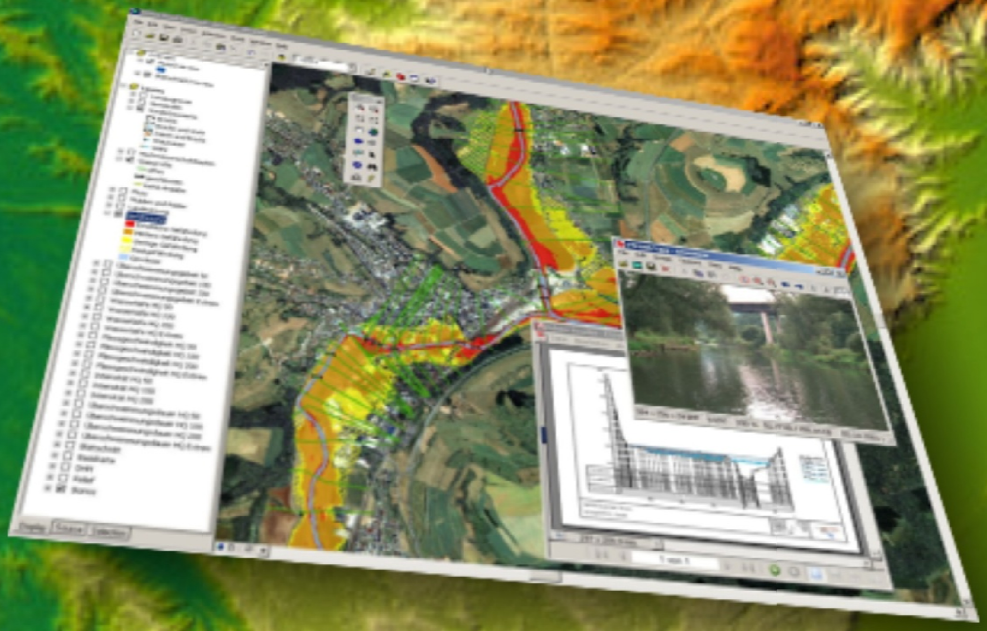
أساسيات نظم المعلومات الجغرافية



تأليف
وسام الدين محمد

2008

اتفاقية الاستخدام

هذا الكتاب وقف لله عز وجل، يخضع لجميع قواعد الوقف الإسلامي، وهي يعني أنه يجوز لكل مسلم ومسلمة إعادة توزيعه في صورته الإلكترونية أو إعادة طبعه بشرط عدم التربح منه أو تغيير شئ من محتوياته. وقد جعلته هكذا ابتغاء مرضاة ربي وأمل في أن يحط عني شئ من أوزاري فلا تنسني من صالح دعائك.

وَنُرِيدُ أَنْ نَّمُنَّ عَلَى الَّذِينَ اسْتُضْعِفُوا فِي الْأَرْضِ وَنَجْعَلَهُمْ أَئِمَّةً وَنَجْعَلَهُمُ الْوَارِثِينَ * وَنُمَكِّنَ لَهُمْ فِي الْأَرْضِ وَنُرِيَ فِرْعَوْنَ وَهَامَانَ وَجُنُودَهُمَا مِنْهُم مَّا كَانُوا يَحْذَرُونَ (القصص: ٥-٦)

خُذِ الْعَفْوَ وَأْمُرْ بِالْعُرْفِ وَأَعْرِضْ عَنِ الْجَاهِلِينَ (الأعراف – ١٩٩)

مقدمة

الْحَمْدُ لِلَّهِ وَسَلَامٌ عَلَى عِبَادِهِ الَّذِينَ اصْطَفَى (النمل : ٥٩)

(١)

لعل بذرة هذا الكتاب الأولى هي تلك الملخصات التي كنت أقدمها لطلاب دبلوم نظم المعلومات الجغرافية في برنامج دراسات ما بعد الخبرة في الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري في الإسكندرية. لكن هذه البذرة نمت مع الوقت، حتى جاء الوقت الذي بدأت تتبلور فيه في شكل فصول كتاب، حملني على تأليفه أتفاق كنت عقدته مع أخوة من اليمن لعقد دورة تدريبية طويلة للعاملين بأحد الهيئات العلمية الكبرى في اليمن، ثم حال حائل أن يتم هذا الاتفاق، فتوقفت عن استكمال فصول الكتاب إلى فترة، ثم غادرت مصر إلى البحرين، فتوقف مشروع الكتاب.

ثم خطر إلي أن أهدي هذه الفصول الناقصة لأعضاء منتدى نظم المعلومات الجغرافية، حتى يكون هناك من يستفيد من هذا المجهود، وأن أحتسب أجري على الذي فطرني، ومن ثم نفذت هذه الفكرة، لكن ردة فعل أعضاء المنتدى كانت مبهرة بالنسبة لي، إذا وقعت فيهم هذه الفصول المبتورة موقع الاستحسان، وتتابعت الرسائل من الأخوة والأخوات تحرضني على أن أكمل ما بدأت، فأشعلوا جذوة حماسة في القلب بعدما كادت أن تخبو، فشمرت الساعد وجمعت المراجع والأوراق العلمية واستحضرت النية، ثم شرعت في مراجعة الفصول القديمة وإعادة صياغتها وترتيبها، وكتابة الفصول الجديدة وتمحيصها مرة بعد مرة، حتى كانت هذه الصحائف التي بين يدي القارئ.

(٢)

عندما رسمت خطة هذا الكتاب للمرة الأولى، كنت أقصد أن يكون مدخل ميسر لأساسيات تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، وقد حرصت أن ألتزم هذا المقصد في كل كلمة وكل جملة وكل فصل، وأتمنى أن أكون قد حققت هذا المنهج. فالكتب التي تتناول مقدمات نظرية للتقنيات الحاسوبية غالباً ما تكون غير مفهومة، أو مغرقة في التجريد حتى لتشبه الطلاسم أو النقوش المحفورة على آثار القدماء. وهذا كتاب غايته تبسيط تقنية مفيدة لدارسيها من الناطقين بالضاد، ومن ثم تقديمهم لهذا العالم الواسع، فأي فائدة سوف تعود إذا جعلته صعباً عسيراً بعيداً عن الفهم. ومن هنا ألزمت نفسي أن أبسط عباراته، وأزوده بالرسوم التوضيحية كلما دعت الحاجة، وأجانب المعادلات الرياضية ما لم أحمل حملاً إلى تناولها.

(٣)

التزام لمنهج التبسيط والتيسير الذي خططه لهذا الكتاب، جعلت المعلومات التي أتناولها تدرج من أبسط المعلومات إلى الأكثر حرفية عبر فصول الكتاب، فأبدأ من ماهية نظم المعلومات الجغرافية منتقلاً إلى عناصر نظام المعلومات الجغرافي من بيانات وبرمجيات وعتاد لأذهب بعد ذلك على طرق التمثيل الرقمي للبيانات الجغرافية ومفهوم قواعد البيانات الجغرافية قبل أن أتناول أساليب تحليل هذه البيانات ثم أختم ذلك كله بعرض نماذج من أهم تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية إلى جانب الاتجاهات الحديثة في نظم المعلومات الجغرافية.

وفي هذا السياق جعلت من كل فصل من فصوله محوراً لموضوع واحد بسيط لا يتجاوزه، وزودت كل فصل بكل ما يحتاج من أشكال ورسوم وصور توضح موضوعه، ملزماً نفسي بعد التوسع فيما لا أعتقد أن القارئ يحتاج إليه، مركزاً على توضيح نواحي النفع من الموضوعات التي أتناولها.

(٤)

ذكرت سلفاً دور الأخوة أعضاء منتدى نظم المعلومات الجغرافية في حثي على إتمام هذا الكتاب، هذا الدور الرئيسي في مشروع إخراج هذا الكتاب، لكني أذكر كثير من الأخوة من غير أعضاء المنتدى الذين كان لهم أدوار محورية في تعديل الكثير من الأفكار التي ناقشتها على صفحات هذه الكتاب، لذلك فأنا أحب أن أنظر إلى هذا الكتاب على أنه بمثابة مشروع علمي كلفني به كل هؤلاء الأخوة في بلادنا العربية، وأتمنى أن أكون قد وفيت.

لكنه من تمام الوفاء أن أذكر بعض الأخوة بصورة خاصة لدورهم البارز في خروج هذا الكتاب إلى الضوء. أول هؤلاء الذين يجب أن اذكرهم هو الأستاذ الدكتور محمد عز الدين الراعي أستاذ الاستشعار من بعد البيئي بجامعة الإسكندرية بمصر، فهو معلمي الأول، وقد تلقيت أسس علوم الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية على يديه، وفتح لي معمله لأتعلم فيهن وتعاهدني بالرعاية طول دراستي المستمرة وتحمل تمردي ومغامراتي العلمية. كذلك لابد من ذكر الأستاذ الدكتور هاني عياد أستاذ التخطيط العمراني جامعة الإسكندرية، وهو الذي تعلمت منه الكثير على المستوى العلمي والخلقي، وهو الذي أستفز مني ما كنت أجهل من قدرات عاينها هو بعين الخبير فأستخرجها. وأيضاً الأخ الدكتور ممدوح الحطاب الذي زاملته زمنا في جامعة الإسكندرية قبل أن أغادر مصر وينتقل هو إلى جامعة المنوفية، وهو الذي كان للنقاشات معه – والتي كانت تنقلب في كثير من الأحيان إلى عراك - أثرها في إعادة صياغة الكثير من المفاهيم التي أتناولها في هذا الكتاب. أما الأخت الكريمة الدكتور صباح الجنيد من جامعة الخليج العربي ففضلها كبير، فقد أمدتني بما يصعب علي الحصول عليه من المراجع، وناقشتني في كل ما أكتب أو أقول حتى وكأنها كانت عقل إلى جانب عقلي. وكذلك الأخ الدكتور نادر عبد الحميد من جامعة الخليج العربي الذي ناقشني في الكثير من المفاهيم التي أطرحها.

كذلك من ذكر هؤلاء الأخوة الذي التفوا حولي في مصر، يساعدونني ويدعمونني ويحرضونني على الخير، ويأتي على رأسهم الأخ المهندس محمد مهينة والأخت هبة الحسيني وطلابي محمد عبد النبي ربيع ومروان سمير غانم وأدهم مكي وإسلام التركي وغيرهم من لا يحضرني أسمائهم الحين.

أما من أعضاء منتدى نظم المعلومات الجغرافية فأتوجه بالشكر على وجه الخصوص على جماعة منها الأخ الكريم بشير الشمري من العربية الذي يشعل الحماسة في طول المنتدى وعرضه، والأخ فهد الأحمدي أيضاً من العربية وهو صاحب الفضل الأكبر في استفزازي لإتمام هذا الكتاب، والأخ حمود العنزي دينامو النادي، والأخت ندى صالح من العراق التي تراقب وتناقش كل رسالة أو تعليق يمر بلا كلل كأنها نحلة المنتدى، والأخت عبير الكابي من العراق أيضاً صاحبة المساهمات المتميزة، والأخ بسام النمر من فلسطين الذي يكاد يراسلني مرة كل أسبوع يستعجل هذا الكتاب، وهو الذي تميز بعين ناقدة لا تمرر صغيرة عوضاً عن كبيرة، والأخ الدكتور وهيب سهوان صاحب النقاشات البناءه.

والقائمة تطول، فعذراً لهؤلاء الذين لم اذكرهم وإن كنت أعترف بفضلهم.

(٥)

لا اذكر أين قرأت هذه العبارة، لكن هذا هو محلها.

"يطمح كل من يؤلف كتاب إلى تقريظ القراء، أما هذا الذي يضع كتاب علمي فحسبة أن ينجو من تقريع النقاد".

جدول المحتويات

مقدمة ..... أ

(١) ..... أ
(٢) ..... أ
(٣) ..... ب
(٤) ..... ب
(٥) ..... ج

جدول المحتويات ..... ه
الفصل الأول: مقدمة ١

مكونات نظام المعلومات الجغرافي ١
البيانات الجغرافية ١
البرمجيات ٢
العتاد ٢
المناهج ٢
الأفراد ٣
لمحة تاريخية ٣

الفصل الثاني: مصادر البيانات ٧

مصادر البيانات الرسومية ٧
معايير مصادر البيانات الرسومية ٧
مقياس الرسم Scale ٧
التفاصيل Details ٨
الدقة Accuracy ٨
أهم مصادر البيانات الرسومية ١٠
الخرائط ١٠
أنواع الخرائط ١٠
عناصر الخريطة ١٢
الصور الجوية ١٤
عناصر الصورة الجوية ١٥
توظيف الصور الجوية في نظام المعلومات الجغرافي ١٦
الصور الفضائية ١٦
أنواع الصور الفضائية ١٦
معالجة الصور الفضائية ١٧

الفصل الثالث: التحويل الرقمي للبيانات ٢٥

التمثيل الرقمي للبيانات الجغرافية ٢٥
النموذج الخطي Vector Model ٢٥
مميزات النموذج الخطي ٢٧
عيوب النموذج الخطي ٢٧
نموذج الشبكة النقطية Raster Model ٢٧
التحويل الرقمي للبيانات الرسومية ٢٨
طريقة الشبكة الشفافة ٢٨
مميزات طريقة الشبكة الشفافة ٢٩
عيوب طريقة الشبكة الشفافة ٢٩
طريقة لوحة الترقيم Digitizing Tablet ٢٩
مميزات لوحة الترقيم ٣٠
عيوب لوحة الترقيم ٣٠

طريقة المسح الضوئي Scanner والترقيم على الشاشة On-Screen Digitizing ٣٠
مميزات طريقة المسح الضوئي ٣١
عيوب طريقة المسح الضوئي ٣١
طريقة المسح الضوئي والتعقب Tracing ٣١
مميزات طريقة المسح الضوئي والتعقب ٣٢
عيوب طريقة المسح الضوئي والتعقب ٣٢
التحويل الرقمي للبيانات الجدولية ٣٢

الفصل الرابع: تحليل البيانات الخطية ٣٣

تحليل البيانات الجدولية ٣٣
طريقة الإحصائيات ٣٣
تلخيص البيانات Data Summarizing ٣٥
الاستعلامات Queries ٣٧
تحليل البيانات الرسومية ٣٨
إنشاء الحرم Buffer Generation ٣٨
الاستعلام المكاني Spatial Query ٣٩
علاقة التقاطع Intersect ٣٩
في حيز من Are within distance of ٤٠
العلاقة Completely Contain ٤٠
العلاقة Are Completely Within ٤٠

الفصل الخامس: تحليل التراكب OVERLAY ANALYSIS ٤١

تحليل التقاطع INTERSECT ٤١
تحليل الإتحاد UNION ٤٢
تحليل المحو ERASE ٤٢
تحليل التعيين IDENTIFY ٤٣
تحليل الفرق التماثلي SYMMETRICAL DIFFERENCE ٤٣
تحليل التحديث UPDATE ٤٤

الفصل السادس: تحليل الإقتراب PROXIMITY ANALYSIS ٤٥

الحرم BUFFER ٤٥
الحرم ثابت المسافة Fixed Distance Buffer ٤٥
الحرم المتعدد الحلقات Multiple Ring Buffer ٤٥
تحديد القرب ٤٦

الفصل السابع: مقدمة في تحليل بيانات الصور النقطية RASTER ٤٧

ما هي بيانات الصور النقطية ٤٧
دقة البكسل ٤٧
القيمة العددية للبكسل ٤٨
تمثيل الظواهر الجغرافية باستخدام الصور النقطية ٤٩
تحليل بيانات الصور النقطية ٥٠
تحليل الجوار ٥٠
جبر الصور الرقمية ٥٠

الفصل الثامن: تحليل السطوح الطبوغرافية ٥١

نموذج الارتفاعات الرقمي DIGITAL ELEVATION MODEL ٥١
بيانات جاهزة بواسطة جهات متخصصة ٥١
من صور الأقمار الصناعية ٥١
طرق الاستكمال Interpolation Methods ٥٢
الخصائص الطبوغرافية ٥٢
الانحدار Slope ٥٢
التوجيه Aspect ٥٣

ظلال الأرض Hill Shades ٥٣
خطوط الكونتور Contours ٥٣
تحليل الخصائص الهيدرولوجية لسطح الأرض ٥٥
منهجية تحليل الخصائص الهيدرولوجية ٥٥

الفصل التاسع: النماذج ثلاثية الأبعاد ٥٩

الشبكات المثلثية غير المنتظمة TIN Triangular Irregular Networks ٥٩
الشبكات المثلثية غير المنتظمة والشبكات النقطية للسطوح الأرضية ٥٩
أنتاج الشبكات المثلثية غير المنتظمة ٦٠
العرض ثلاثي البعد للشبكات المثلثية غير المنتظمة ٦١
محاكاة الطيران Flying Simulation ٦٢
أنتاج خرائط موضوعية ثلاثية البعد ٦٢
تحليل البيانات في ثلاثة أبعاد ٦٢
التحليل الجيومورفولوجي ٦٢
حساب مجال الأبصار ٦٣
حساب الحفر والردم ٦٣

الفصل العاشر: تمثيل وتحليل الشبكات الخطية ٦٥

ما هي الشبكة الخطية؟ ٦٥
تمثيل الشبكات الخطية ٦٦
تحليلات الشبكة الخطية ٦٧
تحديد المسار الأمثل ٦٧
تحديد منطقة الخدمة ٦٧
تعيين أقرب مركز للخدمة ٦٧
نماذج من تطبيقات الشبكات الخطية ٦٨
إدارة الشبكات المرورية ٦٨
دعم سيارات الإسعاف ٦٨
إدارة شبكات الهواتف ٦٨

الفصل الحادي عشر: برمجيات نظم المعلومات الجغرافية..... ٦٩

ما هي برمجيات نظم المعلومات الجغرافية؟ ٦٩
مكونات برمجية نظام المعلومات الجغرافي ٦٩
واجهة إدخال البيانات ٦٩
أداة العرض الرسومي ٧٠
أداة جدولية ٧٠
مجموعة الأدوات التحليلية ٧٠
واجهة أخراج البيانات ٧٠
أهم البرمجيات نظم المعلومات الجغرافية ٧٠
البرمجيات التجارية ٧١
البرمجية ArcGIS ٧١
البرمجية MapInfo ٧١
البرمجية Geomedia ٧٢
البرمجية IDRISI ٧٣
البرمجيات المجانية ومفتوحة المصدر ٧٤
البرمجية GRASS ٧٥
البرمجية ILWIS ٧٦
جهود عربية لإنتاج نظم المعلومات الجغرافية ٧٦
تعريب البرمجية ArcView ٧٦
مشروع البيروني ٧٧

الفصل الثاني عشر: الاتجاهات الحديثة في نظم المعلومات الجغرافية ٧٩

نظم المعلومات الجغرافية مفتوحة المصدر ٧٩
إئتلاف البيانات الجغرافية المفتوحة Open Geospatial Consortium (OGC)..... ٨٠
نموذج للخبرة العربية – مشروع السجل العيني القومي بجمهورية مصر العربية ٨٠
نشر نظم المعلومات الجغرافية عبر الوب..... ٨٠
نموذج للخبرات العالمية – موقع شركة فونيكس الألمانية للأعمال المساحية ٨٢
نموذج الخبرة المصرية – موقع التسويق الخاص بشركة تميمة ٨٢
نظم المعلومات الجغرافية المدعمة بالوسائط المتعددة..... ٨٣
النماذج ثلاثية الأبعاد ٨٤
نموذج من الخبرة العالمية – نظام توجيه الطائرات الهيل لحف الناتو..... ٨٤
نموذج للخبرة المصرية – نظام معلومات جغرافي لمجابهة السيول..... ٨٥
نظم المعلومات الجغرافية مصطنعة الذكاء ٨٦
ملحق ١: قائمة بأهم المراجع المتاحة في المكتبات حول نظم المعلومات الجغرافية باللغة الإنجليزية
..... ٨٧
ملحق ٢: أهم الدوريات العلمية باللغة الإنجليزية لنظم المعلومات الجغرافية..... ٩٣

الفصل الأول: مقدمة

يعرف نظام المعلومات الجغرافي Geographic Information System (GIS) بأنه نظام معلومات وظيفته التعامل مع البيانات الجغرافية واستخلاص البيانات منها. ويقصد بأنه نظام معلومات Information System انه يحتوي على عناصر منظمة تتضافر فيما بينها لأداء وظيفة النظام. تشتمل هذه العناصر على البيانات الجغرافية مركز النظام والمعلومات المستخلصة منها، والبرمجيات Software التي تقوم بحفظ واسترجاع وتحليل ومعالجة وتمثيل البيانات والمعلومات المستخلصة منها، والعتاد Hardware المستخدم في تشغيل هذه البرمجيات، والمناهج Methods المستخدمة في تحليل ومعالجة هذه البيانات، وأخيراً الأفراد سواء هؤلاء المسئولين عن إدارة النظام أو المنتفعين بمنتجاته.

مكونات نظام المعلومات الجغرافي

مما سبق يتبين أن أي نظام للمعلومات الجغرافية يتكون من خمسة مكونات أساسية هي: البيانات والبرمجيات والعتاد والمناهج والأفراد. وفيما يلي سيتم عرض مختصر لدور كل عنصر في نظام المعلومات الجغرافي.

البيانات الجغرافية

عند دراسة التوزيع العمري لسكان مدينة، فإن البيانات التي سوف يتم تجميعها هي بيانات العمر والتي هي عبارة عن أرقام تمثل أعمار الأفراد من سكان المدينة، وهذه الأرقام لن تتغير بتغير موقع الفرد من مكان إلى آخر على سطح الأرض، فمن عمره ٣٦ عام في الدوحة لن يصبح عمره ٣٥ او ٣٧ في طنجة. مثل هذا النوع من البيانات اعتاد العاملين في حقل نظم المعلومات الجغرافية تسميته البيانات غير الجغرافية Non Spatial Data حيث لا تعتمد البيانات على موقعها من سطح الأرض.

تتميز البيانات الجغرافية عن النوع السالف من البيانات بأن تغير مكان العنصر موضوع الدراسة يغير في البيانات نفسها. فالكثافة السكانية داخل المدن تتغير بتغير موضع منطقة الدراسة من مركز المدينة وهامشها، مما يجعل المكان عامل مؤثر في البيانات نفسها لذلك يطلق على هذا النوع من البيانات لفظ البيانات الجغرافية Spatial Data – Geospatial Data.

عند تمثيل البيانات غير المكانية يمكن تمثيلها بالأرقام أو الحروف، لكن عند تمثيل البيانات الجغرافية يجب الأخذ في الاعتبار أن اعتماد البيانات على المكان يتحكم في طريقة تمثيلها حيث لا يوجد مهرب من إضافة شكل الظاهرة على سطح الأرض إلى توصيف البيانات. وهذا يعتبر من أهم الفروق الجوهرية بين البيانات الجغرافية والبيانات غير الجغرافية.

البرمجيات

تستخدم برمجيات الكومبيوتر لأداء مختلف الوظائف باستخدام الكومبيوتر، ومن أهم الوظائف إدارة وتحليل البيانات، وهي الوظائف التي يقوم بها طائفة من البرمجيات مثل نظم إدارة قواعد البيانات Database Management Systems (DBMS) أو الجداول الالكترونية Spreadsheets. وتعتبر هذه البرمجيات من أهم الأدوات المستخدمة في نظم المعلومات الإدارية Management Information Systems (MIS) ونظم المعلومات المحاسبية Counting Information Systems (CIS).

كذلك توجد مجموعة من البرمجيات التي تستخدم في تقديم الرسوم وهي التي يطلق عليها برمجيات الرسم بمساعدة الكومبيوتر Computer Aided Drawing (CAD)، وهي شائعة بين المهندسين والمصممين.

نتيجة لطبيعة البيانات الجغرافية من حيث هي ذات شقين أحدهم يتمثل بالطرق المعتادة في برمجيات إدارة وتحليل البيانات، والآخر يتعلق بالرسوم التي يمكن تنفيذها والحصول عليها بإستخدام برمجيات الرسم المتخصصة، فإن برمجيات نظم المعلومات الجغرافية تتشابه مع نظم إدارة قواعد البيانات وبرمجيات الرسم بمساعدة الكومبيوتر، لكنها تختلف عن هذه البرمجيات في أن لها القدرة على الربط بين الرسوم التي تمثل الظاهرة موضوع الدراسة على سطح الأرض، والبيانات التي تصف هذه الظاهرة، ونتيجة لهذا الربط فإن لها القدرة على التحليل المتكامل للبيانات الجغرافية سواء كان هذا التحليل يعتبر على الطبيعة الرسومية لهذه البيانات أو الطبيعة الوصفية لها أو الطبيعيتين معاً وهو ما يجعل هذه البرمجيات متميزة عن غيرها من البرامج التي ذكرت سلفاً.

