

وبعض مشكلات نظم المعلومات الجغرافية تتمثل في أنها لا يمكن استخدامها (برغم تطوير البرامج سهلة الاستخدام user friendly) إلا بواسطة الخبراء أو المتدربين الذين يتعاملون مع العلاقات المكانية المعقدة (Ripple and Ulshoefer, 1987). ولا يمكن إنكار التقدم الذي شهدته نظم المعلومات الجغرافية في السنوات العشر الماضية خاصة مع التطور المطرد في مجال معالجة البيانات واستخدام النماذج المكانية إضافة إلى تحسن البيئة الجهازية hardware والبرمجية software. وتبقى النمذجة خاصة الآلية «الذكية» مجالا هاما بالنسبة إلى نظم المعلومات الجغرافية في

المستقبل. ولكي تكون النماذج ذكية لابد من أن تكون متسقة ومتكاملة مع الذكاء الاصطناعي (AI) ومرتبطة مع النظم الخبيرة Expert System والمعرفية Knowledge-Based System التي تدعم صنع القرار والتخطيط وغيرهما من المجالات. وتستفيد نظم المعلومات الجغرافية من النظم الخبيرة في تنفيذ مهام عديدة تتمثل فيما يلي:

١- بناء نماذج لمعالجة البيانات الجغرافية الضخمة والمعقدة.

٢- إدارة قواعد البيانات الجغرافية.

٣- تصميم الخرائط.

٤- استنباط ملامح السطح من نماذج الارتفاع الرقمية Digital Elevation Models.

٥- دعم القرار من خلال التحليل المكاني.

تملك نظم المعلومات الجغرافية بعض الأدوات والمهام التي تتسق أو تتوافق مع طبيعة وتكوين النظم الخبيرة مثال سطح الاستخدام البيني User Interface الذكي وتحليل وتصنيف المرئيات الفضائية وبحث قواعد البيانات وإنتاج الخرائط والأشكال البيانية (Ripple and Ulshoefer, 1987). ولتفعيل هذه الأدوات في المستقبل، تحتاج نظم المعلومات الجغرافية إلى المزيد من الدمج مع النظم الخبيرة والمعرفية وتطوير استخداماتها. واستجابة لهذه الحاجة سعت جهات عديدة إلى استخدام النظم الخبيرة والمعرفية في نظم المعلومات الجغرافية. ونجد أن برنامج إيزي بيس /PCI-Easi Pace علي سبيل المثال قد خطى خطوات كبيرة تمكن عبرها من تصميم نظم خبيرة قادرة على استخدام مختلف الشروط conditions/rules والموانع constraints في دعم صنع قرارات تتبنى المعلومة المكانية على وجه الخصوص. وكمثال، يمكن استخدام معرفتنا عن التربة والهيدرولوجيا واستخدامات الأرض ونظم المعلومات الجغرافية في تصميم نظام خبير آلي يمكنه توقيع أو موقعة المناطق التي يمكن إدراجها ضمن عمليات القطع والردم الأرضي cut and fill operations من أجل إنشاء الطرق أو السدود (PCI Inc., 1994).

كما قام المركز المختص بتطوير برنامج نظم المعلومات الجغرافية إدريسي Idrisi GIS بجامعة كلارك في الولايات المتحدة الأمريكية بعدة محاولات لتطوير استخدام النظم الخبيرة والمعرفية في نظم المعلومات الجغرافية. وتأتي هذه التجربة من خلال مشروع إدريسي the Idrisi Project في جامعة كلارك والذي يهدف إلى استخدام نظم المعلومات الجغرافية كامتداد لعملية صنع القرار البشري خاصة في مجال استخدام الموارد. ودلت التحريات الأولية إلى أن نظم المعلومات الجغرافية بشكلها التقليدي (قبل منتصف التسعينيات من القرن الماضي) تفتقر إلى الأدوات المناسبة التي يمكن أن تساعد أو تدعم صنع القرار. والسبب في ذلك ربما يعود إلى عدم دمج النظم الخبيرة في نظم المعلومات الجغرافية بصورة كافية ومتطورة. وبالرغم من التطور الملاحظ في علوم القرار decision sciences يمكن القول بأن هذا الدمج (في شكل أدوات برمجية) يبقى دون الطموح.

في هذا السياق قام مشروع إدريسي بالتعاون مع معهد الأمم المتحدة للتدريب والبحث UNITAR ببحث هذا الموضوع وتطوير حزمة من الأدوات البرامجية الخاصة بتوظيف الموارد (Eastman et al, 1993). وصدر عن هذا المشروع المشترك مطبوعات حول نظم المعلومات الجغرافية والنظم الخبيرة، إضافة إلى تطوير بعض البرمجيات المتعلقة بدعم القرار في برنامج إدريسي لنظم المعلومات الجغرافية (الإصدار ٠,٢ والإصدارات اللاحقة) (شكل ٣). وركزت هذه الإصدارات وأدبياتها ومراشدها أو دلائلها على استراتيجية صنع القرار والتي تشمل موضوعات وإجراءات لصنع القرار متعدد المعايير multi criteria والقرار متعدد الأهداف multi-objective، إضافة إلى الاهتمام بمشكلة عدم التأكد uncertainty. ويعتقد القائمون على هذا المشروع أن مشكلة عدم التأكد ليست نتاجا لقلة المعلومات بقدر ماهي نتاج خواص تتعلق بعملية صنع القرار ذاتها. وبالتالي فإن إدارة ومعالجة هذه المشكلة تقع

في صميم صنع القرار الفعال وتشكل أمرا مهما بالنسبة إلى النظم البرامجية التي تقوم بدعم القرار في نظم المعلومات الجغرافية (Eastman 1997c).

أساليب دعم القرار في نظم المعلومات الجغرافية

إن قدرة نظم المعلومات الجغرافية على دمج المعلومات من مصادر متعددة في إطار مكاني يجعلها الأنسب لدعم إجراءات صنع القرار الذي يجب أن يأخذ في الاعتبار عدة عوامل أو موانع Constraints (Jones, 1997:214). وهنالك عدة أساليب تساعد على استخدام المعلومات الجغرافية من أجل التعرف على المواقع والمسارات المناسبة والتفاعلات المكانية (في صورتها الأمثل) بين عدة عوامل. وتساعد هذه الأساليب صانع القرار على بناء نظم لدعم القرار Decision Support System من أجل تحديد المشكلات ووضع النماذج وتقييم النتائج التي تأتي بها النماذج المستخدمة. وتدخل هذه النماذج التي تستخدم في إطار نظم المعلومات الجغرافية بنظم دعم القرار المكاني Spatial Decision (Densham, 1993) Support Systems.

هنالك الكثير من الأساليب التي تستخدم في حل المشكلات التي ترتبط بالاختيار المشروط للأماكن وتحديد المسارات في برامج نظم المعلومات الجغرافية المتداولة أو في برامج أخرى مساعدة تدمج مع برامج نظم المعلومات الجغرافية. أما فيما يتعلق بالتقييم المشروط للمواقع هنالك الكثير من الأساليب التي يمكن استخدامها مثال المطابقة الخرائطية التي يمكن دمجها مع طرق التقييم متعدد الشروط Multiple- Criteria Evaluation (بأنواعه الثلاثة البسيط والموزون والمرتب). كما يمكن استخدام أساليب وطرق أكثر تعقيدا مثال البرمجة الخطية Linear pro-gramming وهي من الأساليب الشائعة في مجال البحث التشغيلي operation re-search وعلوم الإدارة في مجالات متعددة مثال الصناعة واستخدامات الأرض

(دمج Chuvieco (1993) البرمجة الخطية ونظم المعلومات الجغرافية لنمذجة استخدامات الأرض).

وتتطلب الكثير من عمليات صنع القرار خبرة وخبراء وذلك لطبيعة المشكلات المتعددة والمعقدة والمتغيرة التي تواجه صانع القرار. لمعالجة هذه المشكلات يمكن برمجة الخبرة (في شكل قواعد وأحكام) باستخدام النظم الخبيرة والنظم المعرفية التي يمكن تشغيلها على الحاسب الآلي وفي إطار إحدى برامج نظم المعلومات الجغرافية (شكل ٤). والخطوات المتقدمة هذه ربما تساعد على مراعاة مشكلة عدم التأكد (الشك) فيما يتعلق بمعرفة فعالية هذه الأساليب تجاه المشكلات المدروسة. وبالنسبة إلى البيانات يمكن تحقيق ذلك عن طريق استخدام الاحتمالية البيزينية Bayesian probability أو كتابة برامج تقليدية بإحدى لغات الحاسب مثال الفورتران (Shelly, FORTRAN 1989) لمعالجة بعض المشكلات الجزئية. وإذا تعقدت المشكلات وعناصرها في مواجهة القرار فيمكن استخدام نظم دعم القرار المكاني (SDSS) في مجال نمذجة التفاعلات المكانية (الأكثر تعقيدا) التي تستخدم لصنع القرار فيما يخص الموقع الأمثل واستخدام الخدمات. ويركز استخدام الخدمات على حركة نقل البضائع وحركة الناس من مكان إلى آخر، وذلك في إطار المسافة وزمن الانتقال ومستوى الطلب على الخدمة المعنية (Jones, 1997:227).

تطبيقات التحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية لدعم القرار:

يمكن استخدم نظم المعلومات الجغرافية كنظام لدعم القرار عبر استخدام العديد من طرق التحليل المكاني التي تساعد في تحسين عملية صنع القرار. من هذه الطرق نذكر طرق «التقييم متعدد ـ المعايير Multi- Criteria Evaluation» والتي تشمل الطريقة البولينية/ المنطقية البسيطة التي يتم فيها تحديد الموانع constraints بصورة منطقية صارمة، أي صفر ـ أحادية. ويعتبر أسلوب التقييم متعدد المعايير من

الأساليب واسعة الاستخدام في التحليل في نظم المعلومات الجغرافية وتعرف أيضا بتحليل الموانع خرائطيا constraint mapping ويعتمد هذا الأسلوب على فكرة المطابقة والتحليل البوليني والجبر الخرائطي Boolean operations and map Algebra أو المنطقي في نظم المعلومات الجغرافية (Eastman, et al 1993).