العتاد

أصبح عتاد الكومبيوتر شائع الاستخدام ولا يحتاج إلى تعريف خاص عند الحديث عن نظم المعلومات، لكن يجب الإشارة إلى أن نظم المعلومات الجغرافية قد يوظف فيها بعض العتاد الغير شائع مثل لوحات الترقيم Digitizing Tablets أو أجهزة المسح الضوئي العريضة Large Scale Scanner وطابعات اللوحات Plotters، حيث يحتاج مستخدمي نظم المعلومات الجغرافية إلى هذه الأجهزة لأداء وظائف معينة سيتم تبيينها فيما بعد.

المناهج

بالرغم من أن نظم المعلومات الجغرافية هي نظم معلومات متكاملة أي أن لها القدرة على العمل بمفردها Standalone بدون التعامل مع غيرها من نظم المعلومات أو الآليات الحاسوبية، إلا أنه من المحبذ أن يكون هناك مثل هذا الربط وهو ما يلزم إلمام العملين بنظم المعلومات الجغرافية بالقواعد العلمية والفنية لهذه الآليات الممكن توظيفها تكاملياً مع نظم المعلومات الجغرافية.

من أكثر الآليات التي تستخدم مؤخراً على نطاق واسع نشر نظم المعلومات عبر الوب Web، وتوظيف مثل هذه التقنية يستلزم إلمام مستخدم نظام المعلومات الجغرافية بالمعلومات الأساسية عن تقنيات الشبكات والانترنت والنشر عبر الوب.

الأفراد

يستلزم إعداد الفرد المتخصص في نظم المعلومات الجغرافية برنامج تدريبي يشتمل على العديد من العلوم الأساسية والتقنيات الحاسوبية الهامة. من أهم العلوم الأساسية التي يجب أن يكون إلمام الفرد المتخصص بها تفصيلياً علوم الإحصاء والتي تشتمل على الاحتمالات والتوزيعات الإحصائية والإحصاء عديد المتغيرات Multivariate Statistics، والرياضيات الأساسية والتي تشتمل على جبر المجموعات والدوال والمتسلسلات وجبر المصفوفات والتفاضل والتكامل، وأساسيات علم الجغرافيا والخرائط والمساقط الجغرافية. ومن أهم التقنيات التي يجب أن يكون المتخصص في نظم المعلومات الجغرافية على دراية بها البرمجة وقواعد البيانات والشبكات والوب. إن الفرد العامل في حقل نظم المعلومات الجغرافية الملم بما سبق يعتبر عنصر متميز في هذا المجال.

لمحة تاريخية

لعله من المفيد قبل الانتقال إلى الفصل الثاني أن نعرض إلى التطور التاريخي لنظم المعلومات الجغرافية. يمكن رصد عدد من المحطات التاريخية في مسيرة نظم المعلومات الجغرافية التي بدأت في العقد السادس من القرن العشرين. بداية يرجع ظهور مصطلح نظم المعلومات الجغرافية إلى الوجود إلى المشروع الي نفذته إدارة الموارد بالحكومة الكندية والذي حمل نظام المعلومات الجغرافي لكندا Canada Geographic Information System (CGIS) والذي بدأت الحكومة الكندية تنفيذه عام ١٩٦٣ بهدف تطوير نظام معلومات رقمي لمعالجة خرائط الموارد الطبيعية في كندا. وفي ذات الفترة شرعت جامعة هارفارد Harvard University الأمريكية في تنفيذ تقنيتها الخاصة بإنتاج النظام المسمى والذي قام على تنفيذه هوارد فيشر عام ١٩٦٤ في المعمل الخاص الذي أنشأه وأطلق عليه أسم معمل هارفارد لرسوم الكومبيوتر والتحليل المكاني Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis. قبل نهاية عقد الستينات أنضم روجر توميلنسن Roger Tomlinson إلى مشروع نظام المعلومات الجغرافي لكندا وقد اعتبر انضمامه للمشروع بمثابة نقطة تحول في تاريخ نظم المعلومات الجغرافية كله حيث قام بوضع عدد كبير من الخوارزميات المستخدمة في معالجة البيانات الجغرافية في صورتها الرقمية، ونتيجة لجهوده أصبح المشروع قيد العمل وقدم نتائجه لمتخذي القرار قبل نهاية عام ١٩٧١.

قبل نهاية عقد السبعينات قام جاك دانجرموند Jack Dangermond بتأسيس شركته الخاصة التي حملت أسم معهد أبحاث النظم البيئية Environmental Systems Research Institute (ESRI) وهي الشركة الأكثر أهمية في تاريخ نظم المعلومات الجغرافية.

شكل 1: روجر تومليسن.

شكل 2: جاك دانجرموند.

في السبعينات انتشرت تقنية نظم المعلومات الجغرافية في الولايات المتحدة الأمريكية حيث استخدمتها الحكومة الاتحادية وحكومات الولايات في إدارة الموارد الطبيعية وعمليات التخطيط فظهرت مشروعات مثل نظام المعلومات العام للتخطيط General Information System for Planning والذي نفذه وزارة البيئة بالحكومة الاتحادية، و المعلومات الجغرافية الآلية لماريلاند Maryland Automatic Geographic Information (MAGI) الذي نفذته حكومة ولاية ماريلاند.

أعتبر عقد الثمانينات عقد التحول التجاري لنظم المعلومات الجغرافية حيث تأسست عدد من أكبر الشركات العاملة في مجال نظم المعلومات الجغرافية في هذا العقد. من هذه الشركات ماب إينفو MapInfo عام ١٩٨٥، سمول ورلد Small World عام ١٩٨٨، إي آر مابر ER Mapper عام ١٩٨٩.

أما عقد التسعينات فقد تميز بشيوع تقنيات نظم المعلومات الجغرافية حول العالم كله وظهور العديد من الشركات، كما ظهرت عدد من التقنيات المكملة لنظم المعلومات الجغرافية مثل نظام الموقع العالمي Global Positioning System (GPS) والاستشعار من بعد عالي الدقة المساحية High Resolution Remote Sensing.

الفصل الثاني: مصادر البيانات

أهم ما يجب ان يشغل بال المتخصص في حقل نظم المعلومات الجغرافية هو مصادر البيانات، فمصادر البيانات تتحكم في نظم المعلومات الجغرافية من حيث أداءها وإمكانيتها وكفاءتها. وتشتمل مصادر البيانات على مصادر عدة لكن يمكن تقسيمها إلى مجموعتين رئيسيتين هما: البيانات الرسومية والبيانات غير الرسومية. البيانات الرسومية هي تلك البيانات التي يلزم لتوصيفها بدقة استخدام الرسوم وخير ما يمثل هذا النوع الخرائط، أما البيانات غير الرسومية فلا يلزم الرسم نهائياً في التعبير عنها وخير ما يمثل هذا النوع من البيانات بيانات التعداد العام. موضوع هذا الباب هو مصادر البيانات التي سوف يتعامل معها مستخدم نظم المعلومات الجغرافية.

مصادر البيانات الرسومية

البيانات الرسومية هي تلك البيانات التي لابد من استخدام الرسوم في وصفها. هناك العديد من البيانات التي تدخل تحت مسمى البيانات الرسومية وتشتمل على الخرائط بأنواعها والصور الجوية والفضائية والمخططات الهندسية وبيانات الرفع المساحي. عند التعامل مع البيانات الرسومية في نظم المعلومات الجغرافية يجب أن يراعي المستخدم عدة معايير.

معايير مصادر البيانات الرسومية

تستمل معايير مصادر البيانات الرسومية على ما يلي:

مقياس الرسم Scale

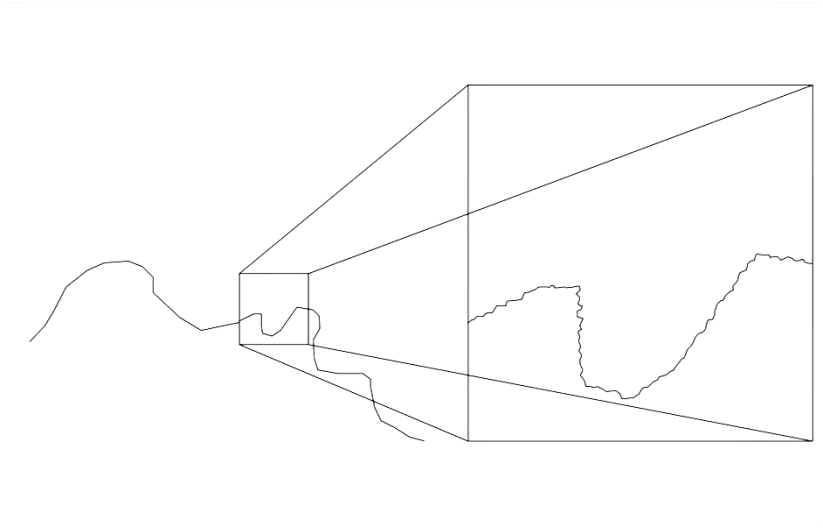
المقصود بمقياس الرسم هو العلاقة بين إبعاد الظاهر الجغرافية فوق سطح الأرض وأبعادها في البيانات الرسومية، وعادة ما يتم صياغتها في صورة نسبة عددية بين طول الوحدة في البيانات الرسومية وما يقابلها في الحقيقة، مثلاً ١:٥٠٠٠ والتي تعني أن طول الوحدة على البيانات الرسومية يقابلها خمسة آلاف وحدة في الواقع، أي لو أن هناك طريق على البيانات الرسومية طوله ٣ سم فإنه في الحقيقة يكون طوله ١٥٠٠٠ سم أي مائة وخمسين متر في الواقع. ونظراً لأن مقياس الرسم هو نسبة فإن الوحدة المستخدمة لا تؤثر على أبعاد الظواهر الجغرافية الحقيقية فنفس الطريق البالغ طوله ٣ سم على البيانات الرسومية سيكون طوله 1.2 بوصة عند استخدام وحدة البوصة وبالتالي يكون طوله الحقيقي ٦٠٠٠ بوصة أي ٥٠٠ قدم وهو ما يساوي ١٥٠ متر.

ويهتم مستخدم نظم المعلومات الجغرافية بمقياس رسم مصادر بياناته الرسومية لأنها تؤثر في مقياس الرسم الأمثل الذي يمكنه أن ينتج به بيانات نظام المعلومات الجغرافي خاصته، حيث لا ينصح بأن يكون مقياس الرسم المستخدم في نظام المعلومات الجغرافي أكبر من ذلك المستخدم في مصادر

البيانات الرسومية كأن يكون مقياس رسم مصادر البيانات الرسومية ١:٥٠٠٠ ويكون مقياس الرسم المستخدم في إنتاج بيانات نظام المعلومات الجغرافي ١:١٠٠٠ مثلاً.

التفاصيل Details

تفاصيل البيانات الرسومية هي معيار كيفي لهذه البيانات يقصد به عدد الظواهر أو دقة رسمها. فقد تكون الرسوم تبين الطرق مصنفة بأنواعها والاستخدامات المختلفة للأراضي وخطوط الكونتور، مثل هذه الرسم تكون أكثر تفاصيل من رسوم أخرى لنفس المنطقة لا تضم إلا شبكة الطرق فقط. كما قد تكون الرسوم نفيها غير دقيقة مثل ما هو مبين في شكل3 حيث الرسوم على الجانب الأيسر يمثل خط الساحل في أحد الأماكن ويلاحظ القارئ أن خط الساحل ناعم حيث لا تظهر فيه التعاريج المبين في المربع المكبر على الجانب الأيمن من الشكل. يقال عندئذ أن الشكل الأيسر أقل تفاصيل من الشكل الأيمن.



شكل3 . أثر تفاصيل الرسوم.

إن ما يهم مستخدم نظم المعلومات الجغرافية أن يختار بيانات رسومية أكثر تفاصيل حتى يمكنه أن يحصل على نظام معلومات جغرافي بتفاصيل دقيقة.

الدقة Accuracy

يقصد بدقة البيانات الرسومية مدى مطابقة هذه البيانات لواقع الظواهر الجغرافي من حيث مطابقتها للموقع والشكل. يمكن استخدام معيار كمي هو جذر متوسط مربع الخطأ Root Mean Square Error (RMS) لتحديد مدى مطابقة المواقع التي تمثلها البيانات الرسومية للواقع. ولحساب هذه القيمة يقوم المستخدم بتحديد عدد من النقاط بصورة عشوائية فوق البيانات الرسومية ثم يقوم بتفريغ إحداثيات موقعها كما هي مسقطة في البيانات الرسومية، ثم يكرر العملية بالنسبة لهذه النقاط على الواقع حيث

يمكنه استخدام أجهزة نظام التوقيع العالمي Global Positioning System (GPS) لتحديد إحداثيات هذه النقاط الواقعية. ثم يتم حساب جذر متوسط مربع الخطأ باستخدام المعادلة التالية:

$$RMS_y = \sqrt{\frac{\sum_n (y_d - y_r)^2}{n}} \quad ، \quad RMS_x = \sqrt{\frac{\sum_n (x_d - x_r)^2}{n}}$$

$$RMS = \sqrt{\frac{RMS_x^2 + RMS_y^2}{2}}$$

حيث n عدد النقاط، x_d,y_d إحداثيات النقطة كما هو مسقط في البيانات الرسومية، x_r,y_r إحداثيات النقطة كما تم تحديدها حقلياً. RMS_x، RMS_y جذر متوسط مربع الخطأ في الاتجاه الأفقي والاتجاه الرأسي، أي الإزاحة في الاتجاه الأفقي والاتجاه الرأسي. وتعتبر البيانات الرسومية دقيقة كلما قلت قيمة جذر متوسط مربع الخطأ.

مثال إيضاحي

خريطة رقمية مرسومة باستخدام برنامج AutoCad مطلوب التيقن من دقتها قبل توظيفها في نظام معلومات جغرافي، قام المستخدم بتحديد عدد ستة نقاط على الخريطة ومضاهاتها بنظائرها في الواقع باستخدام جهاز الـ GPS الجدول التالي يبين النقاط وأزواج الإحداثيات فوق الخريطة الرقمية وفي الحقل لكل نقطة من النقط الستة.

جدول 1: أزواج الإحداثيات للمثال التوضيحي

النقطة	X_r	Y_r	X_d	Y_d
#١	٢١٤١٤٤	٣٤٦٣٦٨٣	٢١٤١٤٢	٣٤٦٣٦٨٢
#٢	٢١٤٩٩٠	٣٤٦٢٥٥٠	٢١٤٩٩١	٣٤٦٢٥٤٩
#٣	٢١٣٣٧٠	٣٤٦١٨٧٦	٢١٣٣٦٩	٣٤٦١٨٧٤
#٤	٢١٢٣٦٦	٣٤٦١٣٣١	٢١٢٣٦٧	٣٤٦١٣٣٢
#٥	٢١٦٠٣٧	٣٤٦٤٥٧٢	٢١٦٠٣٩	٣٤٦٤٥٧٣
#٦	٢١٣١٥٥	٣٤٦٣٣٥٣	٢١٣١٥٤	٣٤٦٣٣٥٤

شكل4 . جهاز الـ GPS.

باستخدام البيانات المبينة في الجدول في التعويض في المعادلات السابقة يتبين أن متوسط مربع الخطأ في الاتجاه الأفقي (x) هو 1.4142 وفي الاتجاه الرأسي (Y) هو 1.2247، أما إجمالي متوسط مربع الخطأ 0.9354.

تنبيهات عامة

- لا ينبغي أن تقل عدد النقاط المستخدمة لتحديد دقة الموقع عن ثلاثة نقاط فإن قلت عن ذلك لا يمكن الاعتماد على نتائجها.
- تعتبر البيانات الرسومية مقبولة الدقة إذا كانت جذر متوسط مربعا الخطأ الكلي أقل من الواحد الصحيح.

أهم مصادر البيانات الرسومية

تتنوع مصادر البيانات الرسومية بالنسبة لمستخدم نظم المعلومات الجغرافية، وفيما يلي نتعرض لأهم مصادر البيانات الرسومية الممكن توظيفها في نظم المعلومات الجغرافية.

الخرائط

يمكن تعريف الخريطة كتمثيل بالرسم للظواهر الجغرافية لمنطقة ما على سطح لوح من الورق، وتعتبر الخرائط من أقدم أنواع البيانات الرسومية وجوداً، حيث ترجع نشأتها إلى الحضارات المصرية والعراقية القديمة، وقد مرت الخرائط بمراحل عدة من التطور حتى وصلت إلى الشكل الحالي، وتعتبر أهمية الخرائط لمستخدم نظم المعلومات الجغرافية كبيرة نظراً إلى تنوع البيانات التي تحتويها الخرائط ووجود أرشيف تاريخي كبير للخرائط في مختلف أرجاء العالم.

أنواع الخرائط

تنقسم الخرائط إلى فئتين أساسيتين هما:

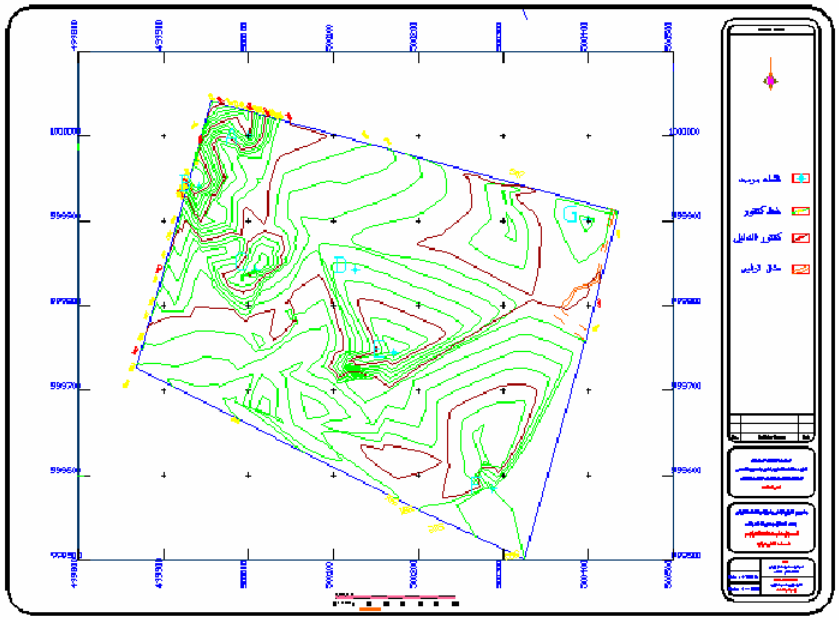
(١) الخرائط العامة General Proposes Maps

وهي خرائط تحتوي على بيانات مختلفة قد تكمل بعضها بعضاً مثل الطرق والسكك الحديدية واستخدامات الأراضي الأساسية، وفي هذا النوع من الخرائط لا تركز محتويات الخريطة على موضوع بعينة.

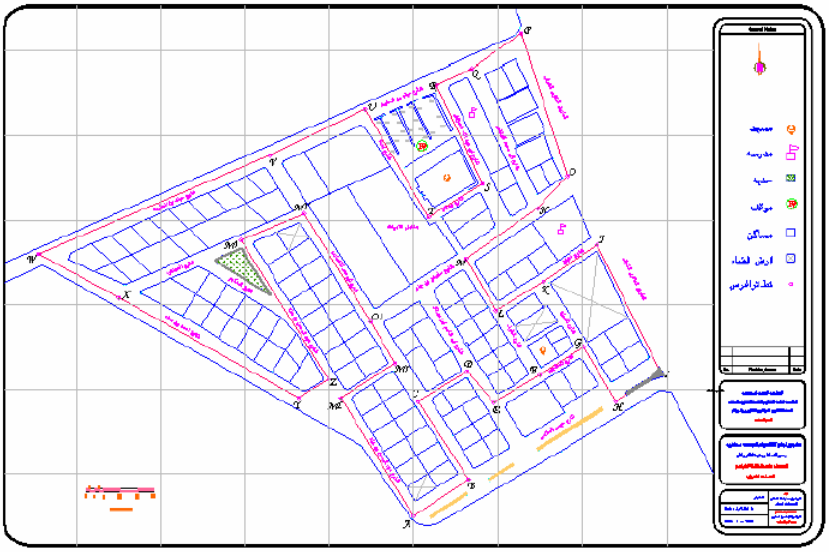
(٢) الخرائط الموضوعية Thematic Maps

وهي خرائط تركز بياناتها على غرض بعينه كأن تحتوي على بيانات خاصة بالتكوينات الجيولوجية والفوالق والصدوع والبؤر الزلزالية.

ويستخدم مستخدم نظم المعلومات الجغرافية الفئتين من الخرائط في أعماله، وغالباً ما تسخدم الخرائط العامة في بناء طبقات خرائط الأساس في نظام المعلومات الجغرافي بينما تستخدم الخرائط الموضوعية لبناء طبقات معينة.



شكل5 . خريطة موضوعية طبوغرافية.



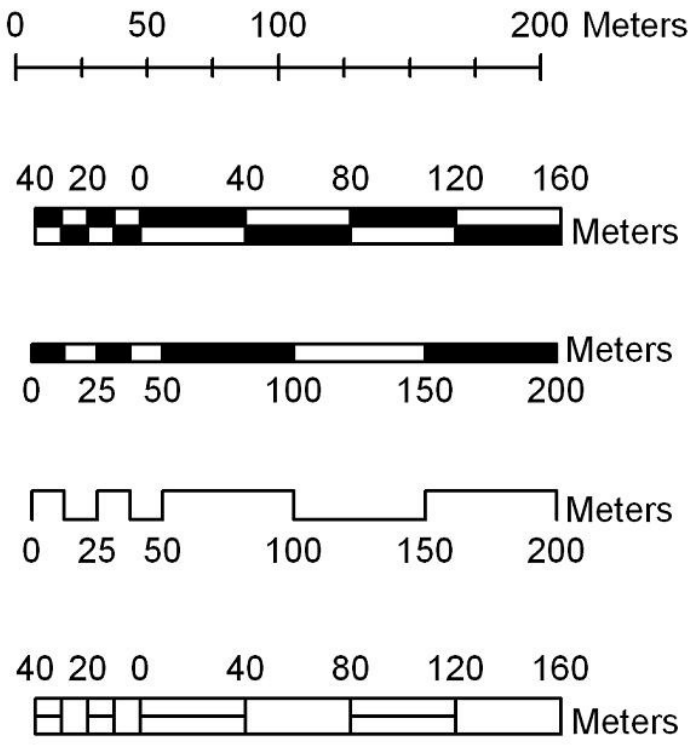
شكل6 . خريطة عامة.

عناصر الخريطة

تحتوي الخريطة على عدة عناصر يجب أن يستطيع مستخدم فهم هذه العناصر حتى يمكن توظيف الخرائط بصورة سليمة في نظم المعلومات الجغرافية التي يبنيها. وكذلك حتى يمكنه إنتاج خرائط سليمة من نظامه. فيما يلي عرض لهذه العناصر.

(١) مقياس الرسم

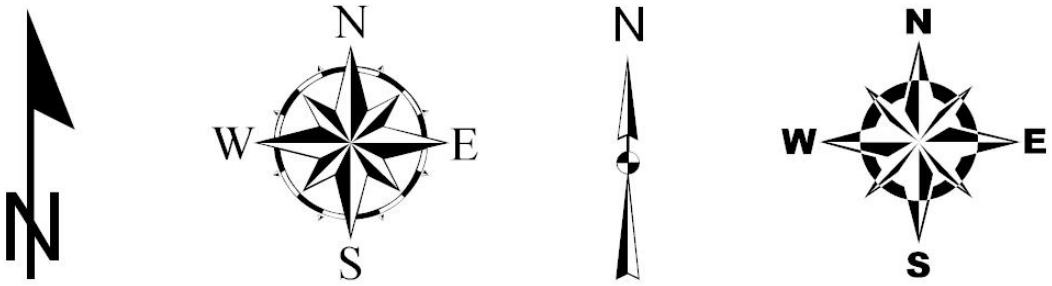
سبق وقمنا بتعريف مقياس الرسم في مكان آخر من هذا الفصل. يتم إضافة مقياس الرسم إلى الخريطة المطبوعة كأحد عناصرها الرئيسية التي لا يمكن الإستغناء عنها. ويبخذ مقياس الرسم على الخريطة المطبوعة أحد نمطين هما نمط مقياس الرسم المطلق ويكتب بالشكل الذي سبق عرضه أي 1:100000 بمعنى ان كل وحدة طول أو مساحة تساوي في الواقع مائة ألف وحدة، والنمط الثاني هي نمط مسطرة مقياس الرسم حيث يتم إضافة مقياس الرسم في صورة مسطرة مرسومة ومدرجة يقوم مستخدم الخريطة بالقياس عليها بالفرجار أو المسطرة ثم يقوم بقياس المسافات الحقيقية أو المساحات الحقيقية فوق الخريطة.



شكل7 . نماذج مختلفة لمسطرة مقياس الرسم.