هنالك أيضا طريقة الدمج الخطي الموزون وفيها يتم مقايسة الموانع على مدرج مستمر يتدرج بين صفر (الأقل أفضلية) و٢٥٥ (الأكثر أفضلية) وهذا التدرج يتيح لأي مانع قدرا من التأثير على إطار أو موضوع القرار. أما طريقة المتوسطات الموزونة المرتبة فهي عبارة عن طريقة لتجميع المعايير الخاصة بالعوامل أو المتغيرات. وتشبه هذه الطريقة طريقة الدمج الخطي الموزون من حيث التدرج المستمر لقيم التأثير، وتكون الموانع في شكل أقنعة خرائطية map masks منطقية بينما تكون العوامل في شكل خرائط متدرجة مستمرة مرتبة حسب أهميتها (المرجع السابق).

يمكن استخدام الاستفهام المتعدد التوصيف في نظم المعلومات الجغرافية لدعم القرار في مجال الزراعة مثال تحديد جدوى تشييد سد بعد معرفة عدد الهكتارات من الأراضي التي ستزرع فيضيا بعد تشييده. وهذا يعني تحديد المناطق التي تستوفي شرطين هما وقوعها في منطقة الفيضان العادي وبها التربة المناسبة. ويتطلب ذلك توفير بيانات السطح والتربة وعلى تحديد الشروط المنطقية التي تحكم اشتقاق الخرائط التي توضح المناطق التي تفي بأكثر من شرط واحد كما هو الحال في خرائط مناطق الفيضان والتربة الخصبة. ويمكن استخدام الجبر البوليني أو الثنائي Boolean Algebra لتطبيق مثل هذه الدراسة التي تساعد في اتخاذ القرار المناسب (Eastman, 1997a: ADV-Ex 5). ويمكن أن يستفيد صانع القرار من النتائج لحساب الإنتاج والعائد الكلي وفقا لإنتاجية الهكتار الواحد. وهذا يعني معرفة جدوى إنشاء السد وضمان سداد قروض إنشائه من ريع الزراعة إلخ.

في جانب تطبيقي آخر، يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية في دعم صنع

القرار في مجال التطوير الحضري باستخدام أسلوب التقييم متعدد المعايير. وفي هذه الحالة يكون تحديد المناطق التي تناسب تطوير السكن شبه الريفي إطار القرار وتكون المناطق التي ستوظف لتطوير السكن مجموعات المناطق المناسبة التي تحقق الهدف من دعم القرار. ويتطلب تطبيق أسلوب التقييم متعدد المعايير في هذه الحالة تعريف المعايير criteria أو الشروط اللازمة لتحقيق الهدف. وبالتالي لابد من تقييم هذه المعايير في تدرج رقمي وتحديد علاقات هذه المعايير بتوظيف بعض المناطق للتطوير السكني يفي بمتطلبات المجموعات التي تؤثر في صنع القرار. لاتخاذ القرار في هذه الحالة لابد أن يراعي المسؤولون اللوائح الإدارية والقانونية وإرضاء المطورين وجماعات البيئة التي تطالب بالمحافظة على العديد من المناطق. وهذا التنوع أو التقعيد في استخدامات الأرض والمتطلبات القانونية والبيئية والاقتصادية يحتم استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد المناطق التي يمكن توظيفها لتطوير مناطق سكنية جديدة ووفقا لمعايير خاصة (Eastman, 1997b: ADV-Ex8).

وترتبط المعايير في هذه الحالة بأهم خصائص المدينة مثال البعد المناسب من المسطحات والمجاري المائية وعدم السماح بالتطوير في المناطق المطورة سلفا إضافة إلى ضرورة تحديد الأفضلية النسبية بالنسبة للمناطق التي تحتمل التطوير السكني، وهذه معايير إما إدارية أو قانونية أو بيئية. وهناك معايير أخرى تهم المطورين السكنيين قد تتمثل في نوع استخدام الأرض والمسافة من الطرق والمسافة من مركز المدينة والانحدار، وتتعلق هذه المعايير بالتكلفة وجذب المشترين. ويمكن تصنيف جميع المعايير السابق ذكرها إلى عوامل وموانع constraints.

لدمج كل المعايير السابق ذكرها لابد من مقايستها وتحويلها إلى خرائط منطقية صفر ـ أحادية (مناطق غير مناسبة ومناسبة). وتقوم المرحلة التالية على تحويل خرائط العوامل الستة إلى خرائط موانع منطقية لتكون لدينا ثمانية خرائط لجميع الموانع. وتحتوي جميعها قواعد القرار decision rules مثال يجب أن يكون الانحدار أقل من

١٥٪ والمسافة من مركز المدينة في حدود أربعمائة متر ويجب أن يحيط بالمسطحات والمجاري المائية حزام حماية بعرض خمسين مترا إلخ.

بعد التقديم النظري لموضوع دعم صنع القرار في نظم المعلومات الجغرافية، نستعرض فيما يلي النموذج التطبيقي الخاص بهذا البحث. يدمج هذا النموذج التحليل المنطقي والنمذجة المكانية لدعم القرار باستخدام أسلوب التقييم متعدد المعايير في نظم المعلومات الجغرافية لتحديد المناطق المحتملة لزراعة محاصيل الذرة الشامية والذرة والقمح في المملكة العربية السعودية. ولتطبيق أسلوب التقييم متعدد المعايير لتحديد المناطق المحتملة لزراعة محاصيل الذرة الشامية والذرة والقمح لابد من تحديد العوامل المعيارية التي تساهم في تحديد الأفضلية المكانية والموسمية لهذه المحاصيل.

استخدام التحليل المكاني لتحديد المناطق المحتملة لزراعة بعض المحاصيل في المملكة العربية السعودية .

يتعلق مجال دعم القرار في هذا النموذج التطبيقي بموضوع الزراعة في المملكة العربية السعودية. وتصنف المملكة من حيث المناخ والهايدرولوجيا والبيئة ضمن الأراضي الجافة وشبه الجافة. وبرغم ذلك فقد عرفت المملكة الزراعة في أنواع عديدة تتمثل في الزراعة على سفوح الجبال والزراعة على حواف الأودية والتي تنتشر في مناطق واسعة. وهناك الزراعة في الواحات والزراعة الواسعة وزراعة البيوت المحمية في المناطق الوسطى والشرقية وبعض المناطق الشمالية. وتعتمد الزراعة في المملكة على الري من المياه الجوفية والسطحية ومياه التحلية إضافة إلى الأمطار والسيول. ويعتبر القمح والشعير والذرة والأعلاف والتمور والبقوليات والخضر والفواكه من أهم المحاصيل الزراعية في المملكة. (سقا،و ١٩٩٨ ـ ٢٨٠) (وزارة التعليم العالي، ١٩٩٩، ١٢١ ـ ١٢٢).

١- تعريف المعايير:

تتمثل هذه المعايير في أن نجاح زراعة هذه المحاصيل يتطلب توافر ظروف مكانية وطبيعية يتم تجريبها في مواسم السنة الأربعة. هذه المعايير تتطلب أن يكون المكان داخل التصنيف الزراعي الخاص بالأراضي الصالحة للزراعة حسب وزارة الزراعة السعودية وأن تكون التربة من التربات الصالحة للزراعة. ولابد أيضا من أن تكون المناطق المناسبة واقعة في المناطق التي يكون فيها عجز الميزان المائي (بين المطر والتبخر) يقل أو يعادل الاحتياج المائي لهذه المحاصيل (حسب نموذج منظمة الأغذية والزراعة العالمية FAO). كما يجب أن تكون هذه المناطق واقعة في حدود خمسة كيلو مترات من مجاري الأودية وذلك للاستفادة من بعض أو كل المياه السطحية والجوفية التي توافرها وتخزنها هذه الأودية بالإضافة إلى مياه الأمطار لري هذه المحاصيل.

٢- البيانات الخرائطية المستخدمة:

تشمل البيانات المستخدمة مايلي:

١- خريطة (صفر ـ أحادية Boolean map) منطقية للمناطق الصالحة للزراعة في المملكة (مشتقة من خريطة الزراعة في أطلس المملكة العربية السعودية، وزارة التعليم العالي، ١٩٩٩).

٢- خريطة منطقية للتربات الصالحة للزراعة في المملكة (مشتقة من خريطة التربة في أطلس المملكة العربية السعودية، وزارة التعليم العالي، ١٩٩٩).

٤- خرائط الحرارة للفصول الأربعة في المملكة (من أطلس المملكة العربية السعودية، وزارة التعليم العالي، ١٩٩٩) كخرائط أولية لحساب التبخر لموسم النمو للمحاصيل المختارة في الفصول الأربعة حسب نموذج منظمة الفاو.

٥- خرائط المطر للفصول الأربعة في المملكة (من أطلس المملكة العربية السعودية،

وزارة التعليم العالي، ١٩٩٩) كخرائط أولية لحساب الميزان المائي البسيط (المطر ـ التبخر) لموسم النمو للمحاصيل المختارة في الفصول الأربعة.

هذه المعايير ترتبط بالعوامل التي تحدد المناطق المناسبة لزراعة المحاصيل المختارة داخل فضاء القرار وذلك من خلال مطابقة أو مقاطعة هذه الخرائط مع بعضها البعض وتشمل هذه العوامل عوامل رئيسية مثل الحرارة والأمطار والتبخر والتصريف وأخرى محسوبة مثل الاحتياج المائي للمحاصيل المختارة (شكل ٥). والمطلوب هنا تحديد المناطق المحتملة لزراعة المحاصيل المختارة ومساحاتها وتقدير العجز المائي لري هذه المساحات وفقا للنموذج التحليل الكارتوجرافي (الشكل ٦).

٣- تقدير الاحتياجات المائية المحصولية والموازنة المائية الموسمية:

في غياب البيانات المناخية أو ندرتها يمكن تقدير الاحتياج المائي لبعض المحاصيل مثل القطن والقمح والذرة بأنواعها والشعير والبقوليات إلخ. ويلاحظ أن الاحتياج المائي للمحاصيل يتأثر بالظروف المناخية السائدة. فنجده يرتفع في المناطق الحارة والجافة والمشمسة والعكس صحيح. ولتحديد الاحتياجات المائية هنالك عدة نماذج يمكن استخدامها في هذا الشأن. ووفقا لمنظمة الغذاء والزراعة العالمية (Critchley and Siegert, 1991) يمكن حساب الاحتياج المائي للمحاصيل حسب النموذج العام التالي:

(1) ETcrop=Kc* Eto

حيث:

ETcrop = الاحتياج المائي crop water requirement (ملم) للمحصول المعين في فترة زمنية معينة (ملم/ اليوم أو ملم/ الفصل).