(٢) سهم الشمال

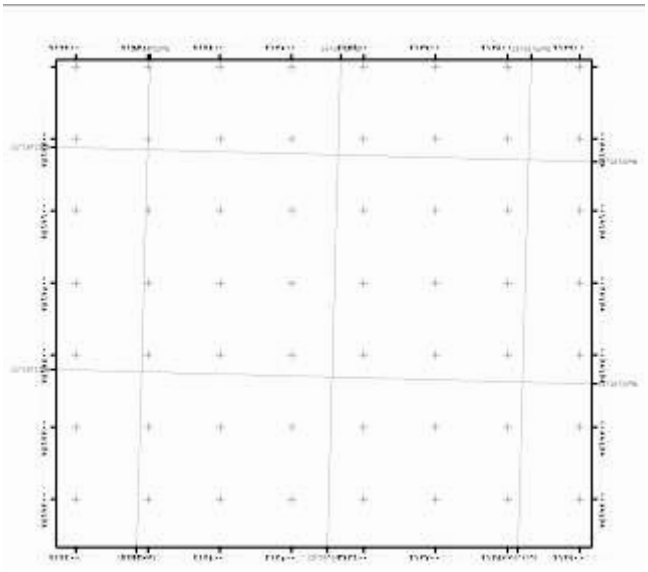
سهم الشمال هو أداة رسومية تضاف إلى الخريطة لتبيين الاتجاهات الأصلية لمستخدم الخريطة بحيث يمكن استخدامها في تصحيح توجيه الخريطة.



شكل8 . نماذج مختلفة لسهم الشمال.

(٣) شبكة الإحداثيات

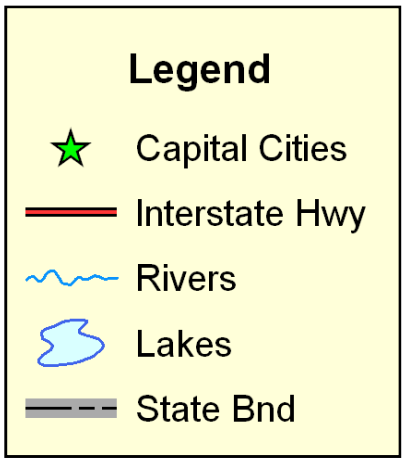
تستخدم شبكات الإحداثيات لمساعدة مستخدم الخريطة على معرفة كل موقع على الخريطة بدلالة شبكة إحداثيات معينة، وعادة ما يوجد نوعين من الشبكات الممكن استخدامها الأولى هي شبكة الإحداثيات الجغرافية المقاسة بدرجات الطول ودوائر العرض ويطلق عليها أسم الشبكة الملاحية Graticule Grid والثانية مقاسة بوحدات طولية مثل المتر والقدم والكيلومتر ويطلق عليها أسم الشبكة المقياسية Measured Grid أو شبكة الإحداثيات المسقطة Projected Coordinates Grid. في الشكل التالي شبكتين إحداثيتين الأولى مرسومة بالخطوط وهي الشبكة الملاحية والأخرى على شكل تقاطعات بعلامة (+) وهي الشبكة المقياسية.



شكل9 . نموذج لشبكتين إحداثيتين.

(٤) مفتاح الخريطة

مفتاح الخريطة هو أداة تبين نماذج للرموز المستخدمة على الخريطة المطبوعة والغرض التي تستخدم لإظهاره، وعادة ما يوجد ثلاثة أنواع من الرموز على الخرائط هي رموز تتخذ شكل المضلع وأخرى تتخذ شكل الخط وثالثة تتخذ شكل النقط وتظهر كل هذه الرموز في مفتاح الخريطة.



شكل10 . نموذج لمفتاح الخريطة.

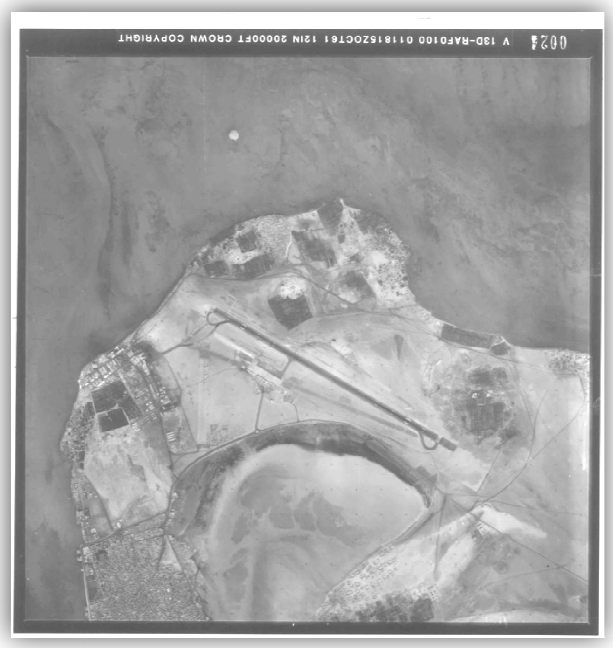
(٥) البيانات الأساسية Metadata

تشتمل البيانات الأساسية للخريطة على:

- عنوان الخريطة Map Title: وهو بيان نصي يبين موضع الخريطة مثل "خريطة ملاحية لخليج نعمة" أو "الخريطة الجيومورفولجية لإقليم بلوشستان".
- بيانات الطباعة Press Data: وتشتمل على تاريخ والجهة التي قامت بطباعة الخرائط، وتعتبر هذا البيان مهم لمستخدم نظم المعلومات الجغرافية على وجه الخصوص لتقدير الزمن الذي يفصل بينه وبين تاريخ طباعة الخريطة، وكذلك تعيين ما إذا كانت الجهة التي قامت بطباعة هذه الخريطة جهة ذات ثقة أو لا.
- بيانات إنتاج الخريطة Carto-production Data: وتشتمل على تاريخ عمليات إنتاج الخريطة من المسح الحقلي أو الصور الجوية والفضائية وكذلك مصادر الخريطة سواء كانت خرائط أخرى أو المسح الحقلي أو الصور الجوية والفضائية. وأيضاً الجهة المسئولة عن إتمام عمليات إنتاج الخرائط.
- بيانات المسقط وشبكة الإحداثيات: وتشتمل على المسقط الجغرافي ومجسم الأرض وكذلك شبكة الإحداثيات المستخدمة في رسم الخريطة.

الصور الجوية

تعتبر المساحة التصويرية والصور الجوية بنوعيها الأساسين الفوتوغرافي والكهرومغناطيسي من المصادر الأساسية التي يلجأ لها مستخدم نظم المعلومات الجغرافية في نظامه. والمساحة التصويرية هي العلم والتقنية المتعلقان بالحصول على معلومات كمية وكيفية حول ظواهر سطح الأرض بواسطة الصور الفوتوغرافية والكهرومغناطيسية، وهذه الصور تستخدم في إنتاج الخرائط والمخططات المساحية لمختلف الاستخدامات.



شكل 11: صورة جوية لجزء من جزيرة المحرق – مملكة البحرين.

عناصر الصورة الجوية

تحتوي الصورة الجوية على عناصر تفيد مستخدم نظم المعلومات الجغرافية في عمليات توجيه وضبط الصور في نظامه، هذه العناصر هي:

(١) علامات الإسناد Fiducially Marks

تستخدم هذه العلامات لتعيين النقطة الأساسية على الصورة وتظهر على أشكال مختلفة في الأركان الأربعة للصورة أو في منتصفات الأضلاع أو في كليهما معاً. وبوصل الخطوط بين نقاط الإسناد المتقابلة فإنها ستتقاطع في موقع النقطة الأساسية للصورة.

(٢) مقياس الارتفاع Altimeter

يستخدم هذا لبيان ارتفاع الطائرة أثناء عملية التصوير.

(٣) الساعة

وذلك لمعرفة تحديد الوقت الذي تم فيه عملية التصوير، ويفيد في معرفة كيفية معالجة الظلال في الصورة.

(٤) مقياس الميل

وذلك لمعرفة مقدار ميل المحور الأساسي لعدسة آلة التصوير على متن الطائرة أثناء عملية التصوير.

(٥) البعد الأساسي (البعد البؤري لعدسة آلة التصوير)

ومن خلال هذه المعلومة يمكن حساب مقياس الرسم المناسب للصورة الجوية المطبوعة.

(٦) معلومات أخرى

يضاف إلى ذلك معلومات أخرى تكون مطبوعة فوق الصور مثل الرقم المسلسل للصورة و رقم آلة التصوير و تاريخ التصوير ورقم خط الطيران.

توظيف الصور الجوية في نظام المعلومات الجغرافي

يمكن توظيف الصور الجوية بطرق مختلفة في نظام المعلومات الجغرافي، ومن أهم أساليب توظيف الصور الجوية في نظام المعلومات الجغرافي ما يلي:

(١) في المناطق التي لا تتوفر بها خرائط

حيث يتم جمع الصور في صورة مجمعة موحدة مقياس الرسم يطلق عليها خريطة تصويرية معدلة مستوية Planimetric Orthophotomap يمكن استخدامها عوضا عن الخرائط الحقيقية إلا أن الخرائط تتميز عنها بوجود المسميات لظواهر سطح الأرض.

(٢) كملحق للخرائط

يمكن الاستفادة من الصورة الجوية المعدلة المستوية للتفاصيل التي يصعب التعرف عليها باستخدام المخططات والخرائط، فباستثناء الشديدة الانحدار أو المغطاة بالغابات الكثيفة، يمكن بسهولة تمييز معالم سطح الأرض من طرق وأبنية وما إلى ذلك. لذلك فإن مستخدم نظم المعلومات الجغرافية يمكنه استخدام الصور الجوية لاستكمال المعلومات الناقصة على الخرائط.

الصور الفضائية

ينظر الكثير إلى الصور الفضائية باعتبارها امتداد للصور الجوية، إلا أن الصور الفضائية تتميز عن الصور الجوية بأنها تحتوي على الكثير من المعلومات الطيفية Spectral Information نتيجة لتصميمها. ويعتبر اشتقاق المعلومات الطيفية من الصور الفضائية موضوع علم تحليل الصور الرقمية للاستشعار من بعد.

أنواع الصور الفضائية

يمكن تقسيم الصور الفضائية إلى فئات تبعاً لبنيتها الطيفية أو لدقة تمييزها المساحي كما يلي:

(١) تقسيم الصور الفضائية تبعاً لبنيتها الطيفية

يمكن للصور الفضائية أن تجمع البيانات في منطقة أو أكثر من مناطق الطيف الكهرومغناطيسي، وعلى هذا تقسم الصور الفضائية إلى:

- الصورة أحادية اللون Panchromatic: وهي صور تحتوي على المعلومات الموجودة في منطقة واحدة من الطيف الكهرومغناطيسي.
- الصورة متعددة النطاقات Multispectral Imagery: وهي الصور التي تحتوي على المعلومات الموجودة في عدد من النطاقات يتراوح بين ثلاثة نطاقات إلى تسعة نطاقات.
- الصور عديدة النطاقات Hyperspectral Imagery: وهي الصور التي تحتوي على المعلومات الموجودة في عدد من النطاقات يتراوح بين عشرة إلى عدة مئات من النطاقات.
- الصور الرادارية والميكروويفية Radar & Microwave Imagery: وتمثل هذه الصور إحدى أنماط الصور أحادية اللون إلا أنها تختلف عنها من حيث أنها تقوم بتسجيل البيانات في منطقة الطيف الكهرومغناطيسي الراداري والميكرويفي.

(٢) تقسيم الصور الفضائية تبعاً للدقتها المساحية

تتحدد الدقة المساحية للصورة بأصغر مساحة يمكن أن تميزها الصورة عما هو محيط بها. وعليه يمكن أن تقسم صور الأقمار الصناعية إلى ثلاثة فئات هي:

- الصور ذات الدقة المساحية الكبيرة: وتكون الدقة المساحية لها أقل من المتر.
- الصور ذات الدقة المساحية المتوسطة: ولها دقة مساحية تتراوح بين ١ وحتى ١٠٠ متر.
- الصور ذات الدقة المساحية الصغيرة: ولها دقة مساحية أكبر من ١٠٠ متر.

معالجة الصور الفضائية

تتم معالجة الصور الفضائية بطريقتين إما بصريا وإما آلية:

(١) المعالجة البصرية للصور الفضائية

تعتبر المعالجة البصرية للصور أو التفسير البصري Visual Interpretation للصور من أكثر أساليب معالجة الصور استخداما بالنسبة لمستخدم نظم المعلومات الجغرافية حيث يقوم بتحديد ظواهر سطح الأرض مباشرة بعينية من الشاشة ويقوم برسمها داخل نظامه مباشرة. ويعتمد التفسير البصري للصورة على عدد من العناصر هي كالتالي:

الحجم Size

يقصد بالحجم أبعاد الظاهرة فقد ينظر إلى كوخ على أنه مخزن علف إذا لم يؤخذ في الحسبان حجمه، أو العكس كما هو موضح في الصورة التالية.

شكل12 . استخدام عنصر الحجم – مخزن علف يمكن تفسيره ككوخ.

الشكل Shape

يعتبر الشكل من العناصر المهمة التي تساعد المستخدم على تحديد وظيفة الظاهرة، وتعتبر ملاعب كرة القدم والمطارات من الأشكال المميزة والشائعة التي يمكن معرفة وظيفتها مباشرة من خلال الصور. ومن أشهر الأشكال وضوحاً في الصور على مستوى العالم الحرم المكي بمكة المكرمة والحرم النبوي بالمدينة المنورة والهرم الأكبر بالجيزة والبنتاجون في واشنطون.

شكل13 . المطارات من أسهل الأشكال الممكن تمييزها من الصور.

شكل14 . الحرم المكي الشريف من الأشكال المميزة سهلة التمييز.

شكل15 . مبنى البنتاجون بشكله الخماسي الشهير.

اللون Tone

يساعد اللون على تفسير الظواهر الموجودة في الصورة، فإذا علمنا أنه في الصور أحادية اللون Panchromatic والتي تظهر بالتدريج الرمادي تكون البكسلات البيضاء تشير إلى أن هذا السطح يعكس كل الضوء الساقط عليه بينما تشير البكسلات السود إلى أن هذا السطح يمتص كل البكسلات الضوء

الساقط عليه ويتناسب درجة اللون الرمادي للبكسلات غير الأبيض والأسود مع درجة الانعكاس عن هذه السطح.

وعلى هذا فإنه في المناطق المفتوحة تظهر الأراضي الجرداء بيضاء اللون أو رمادية فاتحة بينما تزداد قتامة كلما زادت رطوبة التربة، وبصورة عامة فإن الكتل المائية – حيث الرطوبة = ١٠٠% - تظهر باللون الأسود أو بالألوان القاتمة.

شكل16 . أثر اللون على تفسير محتويات الصورة.

النمط Pattern

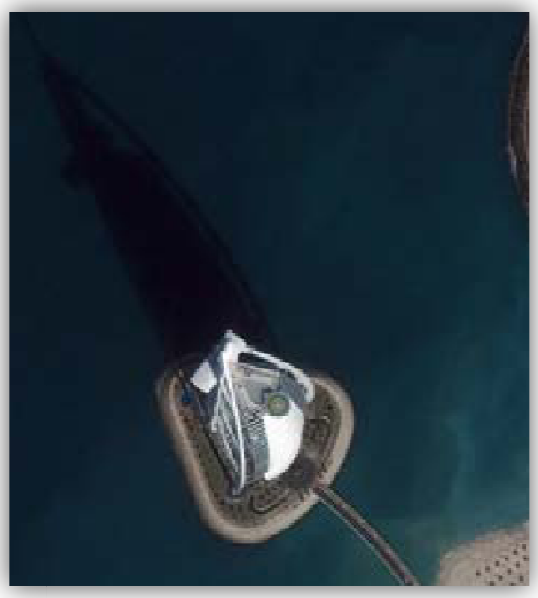
تتخذ بعض الظواهر نمط معين على سطح الأرض فمثلا تظهر الأشكال المصطنعة مثل الطرق والقنوات بشكل منتظم مقارنة بالمدقات و المجاري المائية الطبيعية. لذلك يسهل تمييز المدن في الصور. كذلك تظهر الزراعات منتظمة مقارنة بالنباتات الطبيعية مثل الغابات.

شكل17 . النمط يمكن أن يساعد في تحديد مصدر النباتات.

شكل18 . تظهر الظواهر المصطنعة بصورة منتظمة.

الظلال Shadows

تلعب الظلال دورا ايجابيا وسلبيا في نفس الوقت في عملية تفسير الصور. الجانب الإيجابي إنها تساعد في تحديد المعالم الجانبية للظواهر العالية مثل الأبراج وناطحات السحاب، اما الجانب السلبي فإن الظلال - خاصة في المناطق التي يظهر فيها تباين في الارتفاعات بين مظاهرها - قد تغطي بعض الظواهر في الجوار مما يجعل عملية تمييز هذه الظواهر المجاورة من الأمور الصعبة.



شكل19 . الظلال تساعد على معرفة الشكل الجانبي للظواهر.

شكل20 . الأثر السلبي لتداخل الظلال.

النسيج Texture

يقصد بالنسيج درجة الخشونة أو النعومة في الصورة وتكرار تغير درجة اللون عندما تصور عدة ظواهر معاً في صورة واحدة، إذ يظهر السطح الأملس اكثر سطوعاً من السطح الخشن، إذا أن السطح الأملس يعكس الضوء بينما يشتته السطح الخشن. ويوصف السطح بدرجة من ثلاث درجات من الخشونة هي الناعم Smooth والمتوسط النعومة أو المبرغل Mat والخشن Rough. وعادة تظهر النباتات المشذبة باللون الفاتح بينما تظهر الأرض المحروثة باللون القاتم.

شكل21 . درجة الخشونة تعكس طبيعة الظواهر.

(٢) المعالجة الآلية للصور الفضائية

تقوم المعالجة الآلية للصور الفضائية على إستخدام الكومبيوتر في تفسير هذه الصور عن طريق تطبيق سلسلة من الخوارزميات الرياضية عليها. أهم هذه المعالجات هو:

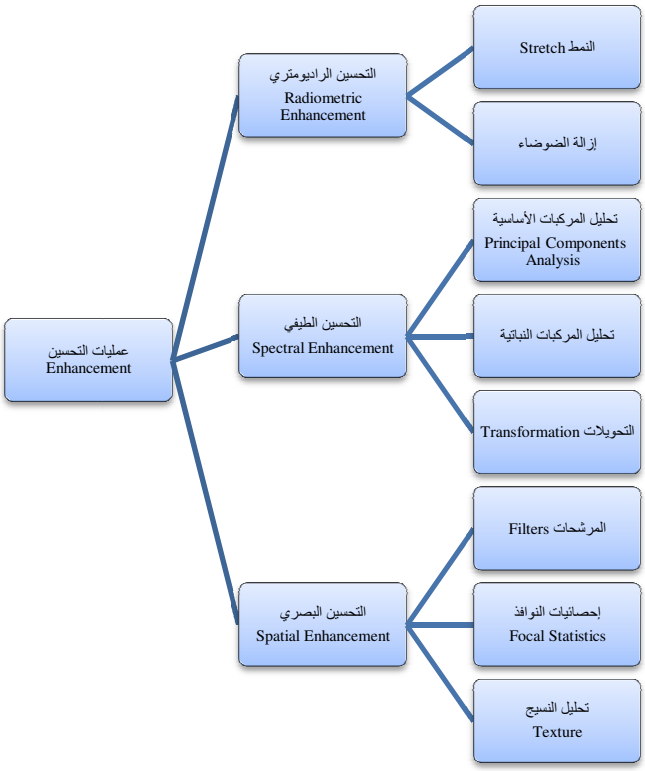
التحسين Enhancement

يقصد بالتحسين هو تحسين خصائص الصورة الطيفية والراديومترية والبصرية للصورة وتشتمل عمليات التحسين على طائفة كبيرة من الأدوات يبينها الشكل التالي.

التصنيف Classification

وهو من أهم انواع التحليل الرقمي للصور الرقمية حيث يقوم المستخدم بإشتقاق خرائط للغطاء الأرضي عن طريق عمليات التصنيف. وفي هذا النوع من العمليات يقوم المستخدم بتحديد الخصائص الإحصائية لعينات من الأنواع المختلفة للغطاء الأرضي. ثم يقوم بتعميم هذه الإحصائيات على كامل الصورة للحصول على صورة للغطاء الأرضي.

وبصورة عامة فإن التحليل الآلي للصور الفضائية هو موضوع لعلم مستقل هو الاستشعار من بعد، ويقوم مستخدم نظام المعلومات الجغرافي باستخدام منتجات الاستشعار من بعد مباشرة في نظامه.



شكل22 . أنواع التحسين الرقمي للصور.

الفصل الثالث: التحويل الرقمي للبيانات

في الفصل السابق تعرضنا لمصادر البيانات الممكن توظيفها في نظام المعلومات الجغرافي، في هذا الفصل ندرس أساليب تحويل هذه البيانات من صورتها الورقية إلى صوره رقمية. حيث نتناول في البداية ماهية الأشكال الرقمية المستخدمة لاختزان البيانات الجغرافية، ثم نتناول التحويل الرقمي للرسوم وختاما نتناول التحويل الرقمي للبيانات الجدولية.

التمثيل الرقمي للبيانات الجغرافية

تعتمد نظم المعلومات الجغرافية على التعامل مع البيانات الجغرافية في صورة رقمية عن طريق الكومبيوتر، لذلك فإن على مستخدم نظم المعلومات الجغرافية أن يقوم في بداية عمله بسلسلة من عمليات التحويل الرقمي لبياناته من نسخته الورقية إلى نسخة رقمية يمكن التعامل معها من خلال الكومبيوتر.

إن موضوع عمليات التحويل الرقمي للبيانات الجغرافية هو موضوع الفصل القادم، لكن ما نهتم به في هذا الفصل هو كيف يمكن تمثيل البيانات الجغرافيا رقميا حتى يمكن التعامل معها بالكومبيوتر. بداية فإن هناك نموذجين أساسين لتمثيل البيانات الجغرافية رقمياً، هذين النموذجين هما النموذج الخطي المتجه Vector Model ونموذج الشبكة النقطية Raster Model. في هذا الفصل سيتم تناول كل نموذج على حدا بالتفصيل.

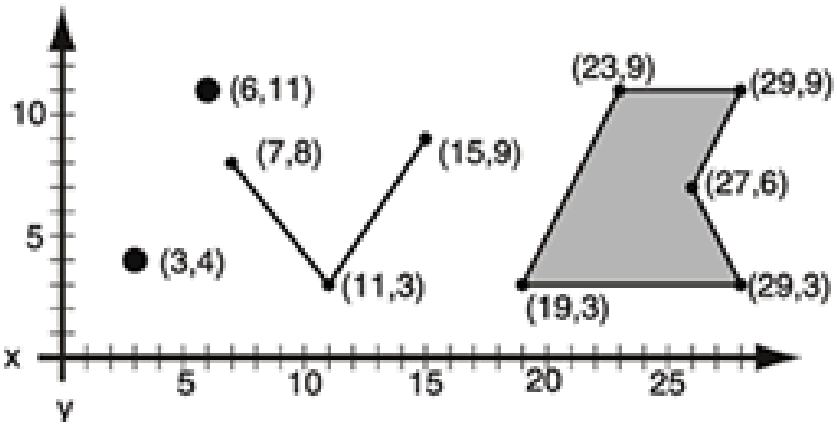
النموذج الخطي Vector Model

يعتبر النموذج الخطي من أكثر نماذج التمثيل الرقمي للبيانات الجغرافية شيوعا نظراً لبساطته وكفاءته وإمكانية توظيفه في مختلف مجالات نظم المعلومات الجغرافية. يعتمد هذا النموذج على أساس الهندسة التحليلية البسيطة حيث يستخدم فكرة شبكة الإحداثيات المتعامدة Cartesian Coordinates System كعنصر رئيسي في النموذج.

طبقا لهذا النموذج يتم تمثيل البيانات الجغرافية عن طريق تقسيمها إلى قسمين، قسم رسومي وقسم وصفي. في القسم الرسومي يمكن تمثيل أي ظاهرة طبيعية بواحدة من ثلاثة فئات من الرسوم هي:

- النقاط Points: حيث يتم تمثيلها بزوج من الإحداثيات (x,y) وتستخدم النقاط لتمثيل ظواهر سطح الأرض الممكن تجاهل أبعادها.
- الخطوط Lines / arcs: حيث يتم تمثيلها بسلسلة من أزواج الإحداثيات، وتستخدم لتمثيل ظواهر سطح الأرض التي يمكن إهمال سمكها مقارنة بطولها.
- المضلعات Areas / Polygons: حيث يتم تمثيلها بسلسلة مغلقة من أزواج الإحداثيات، وتستخدم لتمثيل ظواهر سطح الأرض التي لها أبعاد معتبرة.

ويبين الشكل التالي طرق التعبير عن أنواع الرسوم الثلاثة.



شكل23 . الأشكال الممكن تمثيلها في النموذج الخطي.

ويتم تمييز كل شكل بمعرف عبارة عن رقم محدد غير قابل للتكرار يمثل دليل فريد للشكل، الجدول التالي يبين كيف سوف يتم اختزان الرسوم الموضحة في الشكل عاليه عن طريق الأرقام.

تمثيل النقاط

Feature ID	1
Coordinate x	3
Coordinate y	4
Feature ID	2
Coordinate x	6
Coordinate y	11

تمثيل الخط

Feature ID	1
Coordinate x	7
Coordinate y	8
Coordinate x	11
Coordinate y	3
Coordinate x	15
Coordinate y	9

تمثيل المضلع

Feature ID	1
Coordinate x	19
Coordinate y	3
Coordinate x	29
Coordinate y	3
Coordinate x	27
Coordinate y	6
Coordinate x	29
Coordinate y	9
Coordinate x	23
Coordinate y	9
Coordinate x	19
Coordinate y	3

لاحظ أنه في تمثيل المضلع استخدمت أول نقطة كأخر نقطة لتبين أن الشكل مضلع مغلق.

الشق الثاني للبيانات الجغرافية ممثلة في البيانات الوصفية يتم تفريغها في جدول ويستخدم رقم تعريف الشكل Feature ID للربط بين الشكل وبياناته الوصفية.

مميزات النموذج الخطي

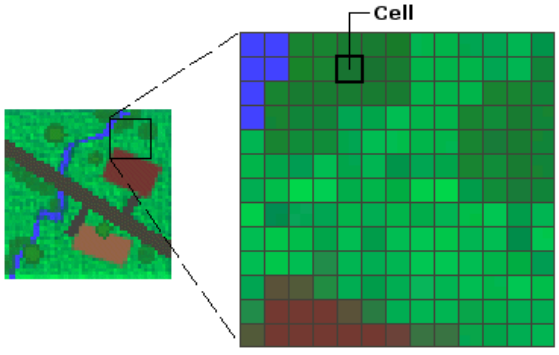
يتميز النموذج الخطي بأنه يمكن اختزانه على مساحة محدودة من الأسطوانة الصلبة، وهو ما يجعل سرعة تنفيذ العمليات عليه بواسطة معالج الكومبيوتر processor سريعة. ومن أهم مميزات النموذج الخطي أنه يقوم بتمثيل البيانات الوصفية عن طريق جدول ومن ثم يمكن لمستخدم نظام المعلومات الجغرافي إضافة أي عدد من الحقول لتمثيل الظواهر المختلفة وهو ما يطلق عليها تعددية الأبعاد المعلوماتية informatics multi dimensions.

عيوب النموذج الخطي

بالرغم من النموذج الخطي يمكن استخدامه في تمثيل البيانات المحددة جغرافياً - والتي يطلق عليها أسم البيانات المتقطعة مثل الطرق والأبنية – بصورة ممتازة، فأنه لا يمكن استخدامه لتمثيل البيانات الغير محددة جغرافيا – والتي يطلق عليها أسم البيانات المتصلة مثل تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الهواء – بكفاءة حيث يقدم مثل هذه البيانات بصورة مبتورة ومشوهة.

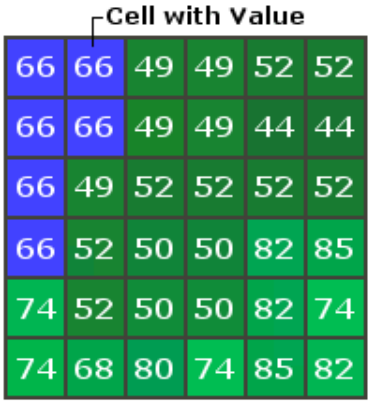
نموذج الشبكة النقطية Raster Model

في هذا النموذج يتم تقسيم الفراغ إلى شبكة من الأعمدة والصفوف، بحيث تقاطع كل عمود مع صف في مساحة مربعة يطلق عليها أسم عنصر الصورة أو البكسل Pixel. يشكل توزيع البكسلات توزيع الظواهر الطبيعية فوق سطح الأرض كما هو مبين في الشكل التالي، بينما يتم اختزان البيانات الوصفية على صورة قيمة رقمية مختزنة في البكسل نفسه يطلق عليها اسم قيمة البكسل Pixel Value.



شكل 24: تكوين الصورة النقطية.

يتم اختزان البيانات الجغرافية في نموذج الشبكة النقطية عن طريق سلسلة من سطور كل سطر يحتوي ثلاثة أرقام هي الإحداثي الأفقي والإحداثي الراسي وأخيراً قيمه البكسل، وتكون قيمة الإحداثي منسوبة غلى موقع البكسل في شبكة البكسلات باعتبار نقطة الأصل هو النقطة الأعلى يسار، وأن الاتجاهات الإيجابية إلى من اليسار غلى اليمين أفقيا ومن أعلى إلى أسفل راسياً. الشكل والجدول التاليين يبينان كيف يمكن أن يتم اختزان البيانات الجغرافية في نموذج الشبكة النقطية.



شكل 25: قيمة البكسل.

من الناحية التاريخية ظهر كلا من النموذج الخطي ونموذج الشبكة النقطية في وقت متزامن، إلا أنهما ظلا منفصلين حتى وقت قريب، بمعنى أن البرمجيات التي كانت تنتج لنظم المعلومات الجغرافية كانت تصمم إما للتعامل مع البيانات الخطية ويطلق عليها أسم نظم المعلومات الجغرافية الخطية Vector Based GIS أو تصمم للتعامل مع بيانات الصور النقطية ويطلق عليها أسم نظم المعلومات الجغرافية النقطية Raster Based GIS. ثم ظهرت تلك النظم القادرة على استخدام كلا نوعي البيانات وهي التي أطلق عليها أسم نظم المعلومات الهجينة Hybrid GIS.

التحويل الرقمي للبيانات الرسومية

نعني بالتحويل الرقمي للبيانات الرسومية تحويلها من صورتها الورقية إلى صوره رقمية إما في نمط إتجاهي vector او في نمط صورة نقطية raster. توجد عدة طرق شائعة للتحويل الرقمي للبيانات الرسومية.

طريقة الشبكة الشفافة

وفيها يستخدم الرسام شبكة مرسومة على ورقة شفاف وهي شبكة متعامدة مقسمة إلى مربعات منتظمة وفي العادة يكون طول حرف المربع واحد ملليمتر، وتكون هذه الشبكة مرقمة ويقوم المستخدم بتثبيت هذه الشبكة إلى الخريطة أو الصورة التي يريد أن يحولها رقمياً ثم يقوم برسم الظواهر التي تحتويها الخريطة عن طريق إدخال إحداثيتها، هذه الإحداثيات التي يحصل عليها عن طريق الشبكة الشفافة المثبتة فوق الخريطة.

مميزات طريقة الشبكة الشفافة

تتميز طريقة الشبكة الشفافة بأنها لا تحتاج إلى تجهيزات وعتاد غالي الثمن حيث يمكن للمستخدم إعداد شبكته الشفافة الخاصة باستخدام لوح من الورق الوليفان المقوى وقلم دوكو.

عيوب طريقة الشبكة الشفافة

يوجد عدد من العيوب في استخدام طريقة لوحة الترقيم Digitizing Tablet

- تعتبر طريقة الشبكة الشفافة من أكثر الطرق المستخدمة في التحويل الرقمي للبيانات إضاعة للوقت، حيث يقوم المستخدم بإدخال الظواهر بطريقة يدوية كاملة.
- تعتبر دقة البيانات المدخلة بطريقة الشبكة الشفافة الأقل بين البيانات المدخلة بواسطة الطرق الأخرى.

طريقة لوحة الترقيم Digitizing Tablet

لوحة الترقيم Digitizing Tablet هي لوحة تشبه لوحة الرسم الهندسي المعتادة إلا أنها مزودة بشبكة سلكية فوق سطحها مغطاة بطبقة من المطاط، هذه الشبكة موصلة بالكومبيوتر، كما أن هناك آله أشبه بفأرة الكومبيوتر المعتادة ويطلق عليها المرقم Digitizer، وهذه الآلة موصلة أيضا بالكومبيوتر. وتعمل لوحة الترقيم والمرقم بطريقة متزامنة حيث يقوم المستخدم بتثبيت الخريطة إلى سطحها ثم يقوم باستخدام المرقم بإعادة رسم الظواهر فوق الخريطة، وفي كل مرة يقوم المستخدم بالنقر فوق لوح الترقيم باستخدام المرقم، فإن المرقم يقوم ببعث موقع نقطة الترقيم بالنسبة إلى الشبكة المعدنية السلكية إلى الكومبيوتر كزوج من الإحداثيات.

شكل26 . لوحة الترقيم Digitizer Tablet.

شكل27 . المرقم Digitizer.

مميزات لوحة الترقيم

يتميز لوحة الترقيم بإمكانية إدخال البيانات إلى نظم المعلومات الجغرافية مباشرة حيث أن معظم برمجيات نظم المعلومات الجغرافية مزودة بإمكانية إستقبال البيانات من لوحة الترقيم مباشرة.

عيوب لوحة الترقيم

للوحة الترقيم عدد من العيوب منها ما يلي:

- ارتفاع سعر لوحة الترقيم يعتبر من أهم العوائق أمام استخدامها بصورة واسعة في نظم المعلومات الجغرافية.
- عند استخدامها لمده طويلة من قبل نفس المستخدم فإنها تسبب مشكلات صحية للعمود الفقري والظهر.
- عند استخدامها لوقت طويل فإن حساسية المرقم والشبكة السلكية تنخفض.
- تعتبر هذه الطريقة طريقة نصف يدوية وللعامل البشري دور كبير في تحديد دقة البيانات المدخلة باستخدام المرقم.

طريقة المسح الضوئي Scanner والترقيم على الشاشة On-Screen Digitizing

آله المسح الضوئي هي إحدى عتاد الكومبيوتر الشائع الاستخدام، حيث تعمل بطريقة آله تصوير الوثائق ولكن بدلا من أن تنسخ الأوراق تقوم بتحويلها إلى صورة، يقوم المستخدم بجلب هذه

الصورة إلى برنامج نظام المعلومات الجغرافي ثم يقوم برسم أو بترقيم الظواهر المبينة على الصورة أو الخريطة باستخدام الفأرة العادية الملحقة بالكومبيوتر.

يوجد عدد كبير من نماذج آلات المسح الضوئي أشهرها هي ماسحات سطح المكتب Desktop Scanner لكن تلك المستخدمة في مسح الخرائط يطلق عليها أسم الماسحات العريضة Large Format Scanner.

شكل28 . ماسحة عريضة.

مميزات طريقة المسح الضوئي

تعتبر طريقة المسح الضوئي منخفضة التكاليف مقارنة بطريقة لوحة الترقيم حيث لا يلزم وجود الماسح الضوئي ضمن عتاد نظام المعلومات الجغرافي، بل يمكن وجوده منفصل عن النظام حيث يجرى مسح جميع الخرائط والصور المطلوب توظيفها في نظام المعلومات الجغرافي مرة واحدة ثم يتم ترقيمها فيما بعد.

عيوب طريقة المسح الضوئي

تشتمل عيوب طريقة المسح الضوئي على:

- الخطأ في هذه الطريقة تراكمي مصدره الخطأ الذي قد ينجم عن تشوه الصورة أثناء عملية المسح ثم يضاف إليه الخطأ الذي ينجم عن الرسام.
- تعتبر هذه الطريقة طريقة نصف يدوية وبالتالي يؤثر في جودة المنتج العامل البشري.

طريقة المسح الضوئي والتعقب Tracing

تعتبر هذه الطريقة من أحدث الطرق المستخدمة في التحويل الرقمي للبيانات حيث يتم استخدام الماسح الضوئي لمسح الخرائط ثم يتم تغذية الصور الممسوحة إلى ما يسمى ببرنامج تعقب Tracing

وهو برنامج يقوم بتحويل الصورة من نمط الصورة النقطية Raster إلى نمط الإتجاهي في عملية تعرف باسم التحويل الإتجاهي Vectorization.

مميزات طريقة المسح الضوئي والتعقب

لهذه الطريقة ميزات كثيرة منها:

- تقليل دور العامل البشري وبالتالي تقليل نسبة الخطأ.
- إمكانية تنفيذ التحويل الرقمي لكم كبير من البيانات في فترات قصيرة.

عيوب طريقة المسح الضوئي والتعقب

أيضا لهذه الطريقة العديد من العيوب منها:

- ارتفاع تكلفة العتاد.
- أفضل برامج التعقب لا يمكنه اشتقاق ما يزيد عن ٦٥ إلى ٧٠% من مجموع ظواهر الخريطة.
- لا يمكن استخدامه إلا مع الخرائط ولا يمكن استخدامه مع الصور الجوية أو الفضائية.

التحويل الرقمي للبيانات الجدولية

البيانات الجدولية الموجودة في صورة ورقية يجرى تحويلها بأسلوب وحيد هو الإدخال مباشرة إلى نظام المعلومات الجغرافي أو غير مباشرة عن طريق إدخال البيانات في أحد أنظمة إدارة قواعد البيانات أو الجداول الالكترونية ثم دمجها في نظام المعلومات الجغرافي.

يعيب أسلوب التحويل الرقمي للبيانات الجدولية ما يلي:

- يحتاج لوقت طويل لإدخال كم البيانات.
- يلعب العامل البشري دور كبير في تولد الأخطاء.

لكن يميزه ما يلي:

- إمكانية الاستعانة بالأيدي العاملة الغير خبيرة لإدخال البيانات من خلال نماذج يتم تصميمها باستخدام برامج الكومبيوتر.
- يمكن إضافة وسائل لتقليل الأخطاء في إدخال البيانات في الواجهات المستخدمة لإدخال البيانات.

الفصل الرابع: تحليل البيانات الخطية

في الفصل السابق بينا نوعي البيانات الجغرافية الممكن التعامل معهم من خلال نظم المعلومات الجغرافية وهما البيانات الخطية أو الاتجاهية Vector Data وبيانات الصور النقطية Raster Data. موضوع هذا الفصل هو أساليب تحليل البيانات الخطية. وهذه الأساليب تتناول الشقي المستخدمين لتمثيل البيانات في النموذج الخطي وهو الشق الرسومي والشق الجدولي.

تحليل البيانات الجدولية

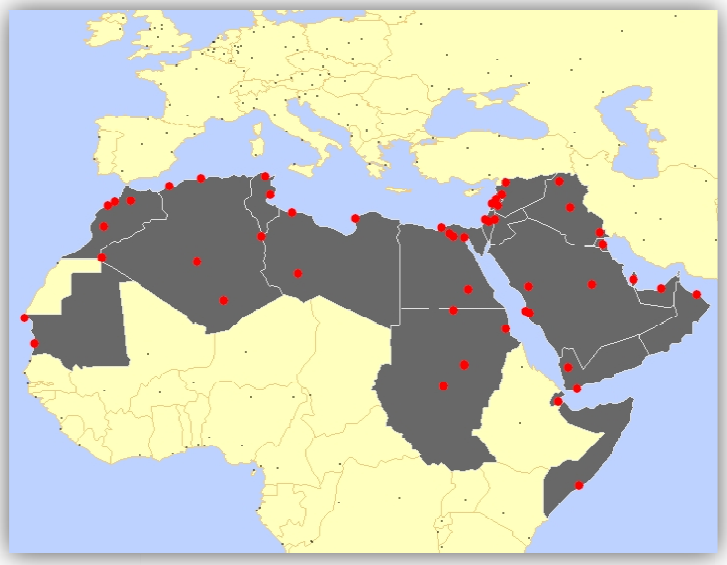
يعتبر التعامل مع البيانات الجدولية في نظم المعلومات الجغرافية أحد المظاهر المستنسخة من نظم إدارة قواعد البيانات Database Management Systems (DBMS). لذلك فتحليل البيانات الجدولية يخضع لأساليب تحليل البيانات الجدولية في نظم إدارة قواعد البيانات. ويمكن رصد طريقتين أساسيتين لاستغلال البيانات الوصفية هما طريقة الإحصائيات ويلحق بها تلخيص البيانات وطريقة الاستعلامات.

طريقة الإحصائيات

أي بيانات جدولية تحتوي على أرقام يمكن استغلالها في اشتقاق إحصائيات مختلفة. شكل29 يبين خريطة تم إعدادها من خلال برمجية نظام معلومات جغرافي تبين مجموعة دول الجامعة العربية، بينما جدول2 يبين الخصائص الوصفية لهذه الدول كما هي مسجلة في قاعدة بيانات الخريطة. كما هو واضح يحتوي الجدول على عمودين أو حقلين Fields، الحقل الأول يمثل أسم البلد Name ويحتوي على بيانات نصية، والثاني يمثل مساحة البلد Area ويحتوي على بيانات رقمية.

تتميز البيانات الرقمية عن البيانات النصية بأنه يمكن إجراء العمليات الحسابية والإحصائية عليها، ولهذا فإن من المهام التحليلية الممكن إجراءها على البيانات الوصفية اشتقاق الإحصائيات الخاصة بحقل رقمي، وعادة ما تشتمل هذه الإحصائيات على القيمة الصغرى Minimum Value والقيمة العظمى Maximum Value والمتوسط Mean والانحراف المعياري Standard Deviation على الأقل.

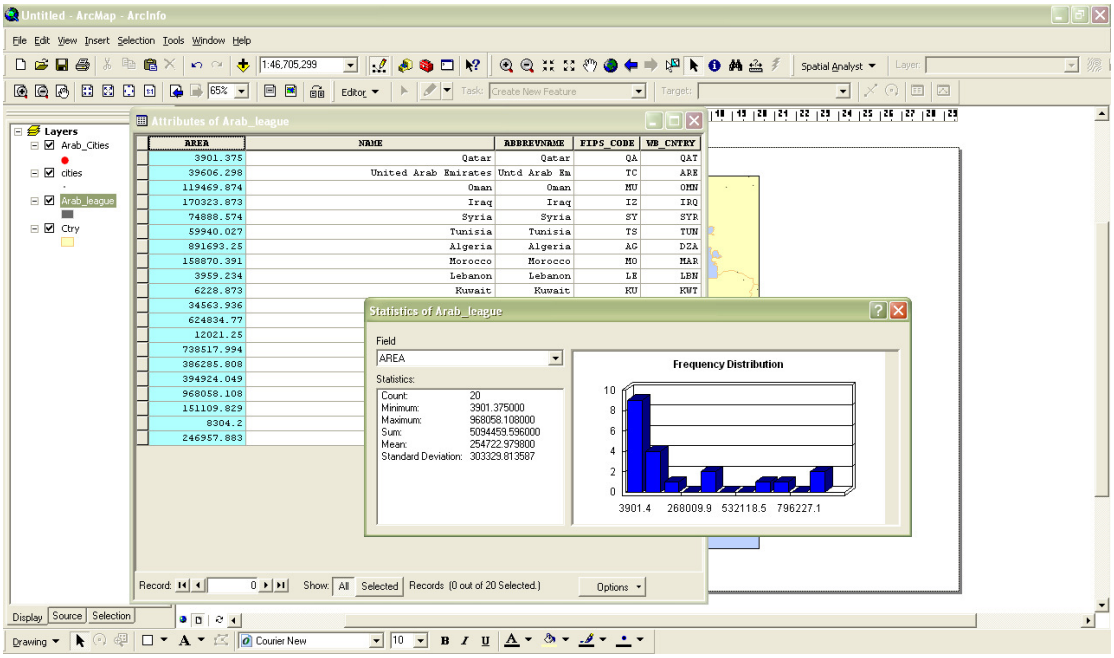
ويبين شكل30 وظيفة اشتقاق الإحصائيات من حقل المساحة في برنامج ArcGIS الخاص بنظم المعلومات الجغرافية.



شكل29 . مجموعة بلدان الجامعة العربية.

جدول2 . قاعدة بيانات مجموعة بلدان الجامعة العربية.

AREA	NAME
3901.375	Qatar
39606.298	United Arab Emirates
119469.874	Oman
170323.873	Iraq
74888.574	Syria
59940.027	Tunisia
891693.250	Algeria
158870.391	Morocco
3959.234	Lebanon
6228.873	Kuwait
34563.936	Jordan
624834.770	Libya
12021.250	Palestine
738517.994	Saudi Arabia
386285.808	Egypt
394924.049	Mauritania
968058.108	Sudan
151109.829	Yemen
8304.200	Djibouti
246957.883	Somalia



شكل30 : وظيفة اشتقاق الإحصائيات في برنامج ArcGIS.

تلخيص البيانات Data Summarizing

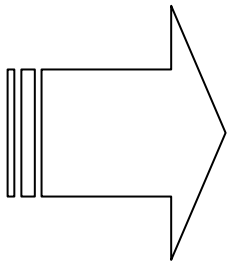
في تلخيص البيانات يقوم مستخدم نظام المعلومات الجغرافي أولا بتحديد حقل يحتوي على قيم متكررة مثل استخدام الأراضي، ثم يقوم بتلخيص بيانات حقل آخر مستخدما الحقل الأول، كأن يقوم بفرز نوعيات استخدام الأرض كل نوع بإجمالي مساحته.

قد يكون من الأفضل شرح تلخيص البيانات باستخدام مثال مبسط. جدول2 الذي يبين قاعدة البيانات الملحقة بخريطة بلدان الجامعة العربية، إذا أضيف له حقل يمثل القارة التي تقع فيها الدولة العربية سوف يصبح مثل هذا المبين في جدول3 . يمكن عمل تلخيص لبيانات القارة عن طريق البيانات الموجودة في الحقول الأخرى، كأن يعرف إجمالي مساحة الدول العربية في كل قارة عندئذ سوف يتم ترتيب الجدول على أساس القارة ثم يتم جمع مساحات الدول العربية في كل قارة وأخيراً يتم وضع النتيجة في جدول جديد.

يمكن أن تستعمل لتخليص البيانات جميع الوظائف الحسابية والإحصائية مع الحقول التي تحتوي بيانات رقمية مثل المجموع و القيمة الصغرى والقيمة العظمى والمتوسط والوسيط والمنوال والتشتت والانحراف المعياري. أما غير الحقول الرقمية فلا يقدم تلخيصها معلومات ذات مغزى.

جدول3 : طريقة تلخيص البيانات

AREA	NAME	Continent	AREA	NAME	Continent	Sum
3901.375	Qatar	Asia	59940.027	Tunisia	Africa	
39606.298	United Arab Emirates	Asia	891693.250	Algeria	Africa	
119469.874	Oman	Asia	158870.391	Morocco	Africa	
170323.873	Iraq	Asia	624834.770	Libya	Africa	
74888.574	Syria	Asia	386285.808	Egypt	Africa	3739868.486
59940.027	Tunisia	Africa	394924.049	Mauritania	Africa	
891693.250	Algeria	Africa	968058.108	Sudan	Africa	
158870.391	Morocco	Africa	8304.200	Djibouti	Africa	
3959.234	Lebanon	Asia	246957.883	Somalia	Africa	
6228.873	Kuwait	Asia	3901.375	Qatar	Asia	
34563.936	Jordan	Asia	39606.298	United Arab Emirates	Asia	
624834.770	Libya	Africa	119469.874	Oman	Asia	
12021.250	Palestine	Asia	170323.873	Iraq	Asia	
738517.994	Saudi Arabia	Asia	74888.574	Syria	Asia	
386285.808	Egypt	Africa	3959.234	Lebanon	Asia	1354591.110
394924.049	Mauritania	Africa	6228.873	Kuwait	Asia	
968058.108	Sudan	Africa	34563.936	Jordan	Asia	
151109.829	Yemen	Asia	12021.250	Palestine	Asia	
8304.200	Djibouti	Africa	738517.994	Saudi Arabia	Asia	
246957.883	Somalia	Africa	151109.829	Yemen	Asia	

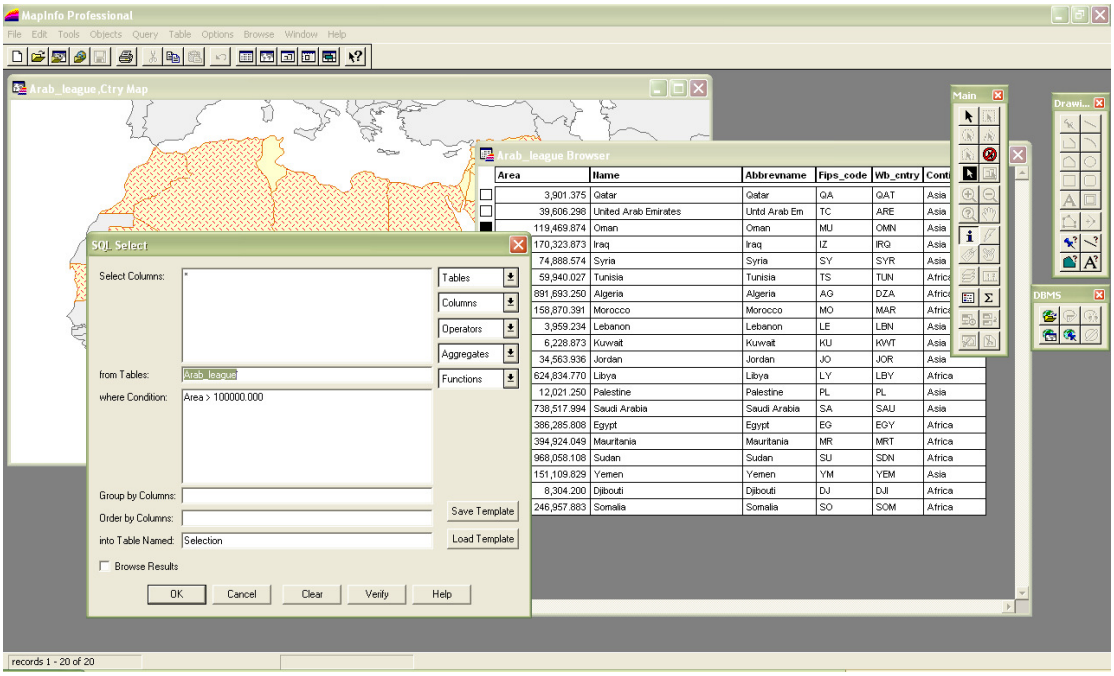


Continent	Sum_Area
Africa	3739868
Asia	1354591

الاستعلامات Queries

الاستعلامات هي أسئلة توجد إجاباتها في الجداول، وتستعمل لغة خاصة لكتابة هذه الاستعلامات يطلق عليها لغة الاستعلامات البنائية Structured Query Language (SQL) وهي لغة قامت شركة IBM بتصميمها في وائل تسعينات القرن الماضي لتستخدم مع قواعد البيانات Databases أو نظم المعلومات التي تحتوي مكون لقواعد البيانات مثل نظم المعلومات الجغرافية و نظم المعلومات الإدارية.