Kc = العامل المحصول crop coefficient المرجعي للمحصول المعين في لفترة زمنية معينة (ملم/ اليوم أو ملم/ الفصل). ويمكن الحصول على معدلات التبخر بالقياس

أو التقدير. ونجد أن أعلى معدلات التبخر النباتي يوجد في الأقاليم المناخية الحارة والجافة والمشمسة التي تسود فيها الرياح الشديدة والعكس صحيح. وبناء على ما سبق يمكن تقدير هذه المعدلات وفقا للجدول (١).

جدول (١) تقدير معدلات التبخر في الأقاليم المناخية المختلفة في العالم

الإقليم المناخي	متوسط الحرارة اليومية (c^O)		
	١٥ أو أقل	١٥ ـ ٢٥	٢٥ فأكثر
صحراوي/ جاف	٤ ـ ٦	٧ ـ ٨	٩ ـ ١٠
شبه صحراوي/ شبه جاف	٤ ـ ٥	٦ ـ ٧	٨ ـ ٩
شبه رطب	٣ ـ ٤	٥ ـ ٦	٧ ـ ٨
رطب	١ ـ ٢	٣ ـ ٤	٥ ـ ٦

المصدر: Critchley and Siegert (1991)

أما العامل المحصولي kc فيختلف تبعا لمراحل النمو بالنسبة للمحصول المعين هذه المراحل هي: ١) مرحلة الاستنبات أو بداية الموسم حيث يقل فيها الاحتياج المائي و٢) مرحلة النمو وفيها يزداد الاحتياج المائي و٣) مرحلة منتصف الموسم حيث يصل الاحتياج المائي إلى ذروته وأخيرا ٤) نهاية الموسم أو مرحلة النضج وفيها يقل الاحتياج المائي.

والجدول (٢) يبين المعامل المحصولي لبعض المحاصيل خلال مراحل النمو الأربعة.

جدول (٢) المعامل المحصولي لبعض المحاصيل خلال مراحل النمو الأربعة*

المحصول	مرحلة الأولى (الاستنبات)	عدد الأيام	المرحلة الثانية (النمو)	عدد الأيام	المرحلة الثالثة (منتصف الموسم)	عدد الأيام	المرحلة الرابعة (النضج)	عدد الأيام	متوسط المعامل المحصولي للموسم kc
القطن	0.45	30	0.75	50	1.15	55	0.75	45	0.82
الذرة الشامية	0.40	20	0.80	35	1.15	40	0.70	30	0.82
الذرة الرفيعة	0.34	15	0.70	25	1.1	40	0.65	25	0.79
البقوليات	0.45	15	0.75	25	1.1	35	0.50	15	0.79
الفول	0.45	25	.0.75	35	1.05	45	0.70	25	0.79
الذرة	0.35	20	0.75	30	1.1	40	0.65	30	0.78
القمح	0.35	20	0.75	30	1.1	60	0.65	40	0.78

المصدر: FAO (ND).

وفيما يتعلق بالمحاصيل المختارة في هذه الدراسة (التظليل) نجد أن القمح يحتاج إلى فترة نمو طولها ١٥٠ يوما ومعامل محصولي يساوي ٠,٧٥. أما محصول الذرة يحتاج إلى فترة نمو طولها ١٢٠ يوما ومعامل محصولي يعادل معامل القمح. بينما نجد أن محصول الذرة الشامية يحتاج إلى فترة نمو طولها ١٢٥ يوما ومعامل محصولي أعلى يساوي ٠,٨٢. ويجب القول بأن طول فترة النمو يختلف كما هو واضح باختلاف المحاصيل وأنواعها varieties والظروف المناخية، الأمر الذي يؤدي ببعض المحاصيل للنضوج في فترة نمو أقل مما هو مبين في الجدول أعلاه (خاصة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة التي تمارس فيها عمليات الحصاد المائي water harvesting).

وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية ومعادلة الاحتياج المائي مضروبة في طول

فترة النمو للمحاصيل المختارة وخرائط التبخر اليومية للمملكة نحصل على خرائط شبكية لتوزيع الاحتياج المائي لهذه المحاصيل في المملكة. أما بالنسبة للميزان المائي البسيط للفصول الأربعة في المملكة لفترات النمو المحصولي فيمكن الحصول عليه عن طريق طرح خرائط التبخر من خرائط المطر في المملكة (شكل ٧). الجدول (٣) يقارن بين حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل المختارة والقيم التقريبية لهذه الاحتياجات لموسم النمو لعض المحاصيل حسب Critchley and Siegert (1991).

جدول (٣) يبين حصاب الاحتياجات المائية للمحاصيل المختارة

والقيم التقريبية لهذه الاحتياجات لموسم النمو لبعض المحاصيل

المحاصيل	القيم التقريبية لهذه الاحتياجات لموسم النمو لبعض المحاصيل حسب Critchley and Siegert (1991) (ملم).		الاحتياجات المائية للمحاصيل المختارة (التظليل) حسب هذه الدراسة (ملم)	
	الحد الأدنى	الحد الأعلى	الحد الأدنى	الحد الأعلى
القطن	700	1300		
القمح	-	-	819-585	1053
زهرة الشمس	600	1000		
الذرة الشامية	500	800	721-515	927
فول الصويا	450	700		
الذرة والذرة الرفيعة	450	650	585-470	846

المصدر: (Critchley and Siegert 1991)

٤- تحديد المناطق المحتملة لزراعة المحاصيل المختارة ومساحاتها:

يعتبر أسلوب التقييم متعدد المعايير من الأساليب واسعة الاستخدام في التحليل في نظم المعلومات الجغرافية وتعرف أيضا بتحليل الموانع خرائطيا constraint map-ping ويعتمد هذا الأسلوب على فكرة المطابقة والتحليل البوليني والجبر الخرائطي

Boolean operations and map Algebra أو المنطقي في نظم المعلومات الجغرافية. ولدمج كل المعايير السابق ذكرها لابد من مقايستها وتحويلها إلى خرائط منطقية صفر ـ أحادية (مناطق غير مناسبة ومناسبة). وتقوم المرحلة التالية على تحويل خرائط العوامل الخمسة إلى خرائط موانع (شكل ٨). وتحتوي جميعها قواعد القرار de-cision rules مثال يجب أن تكون المنطقة ضمن الأراضي الصالحة للزراعة وكذلك بالنسبة للتربة وأن تكون في حدود خمسة كيلو مترات على طول المجاري المائية أو الأودية. وبما أن المملكة واقعة ضمن الأراضي الجافة التي تتميز بعجز مائي واحتياج مائي محصولي كبير (إلا في بعض الجيوب وأوقات قصيرة في مدار العام) لابد من أن تكون المناطق المناسبة ضمن أقل احتياج مائي محصولي وعجز في الميزان المائي.

٥- نتائج التحليل ودعم القرار

بعد تشغيل برمجية MCE (الخيار البوليني) في حزمة دعم القرار في البرنامج نحصل على الخرائط النهائية التي تحتوي على كل المناطق التي تفي بمتطلبات وشروط القرار ويمكن مقارنة هذه المناطق مع خرائط الموانع الخمسة. وتكون المناطق المناسبة هي المناطق التي تتوافر فيها كل المعايير الخمسة أي تكون فيها جميع الموانع ذات قيم إيجابية أي أنها مناسبة لتطوير زراعة المحاصيل الثلاثة مع الحاجة الجزئية أو الكلية للري (شكل ٩) (شكل ١٠).

الشكل (١١) يوضح جملة المساحات (بالهكتار) التي تناسب شروط زراعة محاصيل الذرة الشامية والذرة والقمح في الفصول الأربعة في المملكة. أما فيما يتعلق بتغطية العجز في الاحتياجات المائية لهذه المحاصيل عن طريق الري فالشكل (١٢) يبين حجم المياه (بالأمتار المكعبة) المقدرة التي تحتاجها هذه المحاصيل حسب المساحات الموضحة في الشكل السابق. من الشكلين السابقين يمكن تقدير متوسط النقص في الحاجة المائية للمحاصيل للهكتار الواحد في كل الفصول (٩ أمتار مكعبة لهكتار الذرة الشامية و٨ للذرة و١١ مترا مكعبا للقمح).

أخيرا، وبرغم عمومية البيانات (من خرائط بمقاييس صغيرة)، تتضح أهمية موضوع البحث وجدواه. وفيما يتعلق بموضوع التطبيق في هذا البحث، يمكن لمتخذي القرار والمخططين في المجال الزراعي الاستفادة من المعلومات التي يوفرها التحليل المكاني وعمل برمجيات دعم القرار في نظم المعلومات الجغرافية للوصول إلى القرارات الصحيحة المرتبطة بوضع السياسات وتوظيف الموارد الزراعية في المملكة خاصة والوطن العربي بصفة عامة.

خاتمة:

في ختام هذا البحث لابد من القول بأن نظم المعلومات الجغرافية (وتطورها المحتمل إلى علم المعلومات الجغرافي) أصبحت تشكل مجالا تطبيقيا حيويا وبالغ الأهمية. ومع تزايد المشكلات الخاصة بإدارة وتوظيف الموارد الاقتصادية والطبيعية وصيانة البيئة خاصة في محيطنا العربي لابد من صنع واتخاذ قرارات ذكية وعلمية. وبما أن القرار له فضاء جغرافي فليس هناك حاجة إلى التذكير بأهمية العوامل والعلاقات المكانية والتحليل المكاني في دعم صنع القرار.