كمثال توضيحي لما هو الاستعلام سؤال مثل ما هي الدول العربية التي تزيد مساحتها عن مليون كم مربع، مثل هذا السؤال يحتوي الجدول السابق على إجابته، وللحصول على الإجابة والتي تكون في صورة جدول مقتبس من الجدول الأساسي يجب استخدام ما يسمى بتعبير الـ SQL، تدعم معظم نظم قواعد البيانات ونظم المعلومات الجغرافية لغة SQL القياسية، كما تقدم أداة معالج Wizard تساعد المستخدم غير الخبير في لغة SQL على كتابة مثل هذه التعبيرات. يبين شكل31 المعالج المستخدم في البرنامج MapInfo Professional 8.0 لمساعدة مستخدم البرنامج.



شكل31 . معالج SQL في برنامج MapInfo Professional

تقوم هذه المعالجات بكتابة وتنفيذ التعبير نيابة عن المستخدم وتختار السجلات التي تحقق الاستعلام، كما يمكن للمستخدم استخدام أي محرر لتعبيرات ثم تحميل التعبير في المعالج.

```
SELECT Arab_league.AREA
FROM Arab_league
WHERE (((Arab_league.AREA)>1000000));
```

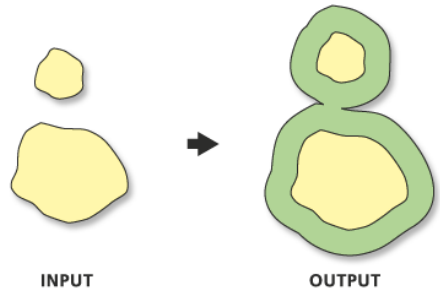
شكل32 . نموذج لتعبير استعلام مكتوب بالـ SQL.

تحليل البيانات الرسومية

يطلق التحليل الذي يعتمد على البيانات الرسومية أسم التحليل المكاني Spatial Analysis وهو نوع من التحليلات يقوم على العلاقات بين الرسوم التي تمثل الظواهر الجغرافية، وينقسم هذا النوع من التحليلات إلى قسمين رئيسين هما إنشاء الحرم Buffer Generation والاستعلام المكاني Spatial Queries.

إنشاء الحرم Buffer Generation

إنشاء حرم حول ظاهرة جغرافية يعني رسم مضلع يحيط بالظاهرة من كل جانب تبعد حافته عن حافة الظاهرة مسافة معينه يطلق عليها مسافة الحرم Buffer Distance وهو ما يوضحه شكل33 .



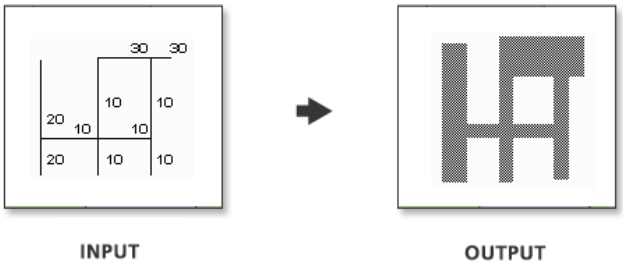
شكل33 . إنشاء الحرم.

تعمل وظيفة إنشاء الحرم في بعدين فقط أي لا تأخذ في الاعتبار البعد الثالث، وهو ما يجب أخذه في الاعتبار عند استخدام هذه الوظيفة.

يمكن تحديد مسافة الحرم بطريقتين:

الطريقة الأولى هي المسافة الثابتة Fixed Distance وفيها تكون حافة الحرم تبعد عن حافة الظاهرة الجغرافية موضوع الدراسة مسافة ثابتة مثل الحالة المبينة في شكل33 ، وقد يكون الوضع أكثر تعقيدا من هذا حيث يمكن أن يكون الحرم ثابت المسافة لكن عديد الحلقات Multi rings حيث يتم إنتاج مجموعة من الحرم المتداخلة يبعد كل حرم عن الذي يليه بمسافة تساوي مسافة الحرم.

النوع الثاني هو الحرم الذي تحدد مسافاته تفاعلياً ويسمى حرم متغير المسافة Varied Distance وغالباً ما يتم ذلك عن طريق قيمة مختزنة في حقل بجدول الشفافة، ويبين شكل34 أحد حالات الحرم المتغير المسافة حيث يتم رسم حرم حول كل خط تحدد مسافاته بالقيمة المكتوبة على الخط وهي قيمة مختزنة في أحد الحقول.



شكل34 . حرم متغير المسافة.

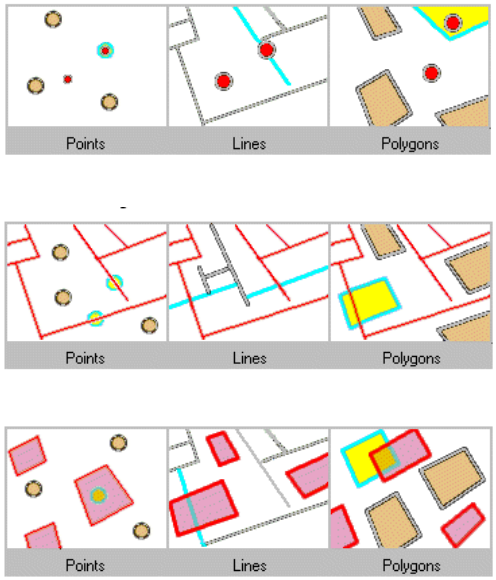
الاستعلام المكاني Spatial Query

نوع من الاستعلامات لا يوجد له مقابل في نظم إدارة قواعد البيانات، حيث يقوم بإختيار الظواهر الجغرافية من الشفافة بناء على تعبير يسأل عن الموقع Location أو على العلاقات المكانية Spatial Relationships. حيث يتم صياغة السؤال في شكل شفافة سؤال تحقق مجموعة من الكائنات الجغرافية في شفافة أخرى يطلق عليها أسم شفافة الإجابة عن طريق علاقة مكانية. مثلا ما هي المدن الواقعة على ضفاف نهر النيل، حيث تمثل شفافة السؤال الشفافة التي تحتوي على نهر النيل بينما شفافة الحل هي الشفافة التي تمثل المدن وأخيراً فإن العلاقة المكانية هي تقاطع المدن مع النهر.

يوجد عدد من العلاقات المكانية التي تتفق على دعمها معظم برمجيات نظم المعلومات الجغرافية، تشتمل هذه العلاقات المكانية على ما يلي:

علاقة التقاطع Intersect

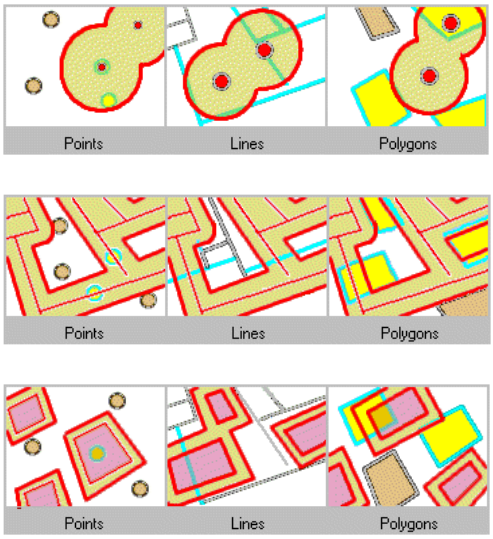
وفيها يتم اختيار أي ظاهرة في شفافة الحل تتقاطع مع الظاهرة المختارة في شفافة السؤال. يبين شكل35 ثلاثة نماذج لعلاقة التقاطع لأنواع مختلفة من الأشكال الهندسية.



شكل35 . علاقة التقاطع.

في حيز من Are within distance of

في هذه العلاقة يتم إختيار الكائنات الجغرافية من شفافة الحل التي تقع داخل مسافة محددة من ظاهرة ما في شفافة السؤال، ويبين شكل36 نماذج مختلفة لتحقق هذه العلاقة.



شكل36 . علاقة Are within distance of.

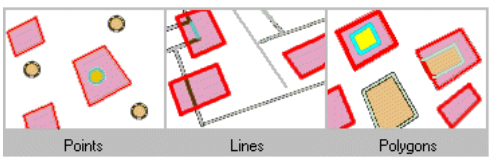
العلاقة Completely Contain

تعمل هذه العلاقة بشرط أن تكون شفافة الحل من النوع المضلع Polygon، حيث يقوم المستخدم باختيار المضلعات في شفافة الحل الواقعة التي تحتوي بالكامل كائنات من شفافة السؤال. ويبين شكل37 كيف تحدث هذه العلاقة.

شكل37 . العلاقة Completely Contain.

العلاقة Are Completely Within

تعمل هذه العلاقة بشرط أن تكون شفافة السؤال من النوع المضلع Polygon، حيث يقوم المستخدم باختيار الكائنات في شفافة الحل الواقعة في بالكامل داخل مضلعات من شفافة السؤال. يبين شكل38 هذا النوع من العلاقات.



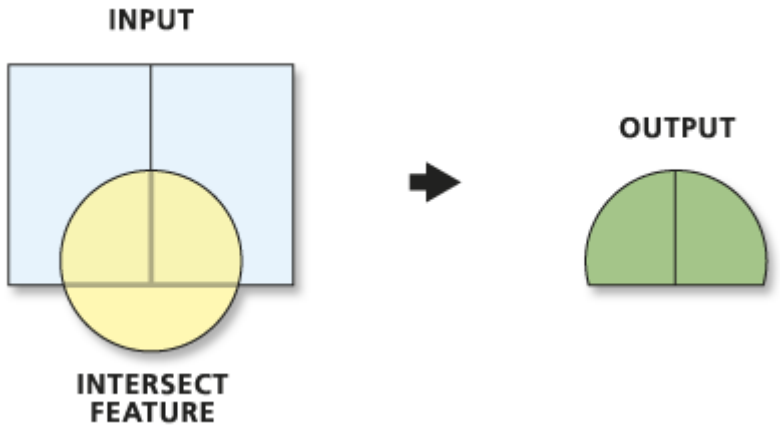
شكل38 . العلاقة Are Completely Within.

الفصل الخامس: تحليل التراكب Overlay Analysis

تحليل التراكب Overlay Analysis أو المعالجات الجغرافية Geoprocessing كما تشير بعض المراجع، هو نوع من التحليلات يعتمد هذا النوع من على تنفيذ عمليات على شفافة أو أكثر وإنتاج شفافة جديدة، ويشترط في الشفافات الممكن تنفيذ هذا النوع من العمليات عليها أن تكون (١) خطية Vector، (٢) موحدة المسقط والشبكة الإحداثية. الشفافة الجديدة تعتبر وليدة الشفافات الداخلة في عملية التراكب فتحمل صفات رسومية من الشفافات الأم، كما تحمل صفات جدولية من نفس الشفافات. يضم هذا النوع من التحليلات ستة تحليلات رئيسية نتعرض لها بالتفصيل فيما يلي.

تحليل التقاطع Intersect

مدخلات تحليل التقاطع هي شفافتين على الأقل، والمنتج النهائي عن هذا النوع من التحليل هو شفافة تمثل تقاطع الرسوم المكونة للشفافات المدخلة، ولها قاعدة بيانات تمثل دمج لقواعد البيانات الخاصة بالشفافات المدخلة.

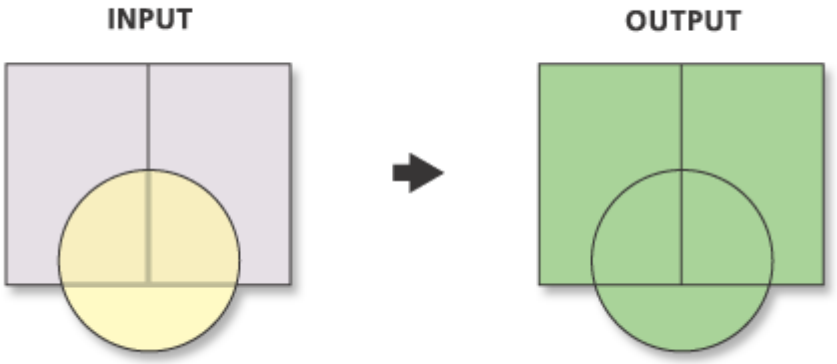


شكل39 . تحليل التراكب بالتقاطع.

في شكل39 رسم إيضاحي لماهية تحليل التراكب بالتقاطع، حيث تمثل الشفافات على اليسار مدخلات عملية تحليل التراكب أما الشفافة على اليمين فهي تبين الشفافة الناتجة عن عملية التقاطع. في هذه العملية تحمل المضلعات الناتجة في الشفافة الناتجة الخصائص Attributes الخاصة بالمساحات المناظرة في الشفافات المدخلة.

تحليل الإتحاد Union

على عكس تحليل التقاطع فإن الشفافة الناتجة من تحليل الإتحاد تضم رسوم الشفافات المدخلة كلها، وليس المناطق المشتركة بينهم فقط.

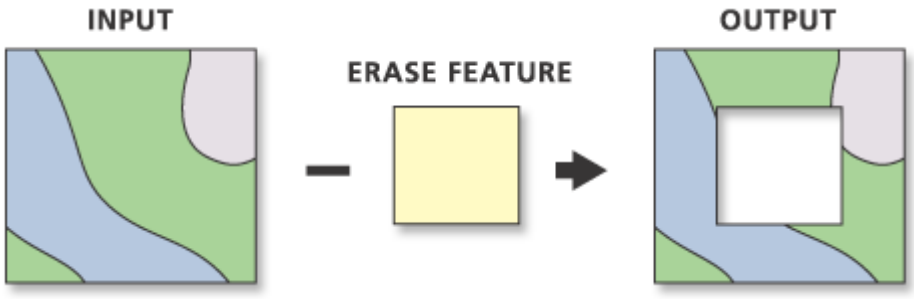


شكل40 . تحليل التراكب بالاتحاد.

الشكل السابق يبين ما يحدث بالنسبة للرسوم المدخلة حيث يتم دمجها كلها في شفافة واحدة، كما يتم دمج قواعد البيانات كلها في قاعدة بيانات واحدة، وهنا لابد من مناقشة سؤال هو في حالة الإتحاد فإن الشفافة الناتجة سوف تحتوي على رسوم لها نظير في إحدى الشفافتين فقط، مما يعني أن لها أوصاف Attributes في الشفافة التي كانت تحتويها فقط. وبالرغم من ذلك فإن هذا الرسم في الشفافة الناتجة يحتوي أوصاف من كل قواعد البيانات فماذا سوف يحدث بالنسبة للأوصاف التي لا يوجد لها مقابل في الشفافة التي جاءت منها مثل هذه المساحة، الجواب ببساطه أن هذه الأوصاف لن يجرى تخصيصها بمعنى أنه سيكون للحقول في هذه السجلات قيم فارغة Null Values.

تحليل المحو Erase

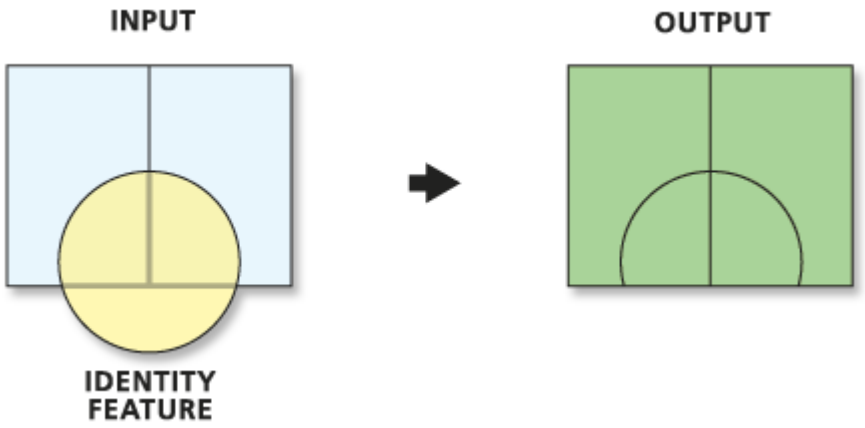
في هذا النوع من التحليل تستخدم شفافتين على الأقل تستخدم واحدة منهما لمحو الأجزاء التي تتقاطع بينهم من الشفافة الأخرى، وتعتبر الشفافة الناتجة هي نفسها الشفافة الداخلة بعد محو الجزء المشترك مع الشفافة الأخرى مما يعني أن الشفافة الناتجة سيكون لها نفس تصميم قاعدة البيانات للشفافة الأصلية. يبين شكل41 عملية التحليل بالمحو.



شكل41 . تحليل التراكب بالمحو.

تحليل التعيين Identify

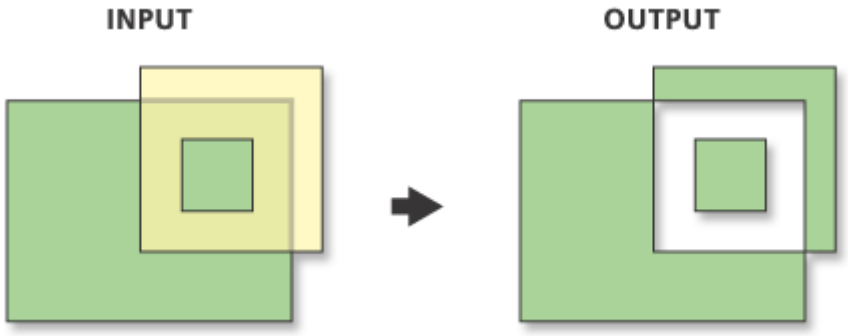
هذا النوع من التحليل يدمج بين خصائص العمليات union و erase. حيث تشترك شفافاتان في العملية، الشفافاتان تشتركان في مساحة، تقوم عملية التعيين بتوحيد الشفافة الأولى والثانية معا، ثم تقوم بمحو الجزء الغير مشترك بينهما والذي ينتمي للشفافة الثانية فقط. ويبين شكل42 طريقة عمل تحليل التراكب بالتعيين.



شكل42 . تحليل التراكب بالتعيين.

تحليل الفرق التماثلي Symmetrical Difference

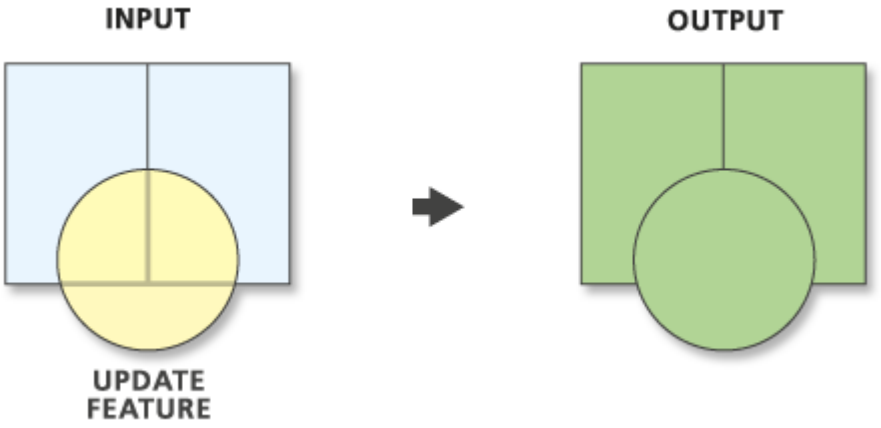
في هذا النوع من التحليلات يتم عمل union للشفافات مع استبعاد المنطقة المشتركة بين الشفافات كما هو مبين في شكل43 .



شكل43 . تحليل التراكب بالفرق التماثلي.

تحليل التحديث Update

في هذا النوع من التحليل يتم إحلال معالم الشفافة بمعالم شفافة التحديث كما هو مبين في شكل 44.



شكل44 . تحليل التراكب بالتحديث.

الفصل السادس: تحليل الإقتراب Proximity Analysis

أدوات تحليل الأقتراب هي مجموعة من الأدوات التي تستعمل لتقرير قرب الأشكال المكانية Spatial Features بالقرب من أو بالنسبة إلى أشكال مكانية أخرى. هذه الأدوات يمكن أن تميّز الأشكال المكانية التي أقرب إلى أحدهما الآخر، يحسب المسافات حولهم، وكما يمكن أن تحسب المسافات بينهم. تشتمل هذه الأدوات على عائلتين إثنتين لتقرير قرب الأشكال المكانية بالنسبة لما يحيط بها. هذه العائلات هي:

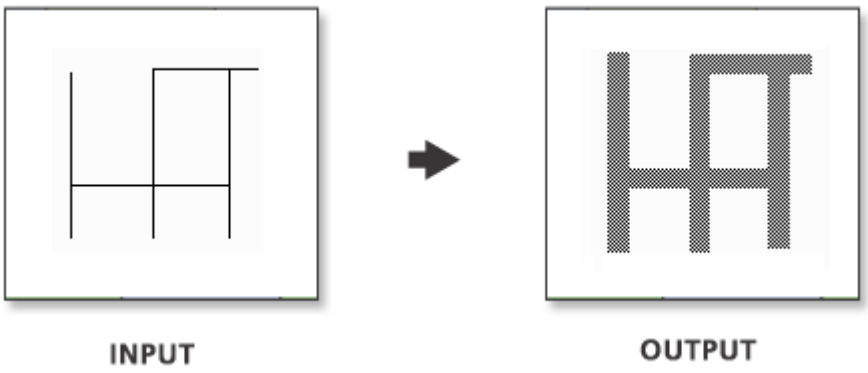
الحرم Buffer

الحرم هو عائلة من الأدوات التي تقوم بتوليد أشكال جديدة بالاعتماد على أشكال موجودة بالفعل، الأشكال الجديدة تكون من فئة الشفافات المضلعة Polygon Features. يكون حرف الشكل المضلع على مسافة ثابتة أو متغيره من الشكل الأصلي.

تشتمل عائلة الحرم على ثلاثة أنواع من الحرم هي:

الحرم ثابت المسافة Fixed Distance Buffer

هو أداة أشكال جديدة بالاعتماد على أشكال موجودة بالفعل بحيث يكون حرف الشكل المضلع على بعد ثابت من الشكل الأصلي.



شكل45 . الحرم ثابت المسافة.

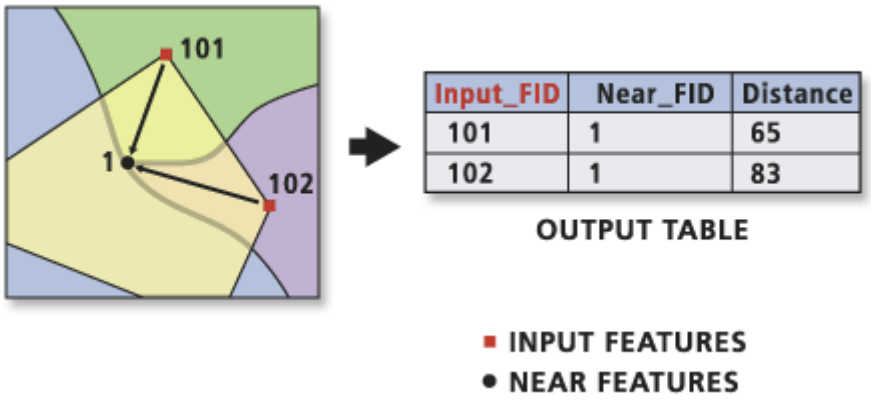
الحرم المتعدد الحلقات Multiple Ring Buffer

هذا النوع هو عبارة عن حرم ثابت المسافة متكرر، وقد يكون التكرار على بعد ثابت هو مسافة الحرم، أو على مسافات متغيرة يتم الإحتفاظ بها في أحد حقول الشفافة الأصلية، وفي هذه الحالة يطلق على هذا النوع من الحرم الأسم Field Based Multiple Ring Buffer.