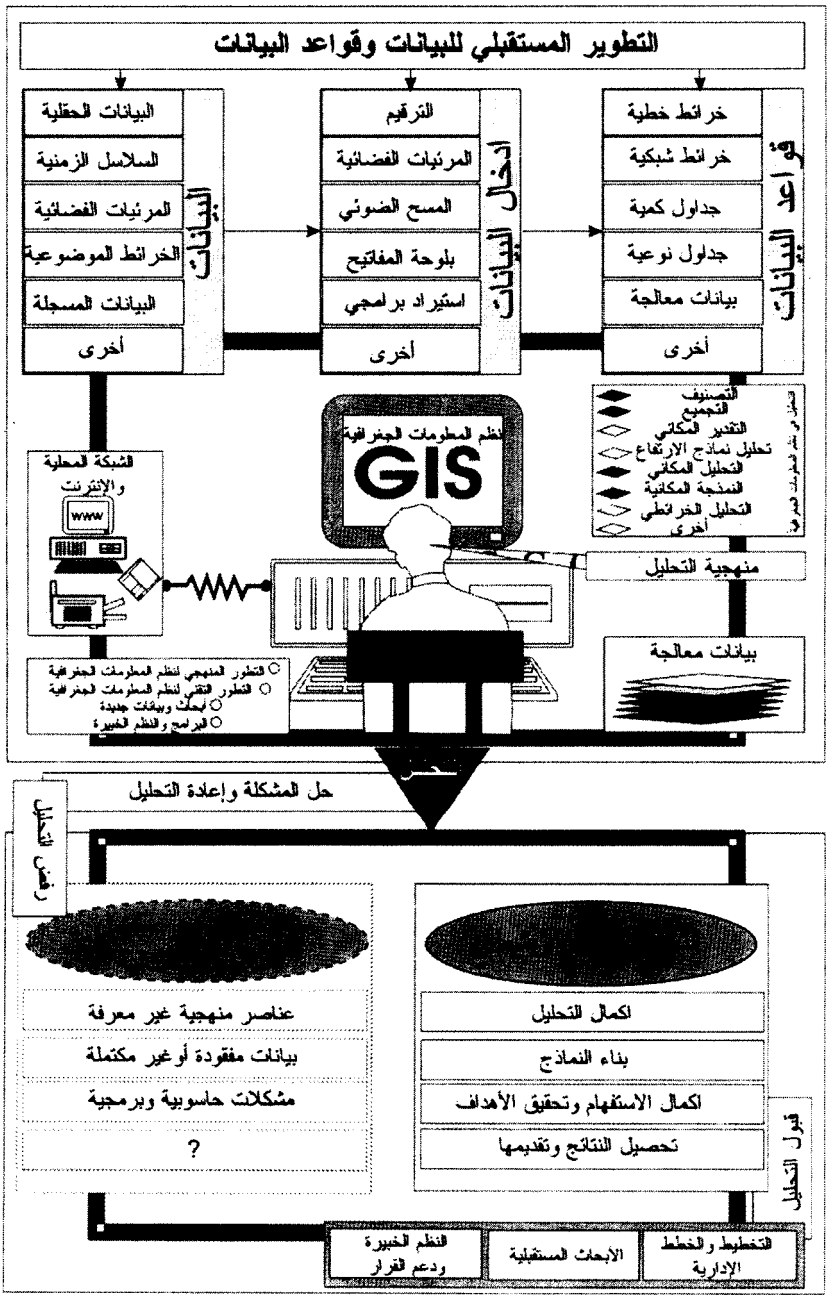
ويرتبط التحليل المكاني بالجغرافيا ومناهجها ونظرياتها وفضائها المكاني بثلاثة نظريات أساسية هي نظرية الموقع ونظرية التفاعل المكاني نظرية الشبكات كنظرية ثالثة. وتبشر الثورة التقنية والمعلوماتية بالدخول في مرحلة استخدام الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة والمعرفية في التحليل المكاني. وتوافر نظم المعلومات الجغرافية (كنظم خبيرة ومعلوماتية ومعرفية) إطارا مناسبا لدعم صنع القرار من خلال تكامل نظم إدارة قواعد البيانات مع النماذج التحليلية وعرض وتحرير النتائج إضافة إلى الخبرة المعرفية لصانع القرار.

في إطار نظم المعلومات الجغرافية يمكن تحديد مجالين للقرار هما قرارات وضع السياسات وقرارات توظيف الموارد. وفيما يتعلق بالنوع الأول يمكن استخدام نظم

المعلومات الجغرافية لتزويد صانع القرار بالمعلومات وهذا الدور المعلوماتي يؤثر على السلوك القراري للمهتمين بتوظيف الموارد. وبرغم بعض الصعوبات يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية في نمذجة العمليات والعلاقات المكانية (الطبيعية والبشرية) المرتبطة بالقرار. وفيما يتعلق بتوظيف الموارد فيمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية في التقييم ودعم القرار والخيارات المتاحة والسيناريوهات المستقبلية.

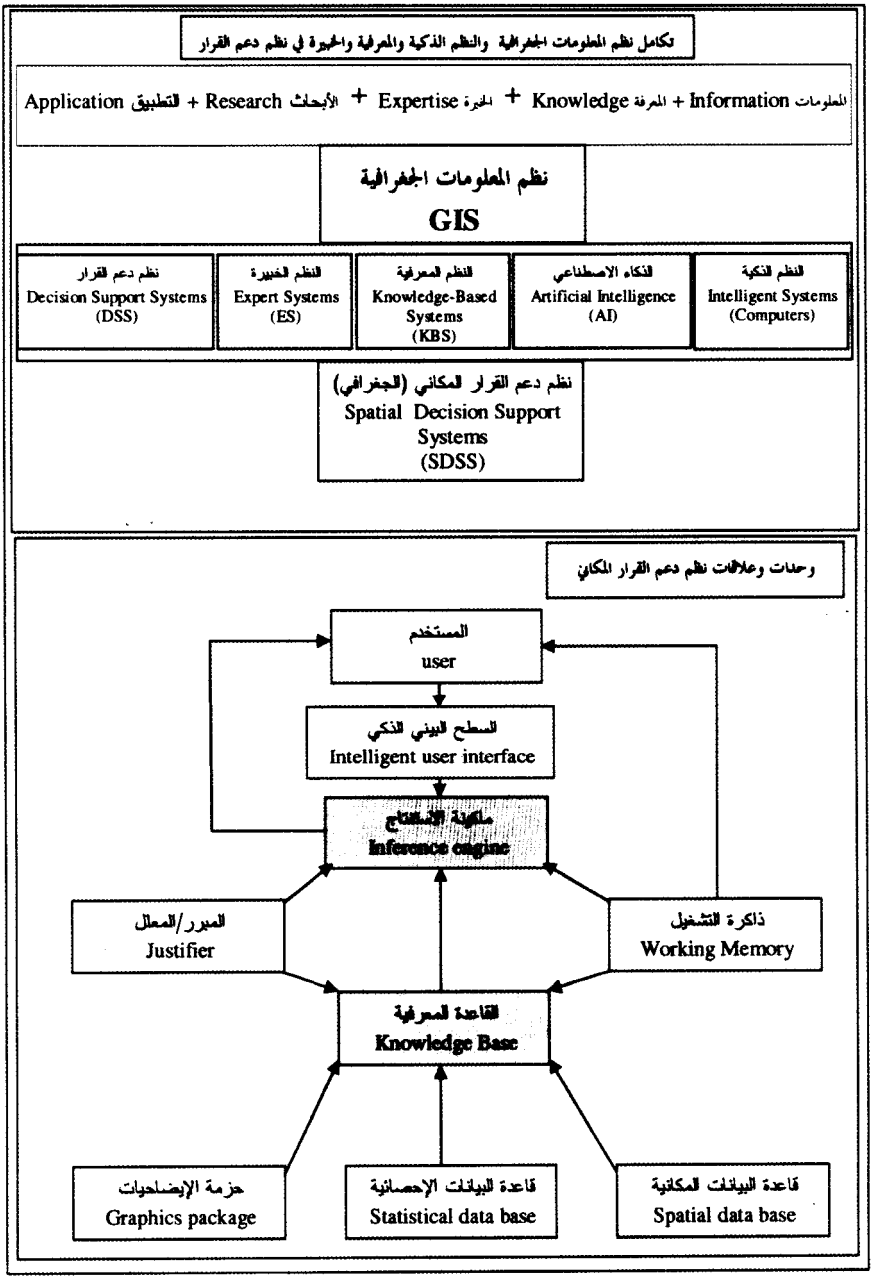
ولنجاح المعلومات الجغرافية في دعم القرار لابد من إعمال الفكر و«منهجة» كيفية حل المشكلات وتوفير الخبرات والإمكانيات اللازمة. وفي هذا الإطار يجب تجنب التصميم العلمي المفرط لخطوات الحل والنظر إلى تحليل البيانات بعقلية استكشافية، والتعرف على التأثيرات التي قد تحدثها مشكلات البيانات على النتائج، والتقيد بحدود التحليل الجغرافي وتجنب استخدام الأساليب التي تتجاهل أو تلغي تأثير المكان وعلاقاته في صنع القرار.

شكل (١) استخدام نظم المعلومات الجغرافية والتحليل المكاني في دعم القرار



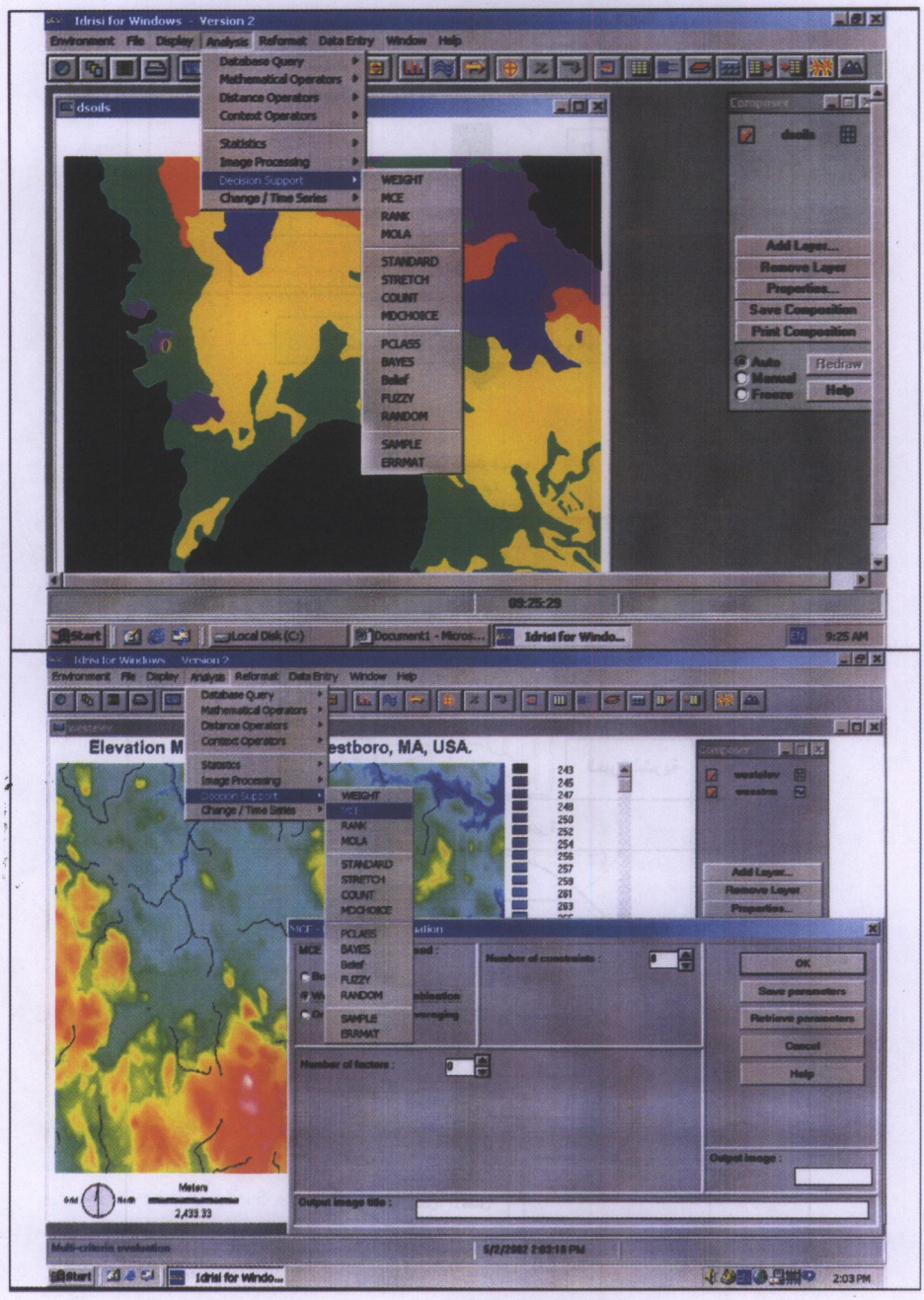
المصدر: Osman (1996)

شكل (٢) الإطار النظري العام لنظم المعلومات الجغرافية الخبيرة

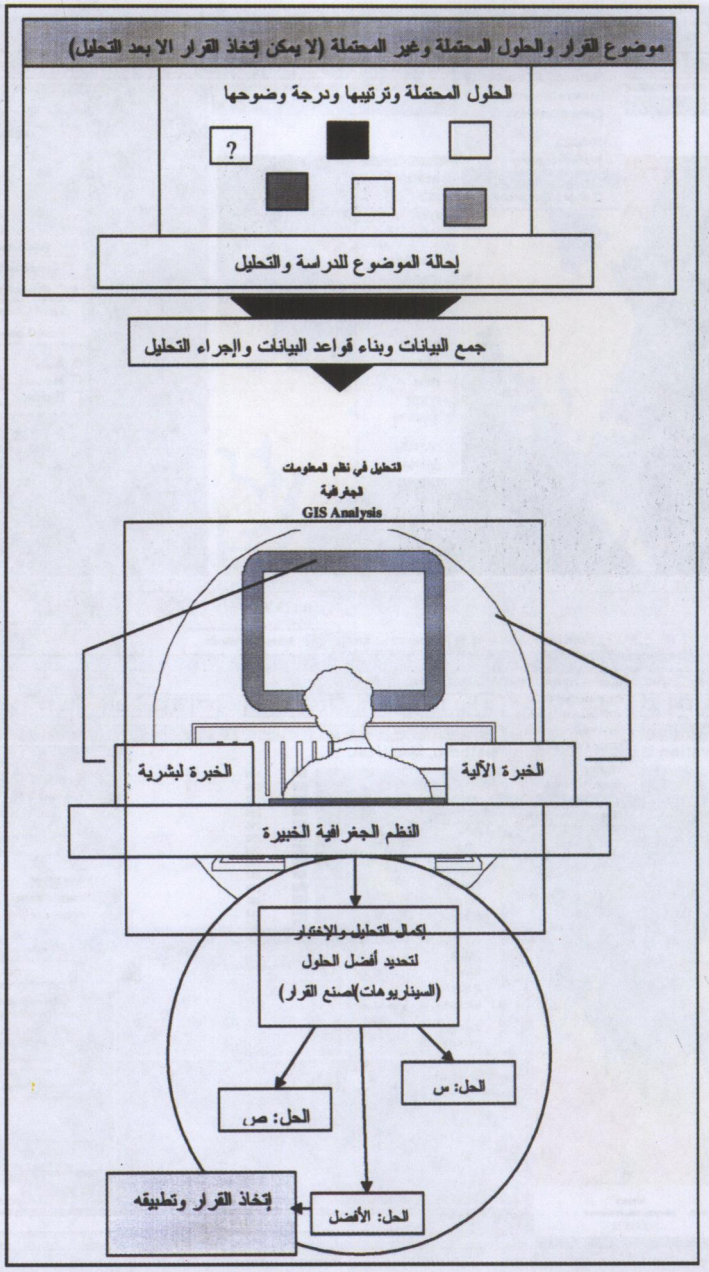


المصدر: Ripple and Ulshoefer, (1987) (بتصرف).

شكل (٣) أدوات التحليل الحاصة بدعم القرار في برنامج إدريسي لنظم المعلومات الجغرافية

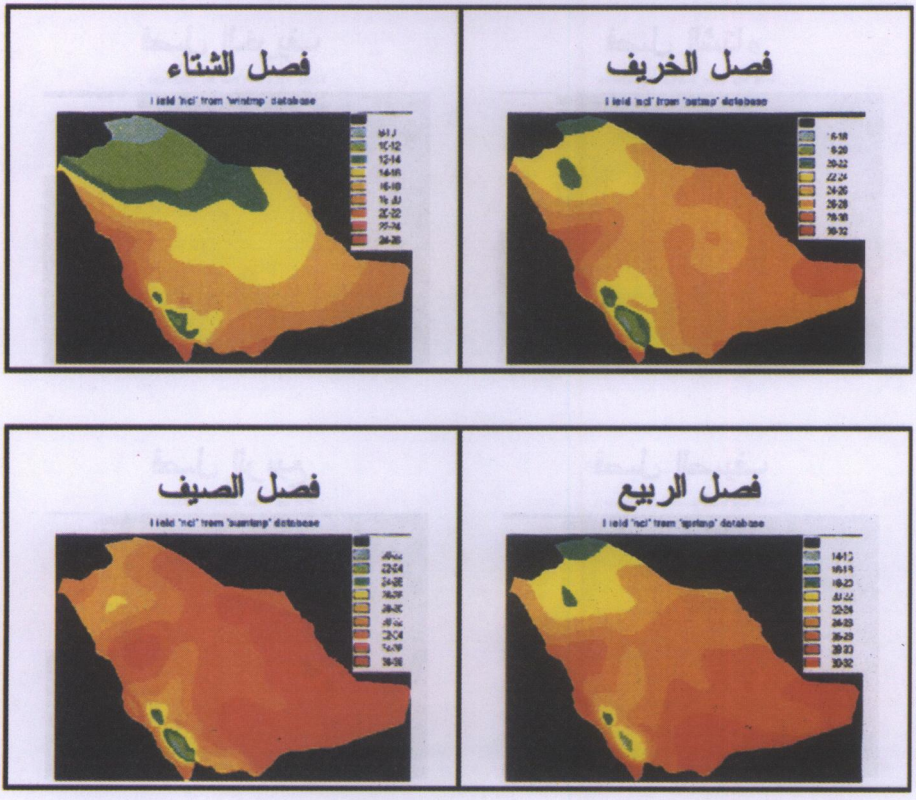


شكل (٤) خطوات دعم القرار في نظم المعلومات الجغرافية



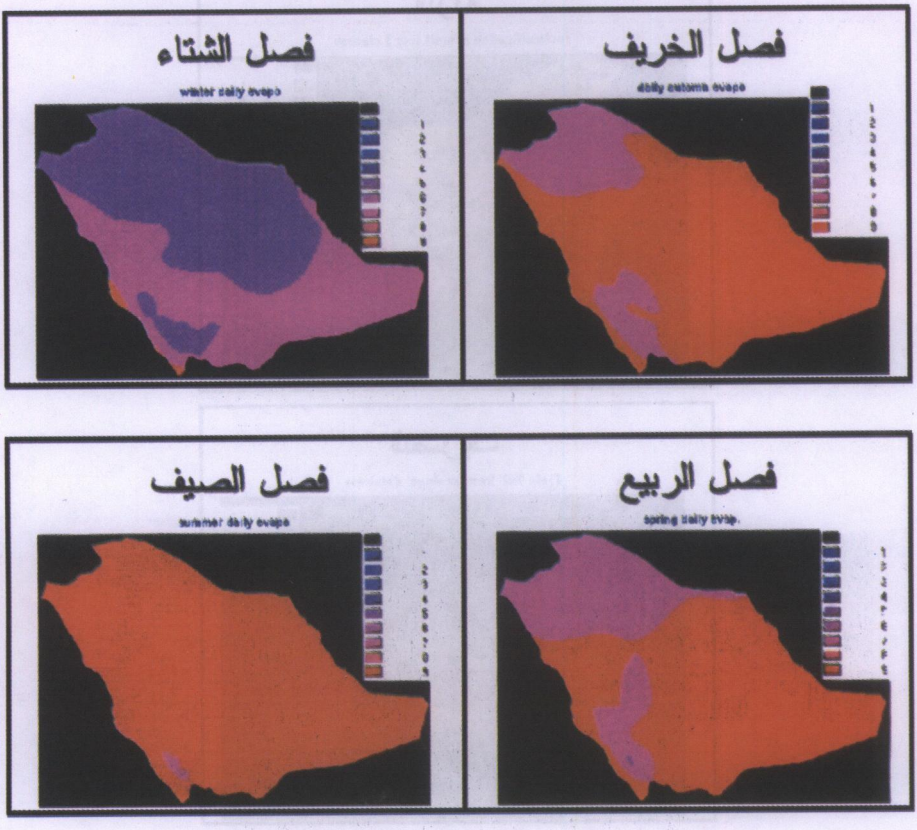
المصدر: Osman (1996)