شكل46 . حرم متعدد يعتمد على قيمة حقلية.

تحديد القرب

تستخدم هذه الوظائف شفافتين لتقوم بعملين معاً، العمل الأول تحديد الشكل الأقرب في الشفافة الثانية لكل شكل في الشفافة الأولى، ثم يعين قيمة المسافة الفاصلة بين هذين الشكلين.



شكل47 . أدوات القرب.

الفصل السابع: مقدمة في تحليل بيانات الصور النقطية Raster

يستخدم نموذج بيانات الصور النقطية لتمثيل عدد كبير من المتغيرات في نظم المعلومات الجغرافية، فمعظم البيانات التي لها طبيعة متصلة مثل ارتفاعات سطح الأرض، أملاح التربة، درجات حرارة الهواء... إلخ يتم تمثيلها بهذا النموذج من البيانات، كما أن صور الأقمار الصناعية والصور الجوية يمكن التعامل معها من خلال نظم المعلومات الجغرافية كصور نقطية.

نظراً لأهمية هذا النوع من البيانات، وإمكانية توظيفه في العديد من التطبيقات، فقد أبتكر دارسي نظم المعلومات الجغرافية العديد من طرائق تحليل هذا النوع من البيانات واستخراج المعلومات منه.

موضوع هذا الفصل هو التعرف على بيانات الصورة النقطية وأساسيات تحليل هذا النوع من البيانات.

ما هي بيانات الصور النقطية

تتكون بيانات الصور النقطية من شبكات من الأعمدة والصفوف، يتقاطع كل صف مع كل عمود في مساحة مربعة يطلق عليها أسم عنصر الصورة Picture Element واختصاراً Pixel، هذه المساحة المربعة تناظر مساحة من سطح الأرض. كل بكسل في الصورة النقطية له قيمة عددية تمثل المتغير موضوع الدراسة، أي المتغير الذي تمثله شفافة الصورة النقطية.

فإذا كانت شفافة الصورة النقطية مثلاً تمثل انحدار الأرض، فإن القيم الرقمية في البكسلات تمثل متوسط انحدار الأرض في المساحة التي يمثلها البكسل.

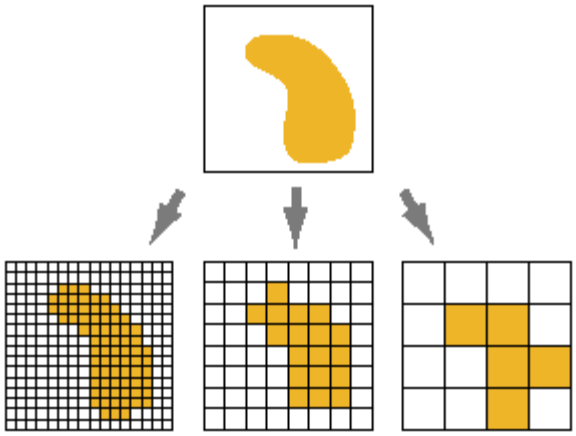
80	74	62	45	45	34	39	56
80	74	74	62	45	34	39	56
74	74	62	62	45	34	39	39
62	62	45	45	34	34	34	39
45	45	45	34	34	30	34	39

شكل 48: تكوين الصورة النقطية

دقة البكسل

البكسل هو عبارة عن مساحة مربعة تمثل مساحة مناظرة من سطح الأرض، وتتحدد هذه المساحة بطول حرف المربع والذي يشار إليه بدقة البكسل، وكثيراً ما يحدث خلط بين دقة البكسل ومساحة البكسل حيث أن دقة البكسل هي مجرد طول حرف البكسل أما مساحة البكسل فهي حاصل ضرب طول حرف البكسل في نفسه.

تحدد دقة البكسل جودة البيانات الممثلة باستخدام الصور النقطية، فكلما قلت القيمة العددية لدقة البكسل زادت جودة الصورة النقطية، فمثلاً الصورة التي دقة بكسلها متر واحد أقل من تلك التي دقة بكسلها نصف متر. ويبين الشكل التالي الطريقة التي تؤثر بها دقة البكسل في جودة الصورة النقطية.

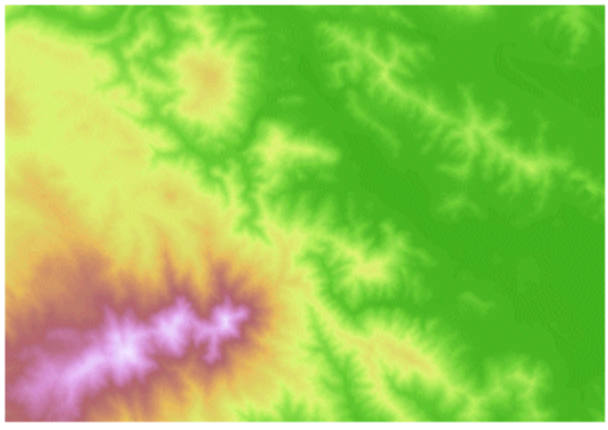


شكل 49: تأثير دقة البكسل على جودة الصورة النقطية.

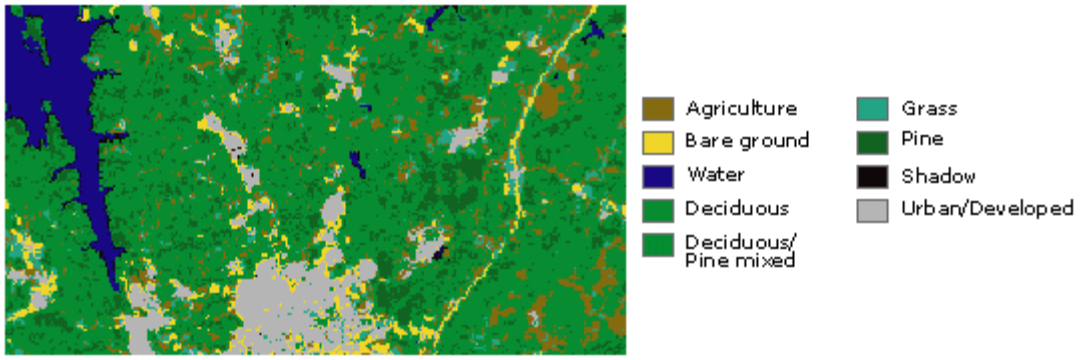
القيمة العددية للبكسل

تبعاً لطبيعة البيانات العددية المختزنة في البكسلات يتم تقسيم بيانات الصور النقطية إلى عائلتين، العائلة الأولى هي عائلة الصور النقطية المتصلة حيث تكون القيم العددية المختزنة في البكسلات من النوع الرقمي الحقيقي Real (Float) Numbers، والعائلة الثانية هي عائلة الصورة النقطية الموضوعية Thematic Raster حيث تكون القيم العددية المختزنة في البكسلات من النوع الرقمي الصحيح Integer Numbers.

وعادة ما لا يمكن التعرف على تمايز البيانات في الصور النقطية المتصلة بالعين البشرية مثل تلك المعروضة في شكل 50 بينما يمكن التعرف على هذا التمايز في الصورة النقطية الموضوعية مثل تلك المعروضة في شكل 51 .



شكل 50: صورة نقطية متصلة تمثل الارتفاع عن سطح الأرض.

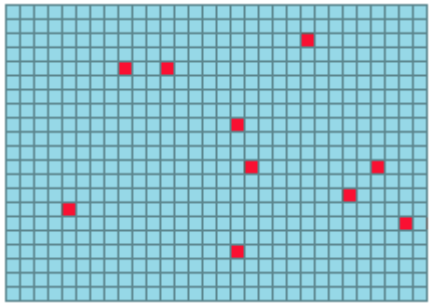


شكل 51: صورة نقطية موضوعية تمثل الغطاء الأرضي.

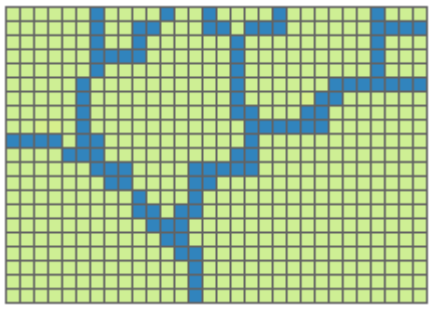
تمثيل الظواهر الجغرافية باستخدام الصور النقطية

عند استخدام نموذج البيانات الإتجاهية، فإن الظواهر الجغرافية تتمثل باستخدام ثلاثة أشكال رئيسية هي النقطة والخط والمضلع، وهذه الأشكال الثلاثة تستخدم لتمثيل طيف عرض من الظواهر الجغرافية خاصة تلك المصطنعة منها. لكن عند استخدام نموذج الصورة النقطية فإن هذه الظواهر لابد وأن تتمثل في صورة بكسلات.

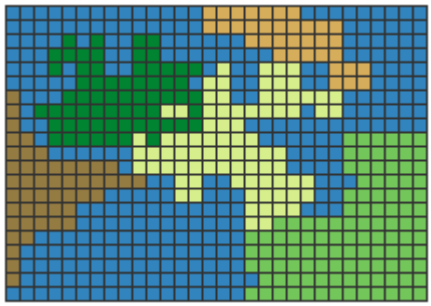
عند تمثل ظواهر نقطية باستخدام بيانات الصور النقطية فإن هذه الظواهر يتم تمثيلها في صورة بكسلات منفردة مثلما هو مبين في بينما عند تمثيل الظواهر الخطية فإنها تظهر في صورة سلسلة من البكسلات مثلما هو مبين في أما الظواهر المضلعة فتتخذ شكل الحزم كما في .



شكل 52: ظواهر جغرافية نقطية ممثلة باستخدام نموذج الصورة النقطية.



شكل 53: ظواهر جغرافية خطية ممثلة باستخدام نموذج الصورة النقطية.



شكل 54: ظواهر جغرافية مضلعة ممثلة باستخدام نموذج الصور النقطية.

تحليل بيانات الصور النقطية

بيانات الصور النقطية هي في حقيقتها سلاسل من الأرقام، لذلك فإن جميع خوارزميات التحليل التي تم تصميمها لإشتقاق المعلومات من بيانات الصور النقطية تعتمد في جوهرها على العمليات الرياضية.

خوارزميات التحليل المتاحة تعتمد على مقاربتان للتعامل مع بيانات الصورة النقطية، المقاربة الأولى هي عبارة عن تلك الخوارميات التي تدرس علاقة البكسل بما يجاوره من بكسلات ويطلق على هذا النوع من الخوارزميات أسم تحليل الجوار Neighborhood Analysis. أما المقاربة الأخرى فتدرس علاقة البكسل بالبكسل المناظر له في المكان لكنه ينتمي إلى شفافة أخرى وهو ما يطلق عليه جبر الصور النقطية Raster Algebra.

تحليل الجوار

هي عائلة من الخوارزميات التي تقوم بإنتاج شفافة جديدة لكل بكسل فيها قيمة رقمية تمثل نتاج تنفيذ عملية رياضية معينة على البكسلات المجاورة لموقع هذه البكسلة في الشفافة المدخلة إلى الخوارزمية.

جبر الصور الرقمية

هي عائلة من الخوارزميات التي تنفذ عمليات رياضية مختلفة على مجموعة من البكسلات تشغل نفس الموقع الجغرافي في شفافات عدة، وتكون نتيجة تنفيذ أي من هذه الخوارزميات هو شفافة جديدة لكل بكسل فيها قيمة عددية تساوي ناتج تنفيذ العملية الرياضية المختارة على البكسلات المناظرة في الشفافات المدخلة.

في الفصول التالي سنتعرض لواحد من أهم أنواع تحليلات الصور النقطية وهو تحليل السطوح الطبوغرافية.

الفصل الثامن: تحليل السطوح الطبوغرافية

تحليل السطوح الطبوغرافية من أهم أنواع التحليلات التي لا يستغني عنها أي من مستخدمي نظم المعلومات الجغرافية حيث له العديد من التطبيقات الهندسية والزراعية والبيئية والمساحية وفي كثير من المجالات التي يسعها الحصر.

فكرة تحليل السطوح الطبوغرافية ببساطة هي أنشاء صورة نقطية تمثل ارتفاعات سطح الأرض، ثم تنفيذ سلسلة من الخوارزميات بغرض اشتقاق المعلومات الطبوغرافية من هذه الصورة النقطية.

نموذج الارتفاعات الرقمي Digital Elevation Model

نموذج الارتفاعات الرقمي هو حجر الأساس الذي يبنى فوقه تحليل السطوح الطبوغرافية. يمكن تعريف نموذج الارتفاعات الرقمية بأنه صورة نقطية كل بكسل فيها يحتوي على قيمة رقمية تمثل متوسط ارتفاع سطح الأرض في مساحة هذا البكسل.

يمكن الحصول على نموذج الارتفاعات الرقمية بطرق عدة:

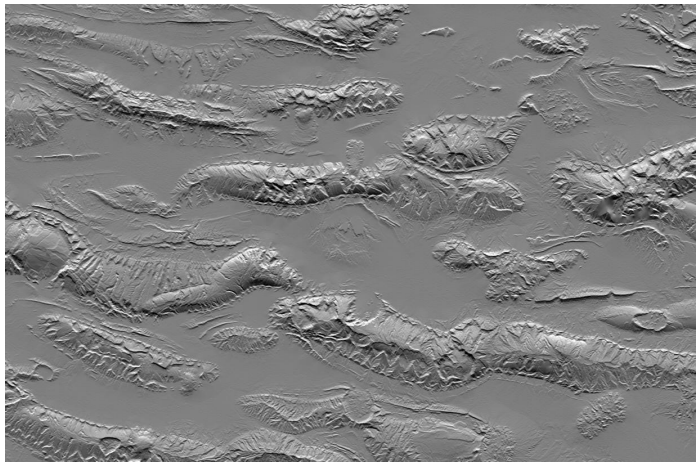
- بيانات جاهزة منتجة بواسطة جهات متخصصة.
- من خلال صور الأقمار الصناعية المخصصة لإنتاج نماذج ارتفاعات رقمية مثل SPOT Ortho أو SRTM.
- من خلال عمليات الاستكمال Interpolation لبيانات مجموعة حقلياً أو محولة رقمياً من الخرائط.

بيانات جاهزة بواسطة جهات متخصصة

تقوم عدد من الجهات في الدول المتقدمة بإنتاج بيانات صور نقطية تمثل نماذج الارتفاعات الرقمية في المناطق المسئولة عنها هذه الجهات، مثل بيانات GTOPO التي تنتجها المساحة الجيولوجية الأمريكية. وللأسف تفتقر البلاد العربية لمثل هذا النشاط.

من صور الأقمار الصناعية

هناك بعض الأقمار الصناعية المخصصة لإنتاج صور نقطية تمثل نماذج ارتفاعات رقمية. من أهم هذه الأقمار الصناعية القمر الصناعي الفرنسي SPOT الذي يوفر صور تعرف باسم SPOT Ortho وتتوفر هذه الصور بدقات مساحية ٢.٥ متر و ٤ متر. أما الصور أكثر شيوعاً فهي الصور التي ينتجها القمر الصناعي SRTM وتغطي معظم العالم بين دائرتي عرض ٦٠ شمالاً وجنوباً، ويمكن الحصول عليها مجاناً بدقة ٩٠ متر و ٩٠٠ متر تقريباً.



شكل 55: صورة نقطية للارتفاعات تمثل جبال زجاروس في أيران منتجة بالقمر الصناعي SRTM.

طرق الاستكمال Interpolation Methods

طرق الاستكمال هي خوارزميات رياضية تتطلب عينة من النقاط معلومة الارتفاع في منطقة ما، حيث تقوم بإجراء عملية تنبؤ حسابي لجميع ارتفاعات المنطقة وتختزن الناتج في صورة نقطية. هناك عدد من الخوارزميات التي تستخدم لهذا الغرض لكن أهمها على الإطلاق هي خوارزمية وزن المسافة المعكوس Inverse Distance Weight وخوارزمية SPLINE.

الخصائص الطبوغرافية

يمكن اشتقاق عدد من الخصائص الهامة من نموذج الارتفاعات الرقمي، هذه الخصائص هي:

- الانحدار
- التوجيه
- ظلال الأرض
- خطوط الكونتور

الانحدار Slope

يقصد بانحدار الأرض ميل الأرض على خط الأفق. يمكن قياس الانحدار بطريقتين، الطريقة الأولى وهي الطريقة السائدة بين الجغرافيين ودارسي الجيومورفولوجيا حيث يقدر الانحدار بالدراجات الستينية. والطريقة الثانية وهي الطريقة المفضلة لدي مهندس الطرق والجسور والترع حيث يقدر الانحدار بقيمة ظل الزاوية أو بالتغير في الارتفاع في كل مائة متر طولي.

ولحساب الانحدار من نموذج الارتفاعات الرقمي تقوم الخوارزمية المسئولة عن حساب الانحدار بقسمة الفارق في الارتفاع بين كل بكسل وما يجاورها على طول الخط الواصل بين مركز البكسل (والذي يساوي طول حرف البكسل) ويتم اختزان قيمة الانحدار في البكسل المناظر في المحل في شفافة الانحدار.

يفيد الانحدار عند تصميم الترع والقنوات وعند اختيار الأماكن المناسبة للتوسع العمراني كما يلعب دوراً هاماً في تعريف واستخلاص الظواهر الجيومورفولوجية من نماذج الارتفاعات الرقمية.

التوجيه Aspect

عندما تكون الأرض منحدرة (غير مسطحة) فإنها تواجه ناحية من الجهات الجغرافية (شمال، شمال شرق ... إلخ)، الشفافة التي تختزن في بكسلاتها قيم تمثل الزاوية التي تواجها هذه البكسلة في نموذج الارتفاع الرقمي مقدرة على المقياس الستيني هي شفافة التوجيه. وفي هذه الشفافة تتراوح قيم البكسلات الرقمية بين ٠ و٣٦٠ للإشارة إلى الاتجاه الذي تواجهه الأرض، بينما تستخدم القيمة -١ للإشارة إلى الأرض المسطحة.

وكما الانحدار يلعب التوجيه أيضاً دوراً هاماً في التطبيقات المذكورة سلفاً.

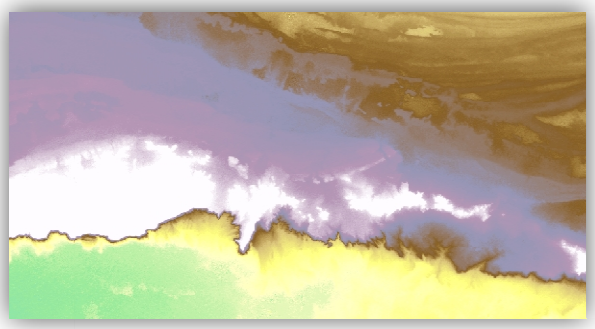
ظلال الأرض Hill Shades

ظلال الأرض تمثل الإضاءة الافتراضية لسطح الأرض نتيجة وجود الشمس على ارتفاع وزاوية سمت معينة. وتمنح ظلال الأرض للبيانات مظهر ثلاثي الأبعاد.

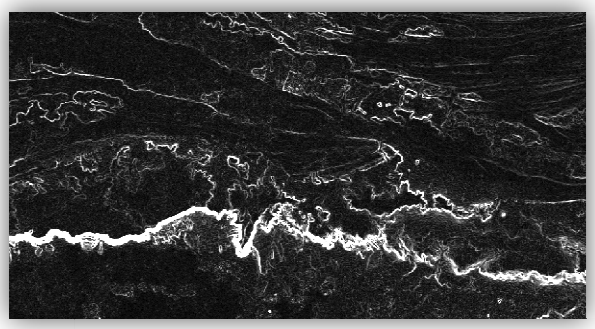
خطوط الكونتور Contours

خطوط الكونتور أشهر من أن تعرف، لكن ما يهم هو خوارزمية اشتقاقها، حيث تقوم هذه الخوارزمية بتتبع جميع البكسلات المتجاورة والتي لها نفس الارتفاع المقدر من قبل مستخدم الخوارزمية.

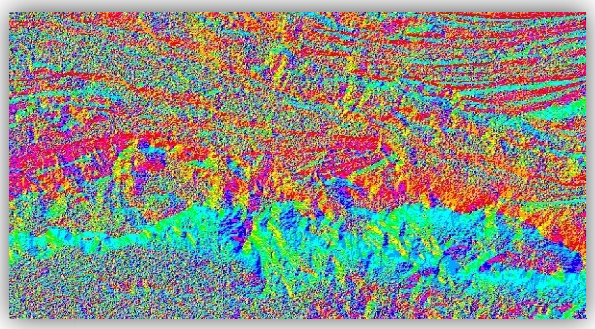
الأشكال التالية تبين بالتتابع عملية تحليل خصائص السطح لمنطقة رأس القطارة في جمهورية مصر العربية. استخدمت بيانات STRM للحصول على نموذج الارتفاعات الرقمي الأساسي وهو المبين في شكل 56، ثم اشتق منه الانحدار مقدراً بقيمة ظل الزاوية وهو المبين في شكل 57 حيث تظهر المناطق ذات الانحدار الكبير باللون الأبيض والمناطق المسطحة باللون الأسود وتتناسب درجة اللون الرمادي مع انحدار الأرض. ثم تم اشتقاق توجيه الأرض وهو المبين في شكل 58. في هذا الشكل يظهر كل اتجاه من الاتجاهات الجغرافية بأحد الأوان، ويبين اللون الأزرق السماوي في أسفل الصورة توجه حواف منخفض القطارة نحو الجنوب. وأخيراً يتم اشتقاق خطوط الكونتور بفاصل كونتوري مائة متر وهو المبين في شكل 59.



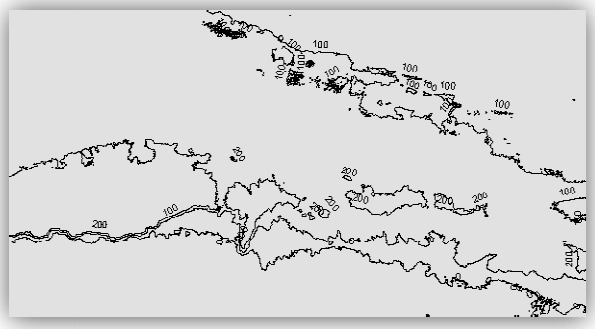
شكل 56: نموذج الارتفاعات الرقمي مشتق من بيانات SRTM.



شكل 57: الانحدار مقدر بظل لزاوية.



شكل 58: توجيه الأرض.



شكل 59: خطوط الكونتور.

تحليل الخصائص الهيدرولوجية لسطح الأرض

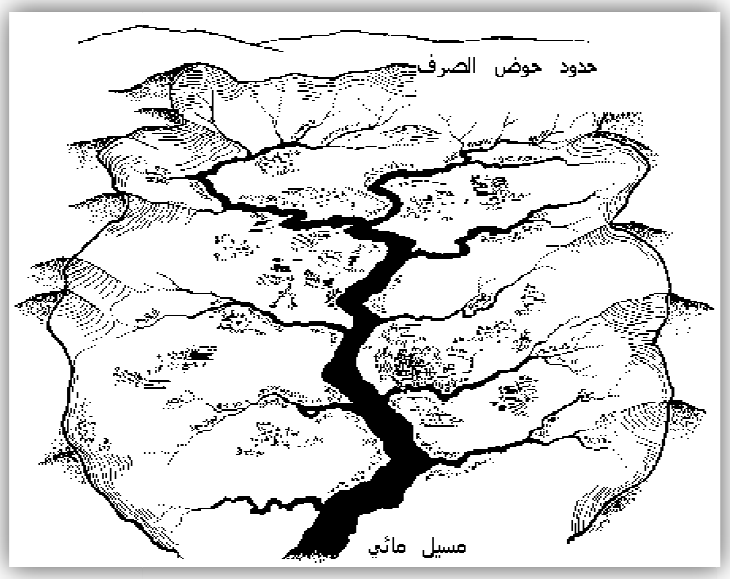
تحليل الخصائص الهيدرولوجية لسطح الأرض هو واحد من أهم تطبيقات تحليل السطوح الأرضية، ويحتاجه المتخصصين من الحقول المختلفة مثل الزراعة والإدارة البيئة وإدارة الكوارث الطبيعية والتخطيط العمراني.