شكل (٥-أ) بيانات متوسط الحرارة الفصلية في المملكة العربية السعودية

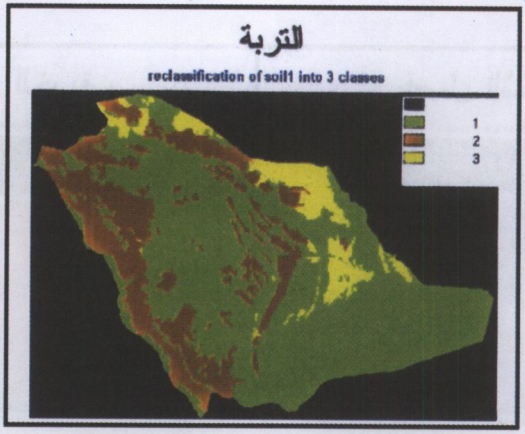


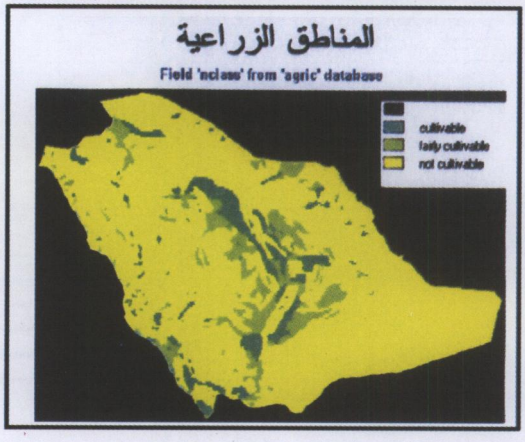
شكل (٥-ب) بيانات متوسط المطر الفصلي في المملكة العربية السعودية

شكل (٥-ج) بيانات متوسط التبخر اليومي للفصول الأربعة في المملكة العربية السعودية

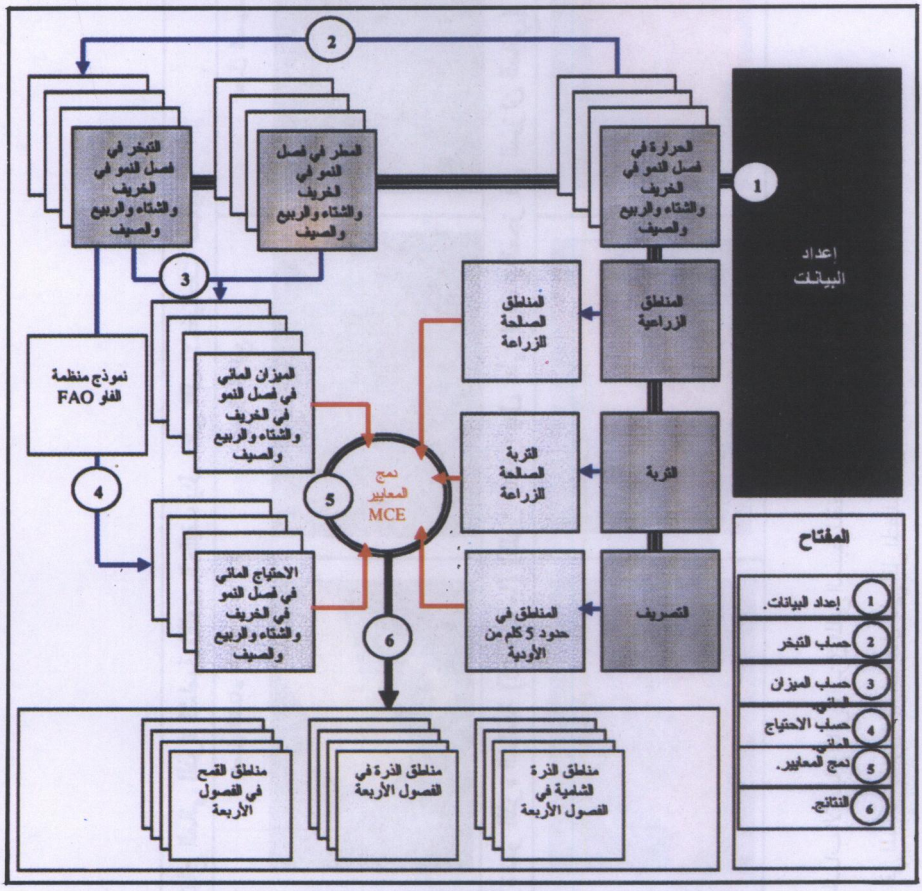


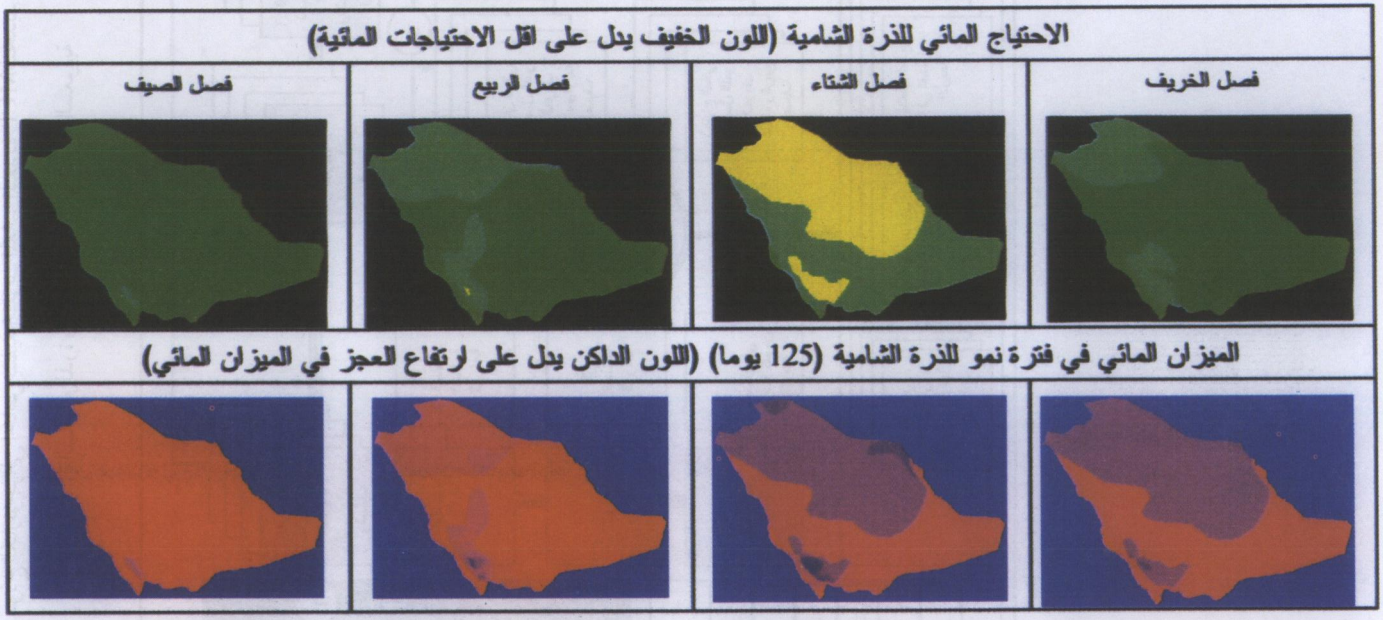
شكل (٥-د) بيانات التربة والتصريف والمناطق الزراعية في المملكة العربية السعودية





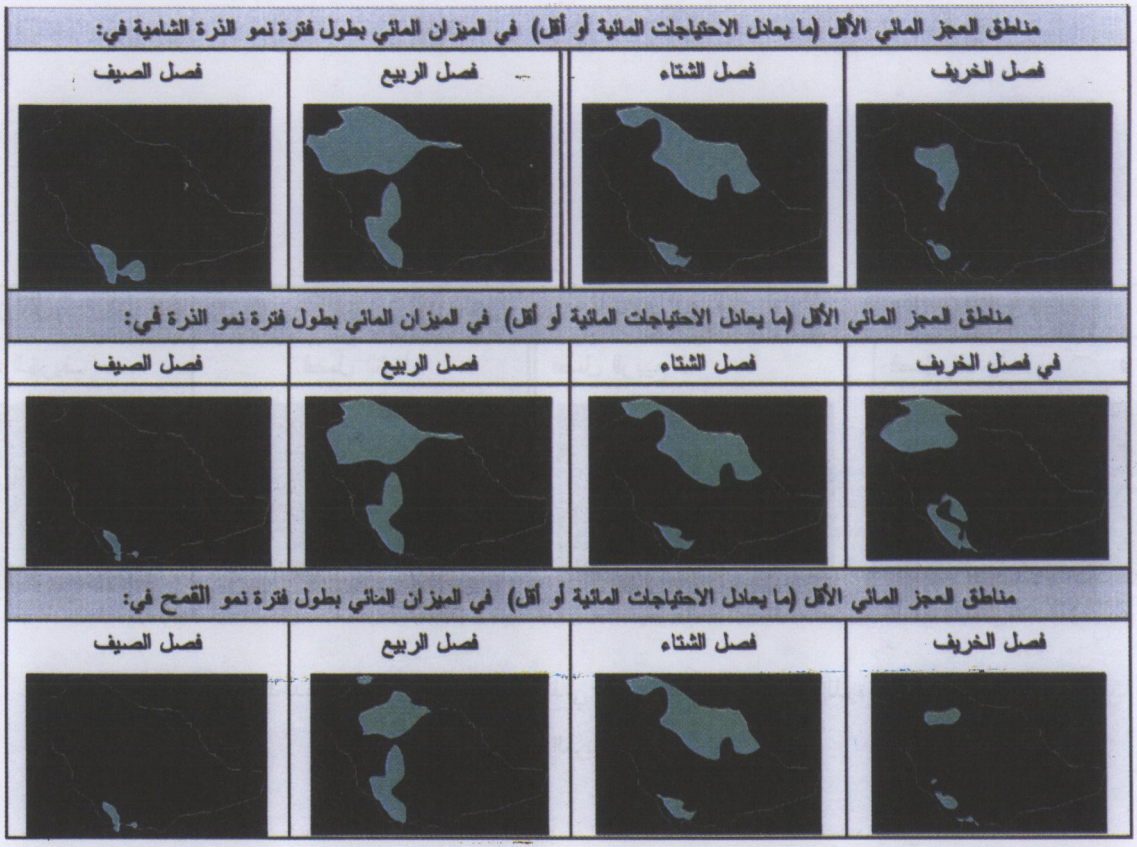
شكل (٦) النموذج الكارتوجرافي الخاص بتنفيذ أسلوب المعايير المتعددة MCE لتحديد مناطق المناسبة لزراعة الذرة الشامية والذرة والقمح في المملكة العربية السعودية





شكل (٧) نموذج لحساب الاحتياج المائي والميزان المائي البسيط للفصول الأربعة في طول فترة نمو الذرة الشامية في المملكة (اللون الخفيف يدل على أقل المتطلبات والعجوزات المائية)

شكل (٨-أ) الموانع والمحددات : مناطق متوسط العجز المائي الأقل لاحتياجات محاصيل الذرة الشامية والذرة والقمح في المملكة العربية السعودية



شكل (٨-ب) مناطق العجز المائي الأقل (ما يعادل الاحتياجات المائية أو أقل) في الميزان المائي بطول فترة نمو الذرة الشامية والذرة والقمح في المملكة العربية السعودية

شكل (٨-ج) الموانع والمحددات : عوامل التربة الصالحة للزراعة والمناطق الصالحة للزراعة والمناطق التي لا تبعد بأكثر من ٥٠٠٠ متر عن المجاري المائية في المملكة العربية السعودية

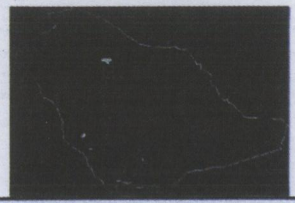
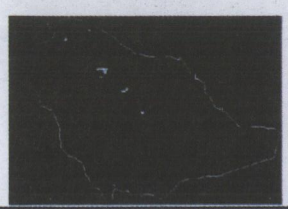
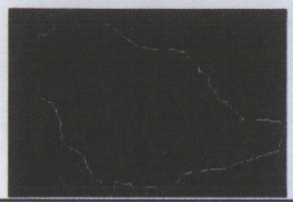
أفضل المناطق لزراعة الذرة الشامية وبعجز مائي يعادل الاحتياجات المائية للمحصول أو أقل وفي فترة نمو طولها 125 يوما أغلبه في:							
فصل الخريف		فصل الشتاء		فصل الربيع		فصل الصيف	
المساحة							
بالهكتارات	بالكلم2	بالهكتارات	بالكلم2	بالهكتارات	بالكلم2	بالهكتارات	بالكلم2
235506.69	2355.05	518643.95	5186	801781.21	8017	13230.71	132

شكل (٩-أ) دمج المعايير باستخدام أسلوب المعايير المتعددة لتحديد أفضل المناطق لزراعة الذرة الشامية في المملكة العربية السعودية

أفضل المناطق لزراعة الذرة وبعجز مائي يعادل الاحتياجات المائية للمحصول أو أقل وفي فترة نمو طولها 120 يوما أغلبه في:			
فصل الخريف	فصل الشتاء	فصل الربيع	فصل الصيف

المساحة							
بالهكتارات	بالكلم2	بالهكتارات	بالكلم2	بالهكتارات	بالكلم2	بالهكتارات	بالكلم2
616551.22	6165	518643.95	5186	775319.78	7753	13230.71	132

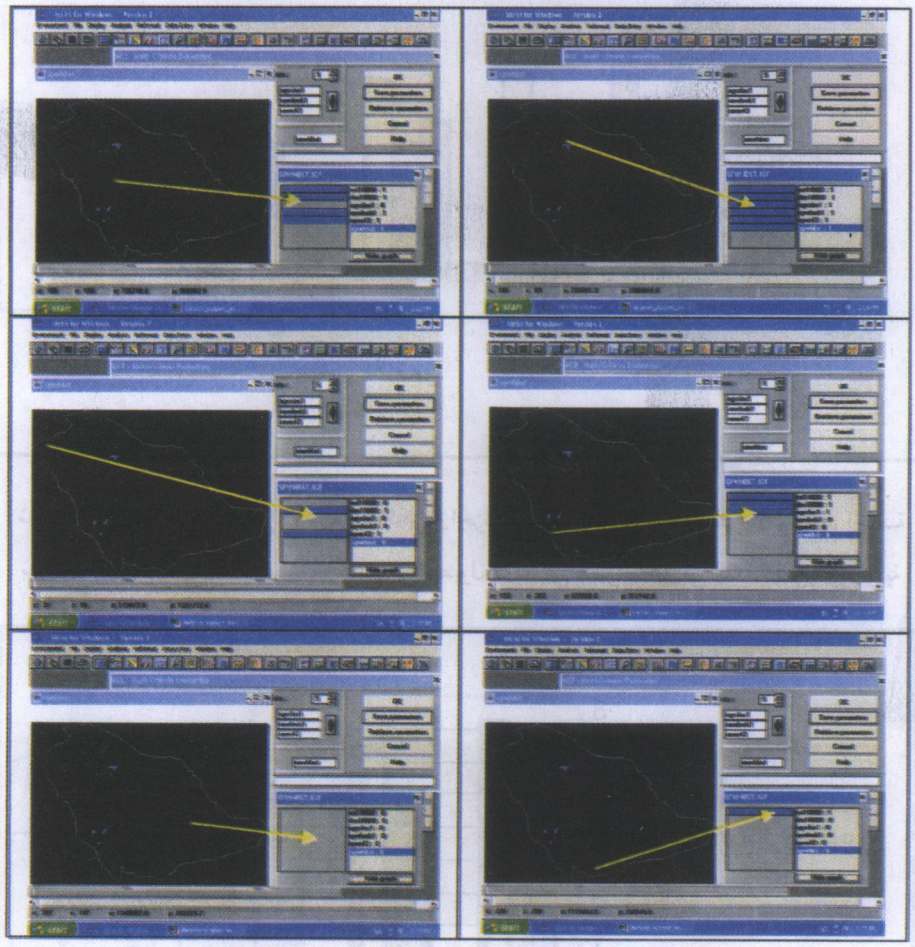
شكل (٩-ب) دمج المعايير باستخدام أسلوب المعايير المتعددة لتحديد أفضل المناطق لزراعة الذرة في المملكة العربية السعودية

أفضل المناطق لزراعة القمح وبعجز مائي يعادل الاحتياجات المائية للمحصول أو أقل وفي فترة نمو طولها 150 يوما أغلبه في:			
فصل الخريف	فصل الشتاء	فصل الربيع	فصل الصيف
			

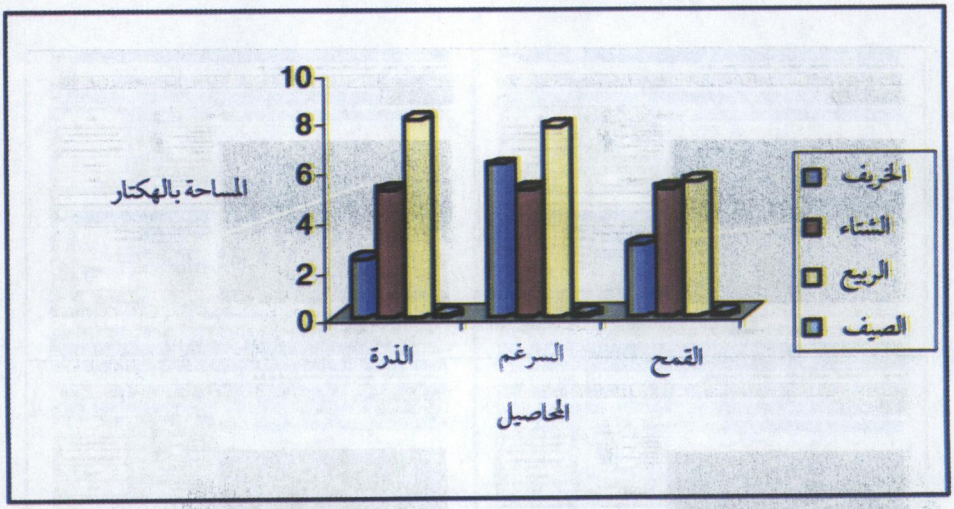
المساحة							
بالهكتارات	بالكلم2	بالهكتارات	بالكلم2	بالهكتارات	بالكلم2	بالهكتارات	بالكلم2
288429.54	2884	518643.95	5186	550397.66	5503	13230.71	132

شكل (٩-ج) دمج المعايير باستخدام أسلوب المعايير المتعددة لتحديد أفضل المناطق لزراعة القمح في المملكة العربية السعودية

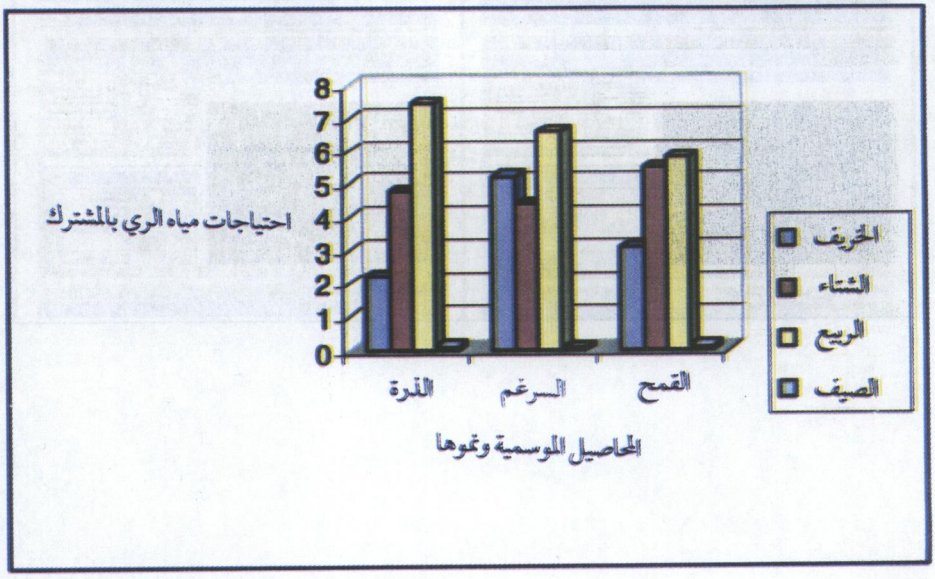
شكل (١٠) نموذج يوضح المناطق التي تتوفر فيها كل المعايير الخمسة (أوبعضها أو عدمها) المناسبة لزراعة أحد المحاصيل المختارة في بعض المناطق (الأسهم) في المملكة العربية السعودية