وفيما يلي شرح مختصر لماهية تحليل الخصائص الهيدرولوجية وأساليب تعيين ورسم هذه الخصائص باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

الخصائص الهيدرولوجية لسطح الأرض يعني بها مجموعة الخصائص التي تتحكم في حركة ماء المطر الساقط أو المياه السطحية على الأرض وتجمعه. ويوجد ثمة خاصيتين رئيستين يعني بهما نظم المعلومات الجغرافية وهما أحواض الصرف والمسيلات المائية.

أحواض الصرف هي مساحات محددة من الأرض تتجمع بداخلها مياه الأمطار، حيث تقوم هذه المياه برسم قنوات لها تتحرك فيها حتى تخرج من حوض الصرف، ويطلق على هذه القنوات أسم المسيلات المائية. ويبين شكل 60 البنية العامة لحوض صرف نموذجي.

تتباين أحواض الصرف في المساحة حيث تبلغ بعضها بضع مئات من الأمتار المربع بينما تتسع بعضها الآخر لتشمل أقاليم وبلاد مثل حوض نهر النيل العظيم الذي يضم بين أجنابه نحو تسعة دول.



شكل 60: بنية حوض الصرف

منهجية تحليل الخصائص الهيدرولوجية

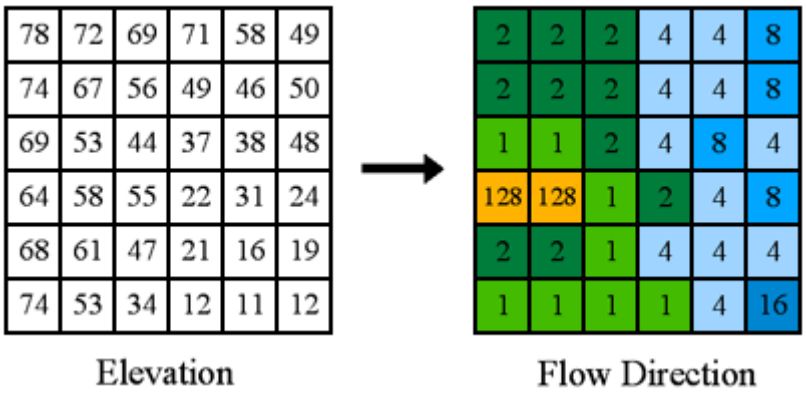
العنصر الأساسي في تحليل الخصائص الهيدرولوجية هو استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية لاستخلاص خصائص السطح الهيدرولوجية. في البداية يتم اختبار ما إذا كان نموذج الارتفاعات الرقمي معيوب بوجود بكسلات ذات قيمة شاذة أقل من قيمتها الحقيقية أو أقل من قيمة ما يجاورها بفارق كبير

وهذه البكسلات يطلق عليها الاسم sinks أو بالوعات، فإذا كان نموذج الارتفاعات الرقمي يحتوي على هذه البالوعات استخدمت خوارزمية لحذفها، وتوجد عدة خوارزميات للتخلص من هذه البكسلات الشاذة بمقارنتها بما يحيط بها من بكسلات.

بانتهاء هذا الأجراء يصبح من الممكن استخدام نموذج الارتفاعات الرقمية لاستخلاص الخصائص الهيدرولوجية لسطح الأرض، وهو ما يتم عبر سلسلة من الإجراءات التي تنتهي كل منها بإنتاج خريطة تبين أحد الخصائص موضوع الدراسة.

بداية يتم التعرف على اتجاهات سريان flow direction المياه فوق سطح الأرض، ويتم ذلك عن طريق استخدام تمثيل رقمي للاتجاهات وهو ما يبينه شكل 61، فإذا سالت المياه من البكسل الذي سقطت عليه (البكسل المركزي في الشكل) إلى البكسل المجاور لها من أعلى (البكسل أحمر اللون)، فإن البكسل المقابل للبكسل المركزي في الخريطة الجديدة التي تمثل اتجاهات السريان سوف تكون قيمته ٦٤، وبهذه الطريقة يتم التعرف على اتجاه السريان لكل بكسل عن طريق قيمة اتجاه السريان له في الخريطة الخاصة باتجاه السريان. ويمثل شكل 62 حساب خريطة اتجاهات السريان من نموذج الارتفاعات الرقمي بهذه الطريقة.

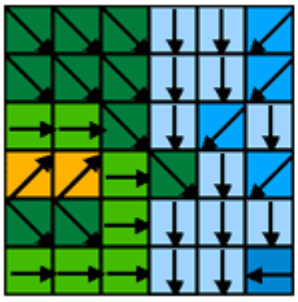
شكل 61: التمثيل الرقمي للاتجاهات.



شكل 62: حساب خريطة اتجاه السريان.

بعد حساب اتجاه السريان يتم حساب تراكم السريان flow accumulation وهي خريطة تبين كم التراكم في كل بكسل بناء على ما يحيط به من بكسلات تصب الماء فيه. وتعتمد هذه الخريطة أساساً على خريطة اتجاهات السريان. وعند حسابها إذا كانت الماء المتراكم في بكسل قادم من بكسل آخر وحيد

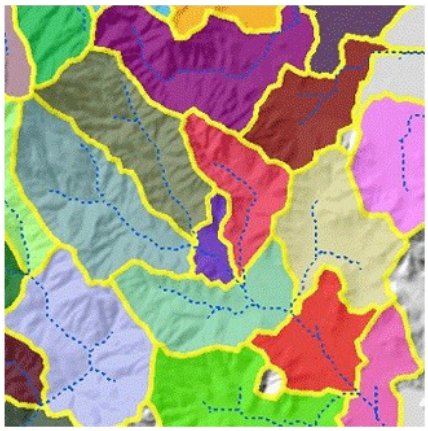
فإن قيمة البكسل عندئذ تكون ٢ (أي تحتوي على الماء الساقط على هذه البكسل إضافة إلى الماء الساقط من بكسل الآخر)، أما إذا كان الماء المتراكم فيها من بكسلتين فإن القيمة تكون ٣ وهكذا. وهكذا تنتج خريطة تراكم السريان كالمبينة في شكل 63.



0	0	0	0	0	0
0	1	1	2	2	0
0	3	7	5	4	0
0	0	0	20	0	1
0	0	0	1	24	0
0	2	4	7	35	2

شكل 63: حساب خريطة تراكم السريان.

الإجراء التالي يختص بتحديد حوض الصرف، ويتم ذلك عن طريق تحديد سلسلة من البكسلات ينقسم سريان الماء عندها إلى أتجاهين متعارضين أحدهما إلى داخل حوض الصرف والثاني إلى خارجه. ويبين شكل 64 خريطة نموذجية لأحواض الصرف.



شكل 64: خريطة أحواض الصرف.

الإجراء الأخير هو تحديد المسيلات المائية ويتم باستخدام خوارزمية مقاربة للخوارزمية المستخدمة في تحديد حوض الصرف حيث يتم تحديد سلسلة من البكسلات التي تمثل القيم العظمى في خريطة تراكم السريان لتمثل المسيلات المائية.

الفصل التاسع: النماذج ثلاثية الأبعاد

في هذا الفصل نتعرض للنماذج ثلاثية الأبعاد 3D Models وهو موضوع ذي جاذبية خاصة للطلاب لما يقدمه من عروض مشوقة للبيانات الجغرافية، إلا أن أهميته لا تعزى لجاذبية العروض ثلاثية البعد فقط لكن للمعلومات الضخمة الممكن التزود بها من النماذج الثلاثية الأبعاد.

نبدأ الفصل بدراسة الشبكات المثلثية غير المنتظمة Triangular Irregular Networks TIN وهو شكل البيانات الجغرافي الأكثر استخداما عند التعامل من النماذج ثلاثية الأبعاد، ثم نتعرض لما يمكن اشتقاقه من هذا النوع من البيانات.

الشبكات المثلثية غير المنتظمة Triangular Irregular Networks TIN

الشبكات المثلثية غير المنتظمة Triangular Irregular Networks TIN هو شكل من أشكال البيانات المستخدمة في نظم المعلومات الجغرافية يستخدم في تمثيل السطوح الأرضية خاصة. وفي واقع الأمر فإن اعتبار الشبكات المثلثية غير المنتظمة نوع مستقل من البيانات قد يبدو أمراً مبالغ فيه، إذا أنه في واقع الأمر يستخدم نموذج اتجاهي Vector معقد يتكون نقط وخطوط ومضلعات في آن واحد، لتمثيل القمم وخطوط التسوية والسطوح الأرضية (رياضياً Mathematically نقاط الانقلاب العظمى والصغرى وخطوط الشد tension strings وسطوح الشد tension surface).

يستخدم عند إنتاج الشبكات المثلثية غير المنتظمة خوارزمية رياضية تسمح باستخدام نقاط الارتفاعات أو خطوط الكونتور أو الشفافات المضلعة polygon layers التي تحتوي على بيانات خاصة بالارتفاع كمدخل لإنتاج الشبكات المثلثية غير المنتظمة. بل ويمكن استخدام هذه الأنواع الثلاثة من البيانات دفعة واحدة عند إنتاج الشبكات المثلثية غير المنتظمة، وأكثر من ذلك يمكن استخدام نماذج ارتفاعات رقمية ولكن عندئذ نكون نقوم بتضييع وقتنا فحسب ☺، وسنعرف لماذا في السطور التالية.

وعند إنتاج الشبكات المثلثية غير المنتظمة فإنها تحتوي على بيانات خاصة بارتفاعات السطوح الأرضية والانحدارات Slope وتوجيه الأرض Aspect وظلال الأرض Hill sheds والكونتورات ونقاط الارتفاع، وذلك في تهيئة رقمية اتجاهية غيرة الحجم.

الشبكات المثلثية غير المنتظمة والشبكات النقطية للسطوح الأرضية

مقارنة ببيانات السطوح الأرضية التي عرضت طرق إنتاجها في الفصل الثامن، تعتبر الشبكات المثلثية غير المنتظمة متميزة من بعض النواحي وتتميز البيانات المحفوظة في صورة الشبكات النقطية Raster في نواحي أخرى.

فمن جهة الشبكات المثلثية غير المنتظمة تتميز بأنها أصغر مساحة من ناحية المساحة اللازمة لحفظها في الأوساط الرقمية الحاسوبية (القرص الصلب، القرص المدمج، ذاكرة الحاسوب...إلخ). ولهذا

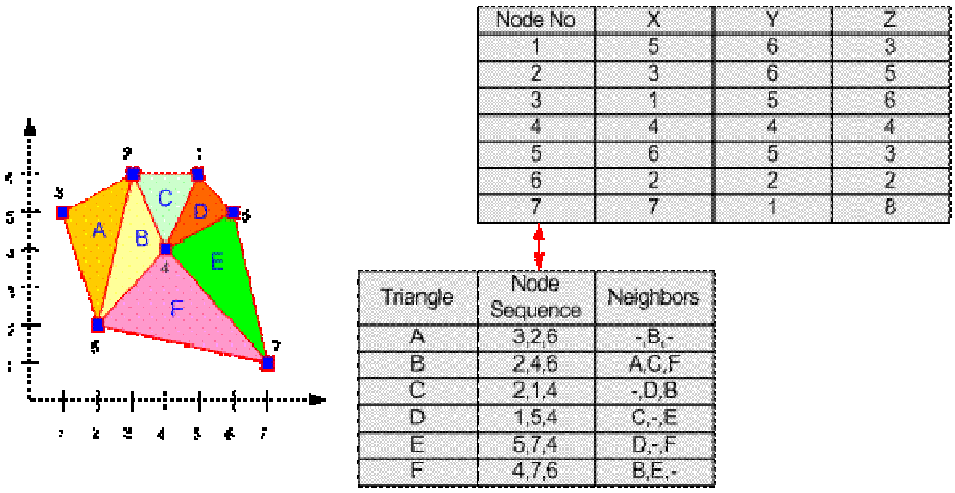
السبب فإنه ينصح باستخدام الشبكات المثلثية غير المنتظمة عند تمثل السطوح الأرضية في مساحات واسعة.

كما أنها تسمح عند إنتاجها باستخدام أشكال متنوعة من البيانات كمدخلات لخوارزمية إنتاجها، على حين تستلزم الشبكات النقطية استخدام بيانات في صورة اتجاهية نقطية فقط لإنتاج نماذج الارتفاعات الرقمية بطرق الاستكمال أو الاستيفاء interpolation.

من ناحية أخرى فإن الشبكات المثلثية غير المنتظمة تقوم بعملية تعميم generalization لخصائص السطوح الأرضية عند إنتاجها وهو ما يمثل ميزة وعيب في آن واحد لهذا النوع من البيانات، فهو ميزة لأنه يسمح بدراسة الخصائص الأرضية التي تتميز بالعمومية (او التي تجعل العمومية دراستها ذات مغزى أكبر) مثل الانحدار وتوجيه الأرض بصورة أفضل، بينما يكمن العيب في أن هذه البيانات لا يمكن استخدامها على النحو الأمثل عند تمثيل سطوح أرضية شديدة الوعورة.

أنتاج الشبكات المثلثية غير المنتظمة

فيما يلي نتعرض لفكرة الخوارزمية المستخدمة لإنتاج الشبكات المثلثية غير المنتظمة. بداية الوحدة الرئيسية في هذا النوع من البيانات هي المثلث Triangle ومنه اشتقت هذه البيانات أسمها. وتربط أضلاع المثلث بين رؤوس المثلث التي تمثل بدورها نقاط ارتفاعات معلومة (أي مدخلة من قبل المستخدم)، كل نقطة من هذه النقاط الثلاثة يطلق عليها أسم العقدة node، ويتم تمثيل هذه النقطة بثلاثة قيم لتمثيل الموقع س، ص والارتفاع ع. تستخدم هذه النقاط الثلاث لحساب القيمة المتوسطة لانحدار المثلث وكذا توجيه، أما الارتفاع فتحسب من معادلة خطية في ثلاثة متغيرات تتغير بتغير المثلث وتسمح بحساب ارتفاع كل نقطة على سطح المثلث. لكل مثلث ثلاثة مثلثات مجاورة لابد أن تختلف عنه في الخصائص لأنها إذا اتفقت معه في الخصائص يتم دمجها فيه. ويبين شكل 65 أنتاج الشبكة المثلثية غير المنتظمة بهذه الطريقة.



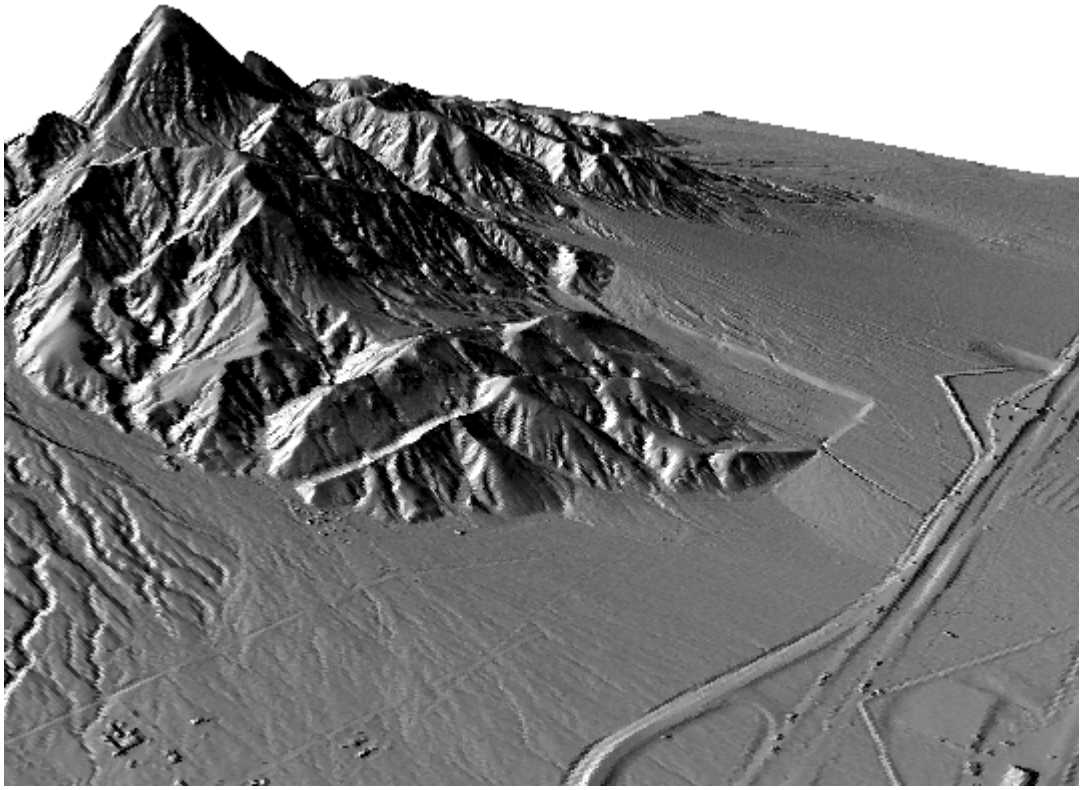
شكل 65: أنتاج الشبكة المثلثية غير المنتظمة.

العرض ثلاثي البعد للشبكات المثلثية غير المنتظمة

كما أنه يمكن عرض البيانات من نوع الشبكات المثلثية غير المنتظمة عرضاً تقليدياً في صورة خريطة، إلا أن أهم ما يميز هذا النوع من البيانات هو أمكانية عرضها في ثلاثة أبعاد، وهو ما يمثل طريقة عرض جذابة وشيقة للعديدين كما أنها وسيلة مثالية للتعرف على الخصائص الجيومورفولوجية وغيرها من خصائص السطح بصرياً.

لكن يجب الإشارة إلى أن العرض ثلاثي البعد لا تختص بالبيانات من نوع الشبكات المثلثية غير المنتظمة فحسب، بل يمكن استخدامه مع البيانات من نوع الشبكة النقطية raster أو من النوع الإتجاهي vector خاصة إذا كان هذا النوع من البيانات يحتوي ضمن صفاته attribute على الارتفاعات.

يستلزم العرض ثلاثي الأبعاد مواصفات معينة تتعلق دوماً ببطاقة العرض في الحواسيب المستخدمة في عرض البيانات ثلاثية الأبعاد، وتزداد هذه المواصفات تعقيدا كلما تعلق الأمر بعرض بيانات من غير نوع الشبكات المثلثية غير المنتظمة. ويبين شكل 66 شبكة مثلثية غير منتظمة معروضة عرضاً ثلاثي البعد يمكن تبين منه الطبيعة الطبوغرافية للمنطقة واستخلاص بعض المعلومات الجيومورفولوجية عنها.



شكل 66: شبكة مثلثية غير منتظمة في العرض ثلاثي الأبعاد.

وتتوفر مجموعة من الوظائف المفيدة الممكن الاعتماد عليها في الكثير من التطبيقات اعتماداً على العرض الثلاثي الأبعاد، هذه الوظائف التي سوف نشير لها فيما يلي.

محاكاة الطيران Flying Simulation

توفر العديد من برمجيات نظم المعلومات الجغرافية أدوات لعمل محاكاة للطيران فوق الأرض باستخدام العرض الثلاثي، حيث تستخدم أدوات لعمل سلسلة من عمليات التقريب Zooming والتحريك Panning لإنتاج سلسلة من المناظر Stream يتم عرضها بسرعة ٢٤ منظر في الثانية (بعض النظم توفر سرعات اكبر لكن سرعة ٢٤ منظر في الثانية هي سرعة مناسبة لعرض دقيق كما العروض التلفيزيونيه).

يمكن أن تستخدم محاكاة الطيران لأعمال التدريب باستخدام أجهزة خاصة يطلق عليها اسم المحاكيات simulators وفي أعمال إدارة الكوارث الجوية أو التخطيط للرحلات الجوية غير المعتادة.

أنتاج خرائط موضوعية ثلاثية البعد

حيث يتم استخدام البيانات من نوع الشبكات المثلثية غير المنتظمة لإكساب الارتفاع إلى الخرائط الموضوعية (مثل خرائط الغطاء الأرضي أو استخدامات الأراضي) ويتم هذه عن طريق تقنية تشبه مد بساط فوق أرض وعرة حيث يأخذ البساط شكل الأرض وهي تقنية معروفة باسم tension surface.

تحليل البيانات في ثلاثة أبعاد

تختلف البيانات الجغرافية ثلاثية البعد عن تلك البيانات الجغرافية العادية في إن جانب من طبيعتها يعتمد على وجودها في البعد الثالث، ومن ثم فإن تحليل هذا النوع من البيانات يعتمد في المقام الأول على دراسة الاختلافات الناجمة عن تغير وضع البيانات الجغرافية في البعد الثالث. وفيما يلي نماذج لتحلي البيانات الجغرافية في ثلاثة أبعاد:

التحليل الجيومورفولوجي

يقصد هنا بالتحليل الجيومورفولوجي التعرف على الأشكال الجيومورفولوجية لسطح الأرض آلياً بواسطة استخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية. ويمكن التعرف على عدد من هذه الأشكال تشتمل على المنحدرات والحواف والوديان وما إلى ذلك.

ويمكن استخدام عدد من الأدوات لإنجاز هذا النوع من التحليلات، ومن أهم هذه الأدوات معامل الوعورة – والذي له تطبيق آخر هو اختيار مسارات السيارات في المناطق الجبلية والصحراوية – ويعرف معامل الوعورة بأنه التباين في الانحدار على مسافات متساوية، وعلى هذا الأساس يتم استخدامه في التعرف على بعض الأشكال الجيومورفولوجية. فمثلاً حواف المنحدرات والهضاب يكون لها معامل وعورة بين ٨٥ و٩٠ لكل عشرة أمتار، بينما المناطق السهلية يتراوح معامل الوعورة فيها بين صفر وخمسة لكل عشرة أمتار.

حساب مجال الأبصار

هذا النوع من تحليل البيانات ثلاثية الأبعاد يشيع استخدامه في عدد من التطبيقات المتباينة مثل التخطيط العمراني وإدارة نيران المدفعية الميدانية. وهو يعتمد على تحديد تلك المنطقة التي يمكن أن تقع في حقل أبصار فرد ما بناء على موقعه. حيث يتأثر مجال الرؤية بالمحيط الطبوغرافي. ولنضرب مثل على هذا فلنتصور فرد يقف في ارض مسطحه[1] عندئذ فإن مجال أبصاره هو دائرة حدودها الأفق، وهي دائرة نصف قطرها ستة كيلومترات للإنسان الطبيعي، فإذا تحرك هذا الشخص إلى مكان آخر داخل وادي مرتفع الجدران فعند ذلك يكون حقل الأبصار له محدود بجدران هذا الوادي، على حين أنه إذا صعد فوق قمة جبل فإن حقل أبصاره سيزيد نتيجة ارتفاعه عن سطح الأرض وسيغطي دائرة نصف قطرها يزيد عن الستة كيلومترات.

يتأثر مجال الأبصار بعدد من المتغيرات منها موقع المراقب وهو يجب أن يتحدد بثلاثة إحداثيات ومنها شكل الأرض ثلاثي الأبعاد وعادة ما يتم استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية أو الشبكات المثلثية غير المنتظمة لتمثيل سطح الأرض.

حساب الحفر والردم

حساب الحفر والردم من أهم أنواع التحليل التي تفيد المهندسين الإنشائيين على وجه الخصوص، حيث يمكنهم مقارنة سطحين لذات المكان قبل وبعد تنفيذ عملية ردم (أو حفر) لهذا المكان ليتعرفوا على كميات المواد المستخدمة في الردم (أو المستخرجة من الحفر). ويوجد عدد من البرامج التقليدية التي تقوم بحسام كميات الحفر والردم مثل برنامج Surfer مثلاً، لكن تتفوق نظم المعلومات الجغرافية على مثل هذه البرامج في إمكانياتها لتقديم هذه الكميات في شكل أرقام بسيطة مثل البرامج التقليدية أو في صورة خرائط للأماكن التي تغير ارتفاعها (سواء بالزيادة أو بالنقص) في بعدين أو في ثلاثة أبعاد.