شكل (١١) المساحات (بالهكتار) التي تلائم المعايير الخاصة بزراعة محاصيل الذرة الشامية والذرة والقمح في الفصول الأربعة في بعض المناطق في المملكة العربية السعودية



شكل (١٢) كمية المياه المقدرة واللازمة للري الكامل أو الجزئي في المساحات (بالهكتار) التي تلائم المعايير الخاصة بزراعة محاصيل الذرة الشامية والذرة والقمح في الفصول الأربعة في بعض المناطق في المملكة العربية السعودية



المراجع

١- المراجع العربية :

سقا، عبدالحفيظ محمد سعيد (١٩٩٨) الجغرافيا الطبيعية للمملكة العربية السعودية، الطبعة الثانية، دار كنوز العالم للنشر والتوزيع، جدة المملكة العربية السعودية، ص ٣٦٠.

عثمان، بدر الدين طه، (١٩٩٩) تمثيل ونمذجة الرياح في نظم المعلومات الجغرافية، العلوم والتقنية (مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية) العدد التاسع والأربعون، مايو ١٩٩٩، ٣٦_٣٩.

عثمان، بدر الدين طه (متوقع) نظم المعلومات الجغرافية والتخطيط الزراعي: استخدام نظم المعلومات الجغرافية في التفصيل الخرائطي للمتغيرات الإيكولوجية في الأقاليم الزراعية والرعوية في المملكة العربية السعودية، في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية (كتاب محرر)، مركز قطر لنظم المعلومات الجغرافية، الدوحة، دولة قطر.

وزارة التعليم العالي (المملكة العربية السعودية)، (١٩٩٩) أطلس المملكة العربية السعودية، الطبعة الأولى، الرياض، المملكة العربية السعودية.

٢- المراجع الأجنبية ومصادر الإنترنت :

Antenucci, J. C., Brown, K. Croswell, P. L. Kevany, M. J. and Archer, H. (1991) Geographic Information Systems: a guide to the technology. Van Nostrand Reinhold, New York.

Berry B. J. L. and Marble D. (eds.) (1968) Spatial Analysis: A reader in statistical geography. Prentice-Hall, Englewood Cliffs New Jersey.

Birkin, M., Clarke, G., Clarke, M. and Wilson, A. (1996) Intelligent GIS Location Decisions and Strategic Planning. Geoinformation International.

Burrough, P. A. (1986) Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Clarendon Press, Oxford.

Carver, S. J. (1991) Integrating Multi-criteria Evaluation with Geographical Information Systems,. International Journal of Geographical Information Systems, **5** (3), 321-339.

Christaller W. (1933) Die zentralen orte in Süddendeutschaland, Jena: English translation by C. W. Baskin, Central planes in Southern Germany, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Chuvieco, E., (1993) Integration of Linear programming and GIS for Land-use Modelling, Int. J. Geographical Information Systems, Vol. 7, No. 1, 71-83.

Critchley, W. and Siegert, K. (1991) A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations (*FAO*), Rome.

Densham, P. J., (1993) Spatial Decision Support Systems, in Maguire D. J., Goodchild, M. F. and Rhind D. (eds.) Geographical Information Systems: Principles and Applications, Vol. I pp.403-412.

Eastman, J. R., Kyem, P .A. K., Toledano J. and Jin W. (1993) Explorations in Geographic Systems Technology Volume 4: GIS and Decision Making. Geneva, Switzerland: UNITAR.

Eastman, J. R., (1997a) Idrisi for Windows ver. 2.0 Tutorial Exercises (INT-Ex 5), Clark Labs for Cartographic and Geographic Analysis, Clark University, USA.

Eastman, J. R., (1997b) Idrisi for Windows ver. 2.0 Tutorial Exercises (ADV-Ex 8), Clark Labs for Cartographic and Geographic Analysis, Clark University, USA.

Eastman, J. R. (1997c) Idrisi for Windows User's Guide, Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, Clark University, USA.

FAO (United Nations Food and Agriculture Organization) (ND) Irrigation Water management Training Manual No. 3.

Fotheringham, A.S., and Rogerson P. A. (eds.) (1994) Spatial Analysis and GIS. Technical Issues in Geographic Information Systems. Taylor and Francis. London.

Fotheringham, A.S., Brunsdom, C. and Charlton, M. (2000) Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis, SAGE Publications, London.

Goodchild, M. F., Parks P.O. and Steyaert, L. T.(1993) Environmental Modeling with GIS, Oxford University Press.

Goodchild, M. F., (1997) Scale in Digital Geographic World, Geographical and Environmental Modelling, Vol. 1, No. 1, 5-23.

Gumbricht, T. (1996) Modeling Water and vegetation Reciprocity- a landscape Synthesis in GIS, published Ph.D. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, 114 p.

Haggett, P. (1965) Locational Analysis in Human Geography, Edward Arnold, London.

Haggett, P. and R. J. Chorley (1969) Network Analysis in Geography, Edward Arnold, London.

Hägerstrand T.(1955) Statistika primäruppgifter, flygkartering och 'dataprocessing'-maskiner. Ett kombineringsprojekt. Svensk Geografisk Årsbok 1955. Lund, Sverige.

Hägerstrand T.(1967) Innovation Diffusion as a Spatial Process, (A. Pred, translator) Chicago University Press, Chicago.

Hägerstrand, T. (1973) The Domain of Human Geography. In: Chorley R. J. (ed.) Directions in Geography. Methuen, London, pp. 67-87.

Jones, C. (1997) Geographical Information Systems and Computer Cartography, Longman

Johnston, R. J. (1994) "Spatial Analysis" in R. J. Johnston, D. Gregory and D. M. Smith (eds.), The Dictionary of Human Geography, Oxford: Blackwell. P. 577.

Maguire, D. J., Goodchild, M. F. and Rhind, D. W., (eds.), (1993), Geographical Information systems: principles and applications, Longman Scientific and Technical, New York, Vol. I and II.

Openshaw S. (1993) Developing Appropriate Spatial Analysis Methods for GIS in Maguire, D. J., Goodchild, M. F. and Rhind, D. W., (eds.), (1993) Geographical Information systems: principles and applications, Longman Scientific and Technical, New York, Vol. I and II. Pp. 399-402.

Osman, Badr-Eldin Taha (1996), GIS-Hydrological Modeling in Arid lands: a geographical synthesis for Surface Waters In the African Red Sea Region in the Sudan. Published Ph.D. thesis No. 130, Department of Physical Geography, University of Lund, Sweden, Lund University Press, 210 p.

PCI Inc. (1994) Spatial Modelling: Raster GIS Capabilities, EASI/PACE Version 5.3 Manual pp. 354-355.

Ripple, W. J. and Ulshoefer, V. S. (1987) Expert Systems and Spatial Data Models for Efficient Geographic Data Handling, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 53, No. 10, 1431-1433.

Robinson, V. B. and Frank, A. U., (1987) Expert Systems for Geographic Information Systems, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 53, No. 10, 1435-1441.

Skidmore, A., (1989) An Expert System Classifies Eucalypt Forest Types Using Thematic Mapper Data and a Digital Terrain Model, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 55, No. 10, 1449-1464.

Scoging, H. M. (1976) A Stochastic Model of Daily Rainfall Simulation in a Semi Arid Environment. Discussion Paper No. 59, Graduate School of Geography Discussion papers, London School of Economics, London.

Shelly, J. (1989) Essentials of FORTRAN 77. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, England.

Smith, T. R. and Jiang, Y., (1993) Knowledge-Based Approaches in GIS, in Maguire D. J., Goodchild, M. F. and Rhind D. (eds) Geographical Information Systems: Principles and Applications, Vol. I pp. 413-425.

Srinivasan, A. and Richards, J. A., (1993) Analysis of GIS Spatial Data Using Knowledge-based methods, Int. J. of Geographical Information Systems, Vol. 7, No. 6, 479-500.

Traynor, C. and Williams, M. G. (1995) Why are Geographic Infor mation Systems Hard to Use, CHI Proceedings, Computer Science Department, University of Massachusetts Lowell. http://www.acm.org/sigchi/chi95/proceedings/shortppr/ct_bdy.htm , accessed, April 26, 2002.

Taylor, P. J. (1977) Quantitative Methods in Geography Houghton Mifflin, Boston.

von Rimscha , M., (1996) Seeing is not Necessarily Believing, GIS Europe, February 1996, 14-15.

von Thünen J. H. (1826) Derisolierte Staat in Beziehung auf Landwirschaft und Nationalökönomie, Hamburg: English translation by C. M. Wartenburg, with an introduction by P. hall, Oxford University Press, Oxford 1966.

Voogd, H. (1983) Multi-criteria Evaluation for Urban and Regional Planning. London. Pion.

Webber, A. (1909) Theory of the Location of Industries. Chicago, University of Chicago Press.

Wilson, A.G. and Bennet R. J. (1985) Mathematical Models in Human Geography and Planning. Chichester: Wiley.

Wilson, A.G. , Coelho, J. D., McGill, S. M. and Williams, H. C. W. L. (1981) Optimization in Location and Transport Analysis. Chichester: Wiley.

Wilson, A.G. and Kirkby, M.J. (1975) Mathematics for Geographers and Planners. Contemporary Problems in Geography, Clarendon Press Oxford pp. 325.

Unwin, D. J. (1981) Introductory Spatial Analysis, Methuen, London.