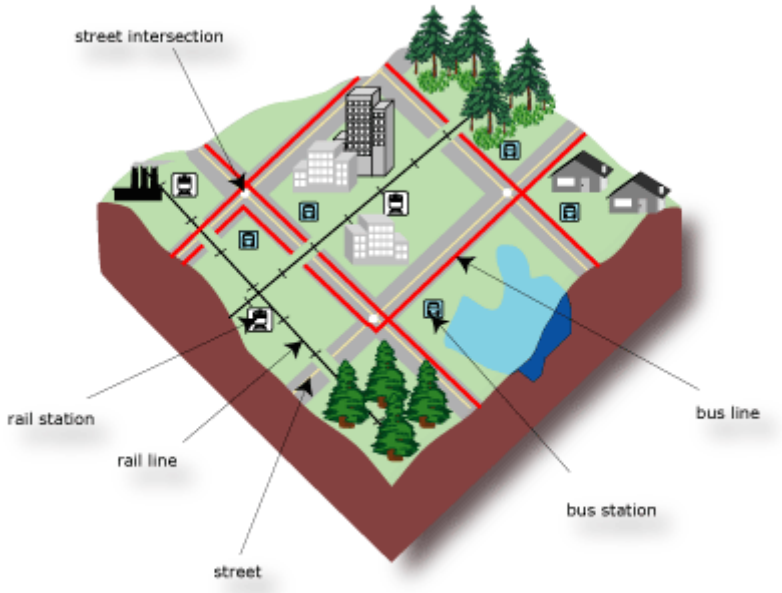
[1] كأن يكون واقفاً فوق سطح الماء

الفصل العاشر: تمثيل وتحليل الشبكات الخطية

في الآونة الأخيرة برزت تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في حقل إدارة الشبكات الخطية مثل شبكات المرافق وشبكات المواصلات كأحد أهم تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في قطاع الإدارة المدنية. بغض النظر عن نوع الشبكة فهي يتم تمثيلها ومعالجتها بنفس الصورة في نظام المعلومات الجغرافي. في هذا الفصل سوف نتعرف على الأسس التي علينا ينبني التعامل مع الشبكات في نظم المعلومات الجغرافية.

ما هي الشبكة الخطية؟

نتعامل في اليوم العادي مع عشرات الأشكال من الشبكات الخطية، مثل شبكات القطارات وشبكة الشوارع وشبكة الغاز وشبكة الكهرباء وشبكة توزيع المياه وشبكة الصرف الصحي وغيرها. ورغم التباين الظاهري لهذه الشبكات إلا أنها من وجهة نظر نظم المعلومات الجغرافية لها وصف واحد شبكات خطية Linear Networks.



شكل 67: الشبكات الخطية فيما حولنا

أي شبكة خطية لها وظيفة محددة هي أن تسمح بانتقال كائن ما من خلالها من مكان إلى مكان. كأن يكون هذا الكائن هو كتلة من المياه التي يجري توزيعها من المحطة المركزية للمياه في مدينة إلى الأماكن المختلفة للمدينة. يتم انتقال الكائن موضوع الدراسة في مسارات مستقيمة مكونة من قطع مستقيمة، وتعتبر القطعة هي أصغر وحدة في الشبكة ينتقل الكائن موضوع الدراسة من طرفها إلى طرفها الآخر دون أن يغادر القطعة المستقيمة.

وعند انتقال الكائن موضوع الدراسة من قطعة مستقيمة إلى أخرى يطلق على النقطة التي أنتقل فيها أسم الوصلة Connectivity وقد يطلق عليها أسماء أخرى تبعاً لنوع الشبكة كأن يطلق عليها مثلاً نقطة نقل الحركة mobility point في شبكات الشوارع أو العقدة nodes في شبكات الاتصال السلكية والكهرباء.

وتتكون أي شبكة خطية من مجموعة من القطع المستقيمة المتصلة فيما بينها عبر وصلات.

تمثيل الشبكات الخطية

نقوم بتمثيل الشبكات الخطية في نظم المعلومات الجغرافية استعداداً لاستغلال هذه النظم في التعرف على معلومات يحتاج إليها المستخدم، وعلى هذا فإنه يجب تمثيل الخواص التي يعتمد عليها انتقال المادة التي سوف تستخدم هذه الشبكة فوق الشبكة. هذه الخصائص التي تعرف باسم خصائص الحركة Movement parameters.

تضم خصائص الحركة طول القطع المستقيمة وسرعة الحركة وإتجاه الحركة.

طول القطعة المستقيمة وهو الطول الفعلي للقطعة المستقيمة وهو غير الطول المرسوم حيث تكون أحيانا القطع المستقيمة مائلة عن مستوى الشبكة كما في شبكات الطرق في المدن المبنية على الجبال.

سرعة الحركة هي السرعة التي سوف يتم بها نقل المادة او الكائن موضوع الدراسة في القطعة المستقيمة، وهي تختلف من قطعة مستقيمة إلى أخرى، فمثلاً لو أن نضرب مثلاً ما الشوارع، فالسرعة التي يمكنك أن تتحرك بها فوق طريق سريع تكون غالباً أزيد من تلك التي تتحرك بها فوق طريق جانبي. وحتى في شبكات المرافق مثل شبكات توزيع مياه الشرب قد لا تتحرك المواد موضوع الدراسة بذات السرعة – رغم بديهية حركة الماء في المواسير بنفس السرعة – حيث تلعب بعض العوامل أثراً في تغيير هذه السرعة – مثل التباين في نصف قط المواسير في شبكات توزيع مياه الشرب أو المقاومة الكلية للكوابل في شبكات الكهرباء.

اتجاه الحركة يقصد به الاتجاه الذي يسمح للمادة أو الكائن موضوع الدراسة في التحرك فيه على القطعة المستقيمة، ومن الطبيعي أن كل قطعة مستقيمة يمكن التحرك فيها في الاتجاهين، لكنه في بعض الأحيان يتم تحديد اتجاه واحد فقط للحركة – كحالة شبكات الشوارع.

الآن وقد تعرفنا على خصائص الشبكات فالنحاول أن نتعرف على الطريقة التي يتم تمثيلها بها في نظم المعلومات الجغرافية.

كأي نوع من البيانات الجغرافية التي يتم تمثيلها في نظم المعلومات الجغرافية، فإن الشبكات الخطية يتم تمثيلها رسومياً ووصفياً. ويتم تمثيلها وصفياً في صورة شفافة خطية تعبر عن خطوط مستقيمة، حيث يجب أن يتم التعبير عن كل قطعة مستقيمة في الحقيقة بقطعة مستقيمة مقابلة في الرسم لها بداية ونهاية محددتين، وبالتالي عندما يكون هناك خط متعرج يجب استخدام سلسلة من القطع المستقيمة المتصلة وليس خط مستقيم منكسر.

أما خصائص الشبكة فيتم تمثيلها في الجدول الملحق بالشفافة الخطية حيث يلزم لكل قطعة مستقيمة ثلاثة حقول لوصف الحركة فوق هذه القطعة المستقيمة، هي طول القطعة المستقيمة، وسرعة الحركة، وأخيراً اتجاه الحركة.

تحليلات الشبكة الخطية

الشبكات الخطية الممثلة بهذه الطريقة يمكن استنتاج الكثير من المعلومات منها عن طريق تطبيق الأدوات المتاحة في نظم المعلومات الجغرافية. فيما يلي عرض لبعض هذه التحليلات.

تحديد المسار الأمثل

تحديد المسار الأمثل هو طريقة يقصد بها تحديد أمثل مسار بين نقطتين بناء على متغير ما، فقد يكون هذا المتغير هو عامل المسافة حيث يتم التحليل بناء طول القطع المستقيمة، وقد يكون هذا المتغير هو الزمن فيتم التحليل بناء على سرعة الحركة فوق القطع المستقيمة.

وعند تنفيذ هذا التحليل يتم تحديد نقطة لبداية الحركة ونقطة نهاية الحركة أو نقطة الوصول، ثم يقوم نظام المعلومات الجغرافي بتعيين جميع المسارات الرابطة بين هاتين النقطتين ومن ثم يجرى مقارنة بينهما على أساس المتغير الذي يحدده المستخدم.

كما يمكن أن يتم إنجاز هذا التحليل بطريقة أخرى، حيث لا يكون هناك فقط نقطتين، بل هناك عدة نقاط والمطلوب اختيار المسار الأمثل الذي يربط بينهم، في هذه الحالة يتم معالجة المشكلة كأنها مسألة اختيار المسار الأمثل بين سلسلة من أزواج النقاط، حيث يتم تحديد المسار الأمثل بين النقطتين ١ و ٢، ثم بين النقطتين ٢ و ٣ وهكذا

تحديد منطقة الخدمة

هذا النوع من التحليلات يستخدم غالباً في شبكات الشوارع، حيث تتوزع فوق هذه الشبكة مجموعة من النقاط التي تمثل مراكز للخدمات (مدارس، مستشفيات، ... إلخ)، ويكون المطلوب تحديد المنطقة التي تغطيها إحدى هذه الخدمات.

في هذه الحالة فإن المعيار الذي يتحكم في التحليل يكون المسافة أو الوقت الكافي لوصول الخدمة المقدمة إلى مستحقيها (كأن يكون الوقت اللازم لوصول مصاب بأزمة قلبية إلى المستشفى دون وفاته). يتم إنجاز هذا التحليل عن طريق حساب أطوال مسافات المسارات البادئة من مركز الخدمة وحتى تحقق المعيار ثم يتم أنتاج شفافة جديدة مضلعة تغطي هذه المنطقة التي تغطيها كل هذه المسارات لتمثل منطقة الخدمة.

تعيين أقرب مركز للخدمة

بعكس النوع السابق من التحليلات، فإن هذا التحليل يقوم بتحديد مركز الخدمة الأقرب لنقطة معينة باعتبار معيار معين، في هذه الحالة يقوم نظام المعلومات باحتساب جميع المسارات بين هذه النقطة وبين مراكز الخدمات الموزعة فوق الخريطة، ثم يختار الأقصر مسافة أو الأقل زمناً.

نماذج من تطبيقات الشبكات الخطية

فيما يلي نقدم نموذجين من تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في حقل إدارة الشبكات الخطية

إدارة الشبكات المرورية

في معظم بلدان العالم المتقدم تستخدم نظم المعلومات الجغرافية لإدارة الشبكات المرورية، فمثلاً تستخدم مدينة لاس فيجاس الأمريكية نظام تفاعلي لمراقبة الشبكات المرورية في المدينة، حيث يتصل هذا النظام بعدد كبير من كاميرات المراقبة المثبتة في إشارات المرور لمراقبة تكدس السيارات عند هذه الإشارات، كما يمكن لمستخدمي النظام في إدارة المرور تغيير مسارات معينة لتخفيف الضغط على بعض الطرق ونقله إلى طرق أخرى موازية.

دعم سيارات الإسعاف

في هذا النوع من التطبيقات يتم تعيين أماكن المتصلين طالبي النجدة ومن ثم تعيين أقرب سيارة إسعاف خالية من الرقم المتصل، حيث يتم اختيار المسار الأمثل بين موقع السيارة وموقع طالب النجدة ويتم توجيه قائد السيارة الإسعاف لاسلكياً إلى الموقع بناء على هذا المسار، ثم يتم اختيار أقرب مستشفى لموقع الحادث وتحديد المسار الأمثل لها ومن ثم توجيه القائد لها. وقد قام الكاتب بتصميم أحد هذه النظم لإحدى المؤسسات العلاجية الخاصة في القاهرة واختباره وهو حالياً قيد العمل.

إدارة شبكات الهواتف

تضم شبكات الهواتف عند النقاط النهائية لها العديد من الأجهزة ذات الطابع الخاص مثل صناديق التوزيع والمقسمات، حيث تعتمد على نظام رقمي للتعرف على هذه الأجهزة، وغالباً ما يحتاج مديري شبكات الهواتف معلومات حول الخطوط وما يتصل بها من أجهزة. وتستخدم في هذه الحالة ما يعرف باسم العلاقات المكانية للدلالة على لأجهزة المتصلة.

الفصل الحادي عشر: برمجيات نظم المعلومات الجغرافية

تعتبر برمجيات نظم المعلومات الجغرافية حجر الأساس الذي تقوم عليه نظم المعلومات الجغرافية، لذا كان من اللازم اختصاصها بفصل مستقل. في هذا الفصل نتعرض لتعريف برمجيات نظم المعلومات الجغرافية وأهم برمجياتها التجارية والمجانية كما نتلمس بعض الجهود العربية الحثيثة لإنتاج نظم المعلومات الجغرافية.

ما هي برمجيات نظم المعلومات الجغرافية؟

على قدر ما يبدو هذا السؤال صعب للوهلة الأولى، إلا أنه سؤال في غاية البساطة، برمجيات نظم المعلومات الجغرافية هي برمجيات لها القدر على إدخال واختزان ومعالجة وإنتاج البيانات الجغرافية.

وقد لاحظنا في الفصول السابقة مدى اختلاف البيانات الجغرافية عن غيرها من البيانات. ونتيجة لهذا الاختلاف فإن نظم المعلومات الجغرافية تتميز بقدرتها على تمثيل البيانات بناء على موقعها الجغرافي بحث أنه إذا حذف الشق الرسومي ذي الموقع الجغرافي من مجمل البيانات الجغرافية فقدت هذه البيانات مغزاها وأصبت لا تعبر عن شئ.

مكونات برمجية نظام المعلومات الجغرافي

هناك مجموعة أساسية من المكونات الواجب توفرها في البرمجية التي يطلق عليها برمجية نظام المعلومات الجغرافي، هذه المكونات هي

- واجهة إدخال بيانات
- أداة للعرض الرسومي
- أداة جدولية
- مجموعة أدوات تحليلية
- واجهة إخراج البيانات

واجهة إدخال البيانات

واجهة إدخال البيانات هي مكون برمجي ضمن نظام المعلومات الجغرافي الغرض منه إدخال البيانات إلى النظام مباشرة. تتمثل هذه الواجهة في كثير من البرامج في لوحة المفاتيح وفأرة الحاسوب حيث يستخدمها المستخدم في إدخال وتحديث بياناته، كما تحتوي بعض البرامج المتطورة على واجهات لإدخال البيانات من لوحة الترقيم أو من أجهزة تحديد الموقع.

أداة العرض الرسومي

أداة العرض الرسومي هي أداة تسمح للمستخدم بمطالعة بياناته الرسومية، وتلعب شاشة الحاسوب والطابعات في جميع برامج نظم المعلومات الجغرافية دور أداة العرض الرسومي الرئيسية، إلا أن بعض البرمجيات المتطورة يمكنها أن تعرض البيانات من خلال أجهزة معقدة مثل أجهزة العرض الهولوجرامي للعروض المجسمة أو أجهزة الواقع الافتراضي.

أداة جدولية

وهي أداة لها القدرة على إدخال وعرض ومعالجة وإنتاج البيانات الجدولية لنظام المعلومات الجغرافي، وتعتمد معظم برمجيات نظم المعلومات الجغرافية على لغة الاستعلامات البنائية كأداة جدولية، لكن بعض البرامج تقوم باستخدام أدوات جدولية خاصة بها، إلا أن مثل هذه الأدوات الغريبة لا تكون محبذة من قبل معظم مستخدمي نظم المعلومات الجغرافية.

مجموعة الأدوات التحليلية

هي تلك الأدوات التي يستخدمها المحلل لإنتاج المعلومات من البيانات المستخدمة في نظام المعلومات الجغرافي، وهي تشتمل على أدوات تحليل البيانات الاتجاهية وبيانات الشبكات النقطية والشبكات المثلثية غير المنتظمة والشبكات وما إلى ذلك، وعادة ما تكون برمجيات نظم المعلومات الجغرافية مزودة بمجموعة أساسية من أدوات التحليل مع أمكانية أضافه أدوات جديدة حسب طلب المستخدم.

واجهة أخراج البيانات

واجهة أخراج البيانات هي تلك الأداة التي تسمح باستخراج البيانات من نظام المعلومات الجغرافي في صورة يمكن استخدام هذه البيانات بها بشكل مستقل عن البرمجية. وتلعب الطابعات دور واجهة إخراج البيانات الأساسية في معظم برمجيات نظم المعلومات الجغرافية، كما أن هناك الكثير من هذه البرمجيات المزودة بواجهات إخراج بيانات فرعية لتصدير البيانات الجغرافية في هيئات رقمية مختلفة تسمح باستخدامها في أنماط أخرى من نظم المعلومات.

كذلك هناك مكونات ثانوية لنظم المعلومات الجغرافية تشتمل على برمجيات الاتصال بأنظمة قواعد البيانات وبرمجيات النشر عبر الوب وما إلى ذلك من وظائف يحتاجها المتخصصين المتقدمين فقط.

أهم البرمجيات نظم المعلومات الجغرافية

تنقسم برمجيات نظم المعلومات الجغرافية إلى فئتين هي فئة البرمجيات التجارية وفئة البرمجيات المجانية والمفتوحة المصدر، وفيما يلي عرض لأهم البرمجيات ضمن هاتين الفئتين.

البرمجيات التجارية

برمجيات نظم المعلومات الجغرافية هي برمجيات يقوم على تطويرها وترويجها ودعم مستخدميها شركات كبيرة تحصل نظير هذه الخدمات على مقابل مادي. وتتميز هذه البرمجيات بحرفية عالية نتيجة تخصيص الشركات المنتجة طواقم تطوير تضم عشرات من المبرمجين المتخصصين النابهين. وفيما يلي عرض لأهم هذه البرمجيات.

البرمجية ArcGIS

تمثل البرمجية ArcGIS عائلة من المكونات البرمجية التي تؤدي جميع مهام نظم المعلومات الجغرافية، وتقف وراءها شركة معهد أبحاث النظم البيئية Environmental Systems Research Institute ESRI الأمريكية. المكون الرئيسي في هذه العائلة هي الحزمة ArcGIS وهي حزمة تحتوي على الوظائف الرئيسية لنظم المعلومات الجغرافية، ويمكن توسيع إمكانات هذه الحزمة بإضافة مكونات أضافية تعمل من خلالها يطلق عليها الامتدادات Extensions.

يمكن لبرامج ArcGIS العمل من خلال البيئات الموزعة من خلال استخدام المكون البرمجي المسمى ArcGIS Server وهو يسمح لمستخدمي نظام المعلومات الجغرافي العاملين في بيئة شبكية بتكامل مهماتهم، كما يسمح لهم باختزان وتحليل البيانات المختزنة في نظام إدارة قواعد البيانات المترابطة Relational Database Management Systems RDBMS ذات الامتداد المكاني Spatial Extension مثل Oracle و Microsoft SQL Server.

توفر نفس الشركة مكونات برمجية مهمة مثل المكون ArcIMS الذي يعمل كخادم وب لنظم المعلومات الجغرافية، والمكون البرمجي ArcPad لمستخدمي نظم المعلومات الجغرافية من خلال الحواسيب الكفية أو الهواتف الجوالة.

موقع الشركة المنتجة على الوب هو: www.esri.com

البرمجية MapInfo

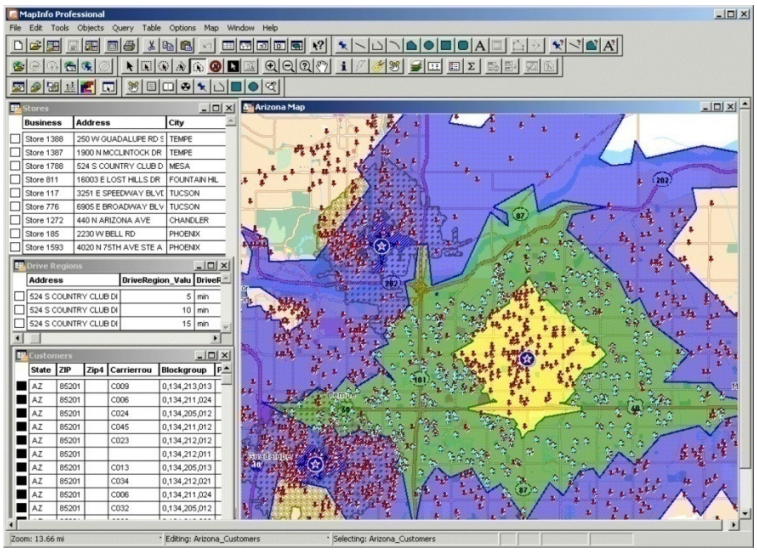
البرمجية MapInfo تمثل ثاني أكثر برمجية شعبية بين البرمجيات التجارية لنظم المعلومات الجغرافية، تقوم على تطويرها وترويجها شركة MapInfo الأمريكية. وفي الآونة الأخيرة أصبحت البرمجية MapInfo نظام متكامل لنظم المعلومات الجغرافية بمو توفره الشركة الأمر من برمجيات مساعدة تزيد من إمكانيات البرمجية الأساسية.

العنصر الرئيسي في مجموعة برامج MapInfo هو البرمجية MapInfo نفسها والتي تقوم بالمهام الأساسية في نظم المعلومات الجغرافية مثل عرض البيانات والتعامل مع الجداول وإجراء الاستعلامات وتنفيذ التحليلات المكانية. بينما تقوم البرمجية Vertical Mapper على التعامل مع بيانات الشبكات النقطية.

وبالرغم من أنه يمكن التعامل مع البيانات المكانية المختزنة في قواعد البيانات المكانية ذات الامتداد المكاني مثل Oracle Spatial مباشرة باستخدام البرمجية MapInfo، إلاّ أن الشركة طورت برمجية خاصة أكثر سهولة وتقوم بأعمال متقدمة في حقل إدارة البيانات المختزنة في قواعد بيانات مترابطة خارجية هي البرمجية SpatialWare.

أما أهم ما يميز مكونات MapInfo من وجهة نظري فهي أدوات تطوير التطبيقات التي يقدمها. حيث يطرح MapInfo لغة برمجة خاصة بتطوير التطبيقات في بيئته هي MapBasic وهي مبنية بالكامل على لغة Basic لغة البرمجة الأكثر بساطة وانتشاراً. ولتطوير تطبيقات الوب تطرح MapInfo البرنامج MapXtreme وهو برنامج رائع يعمل مع Java و net. كما يمكن أن يعمل بصورة مستقلة عنهما.

موقع الشركة هو www.mapinfo.com



شكل 68: واجهة البرنامج MapInfo

البرمجية Geomedia

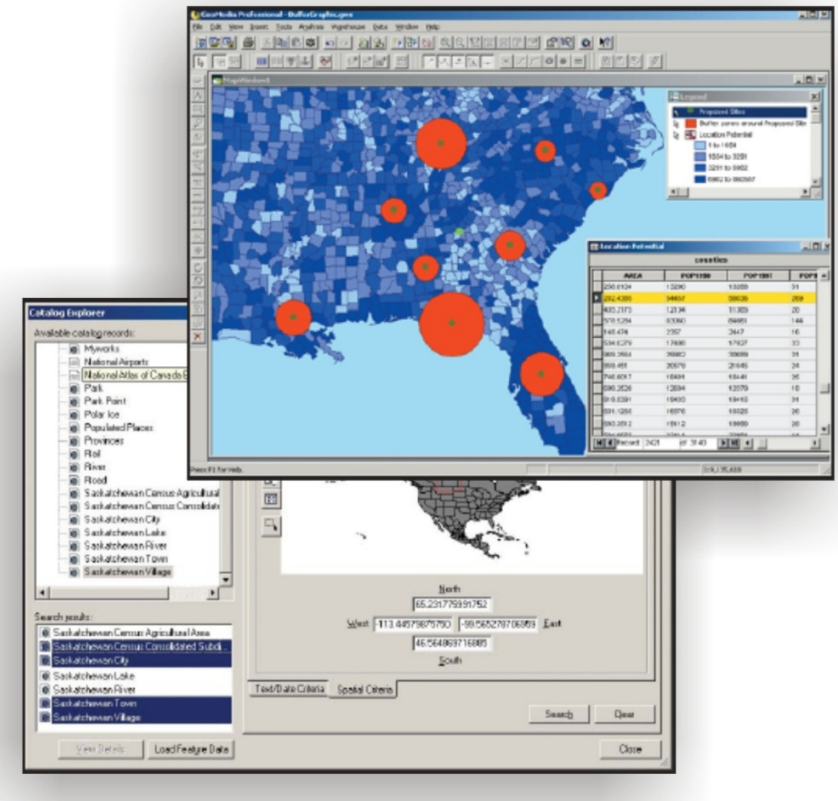
شركة Intergraph هي شركة أمريكية تندرج تحت قائمة أعمالها تطوير وترويج البرنامج Geomedia لإدارة نظم المعلومات الجغرافية. والأسم Geomedia يندرج تحت منه عدد من البرمجيات التي تعمل بصورة متكاملة لتحويل البيانات الجغرافية رقمية واختزانها وتحليلها وإنتاجها.

ومثل سابقيه، يتكون Geomedia من مكونات في صورة برامج متكاملة، البرنامج الأساسي هو Geoemedia نفسه، الذي يقوم بالأعمال الأساسية اللازمة لمستخدم نظام المعلومات الجغرافي، كما توجد نسخة أكثر تطوراً منه هي Geomedia Professional التي تحتوي على أدوات التحليل المختلفة.

يمكن لمستخدم Geomedia الاتصال بقواعد البيانات الخارجية ذات الامتداد المكانية من خلال Geomedia professional مباشرة وبدون استخدام أي برامج خارجية، وذلك من خلال مجموعة متقدمة الأدوات التي يقدمها البرنامج. ولعل هذه الخاصية من أهم خصائص Geomedia التي تميزه.

يوجد أيضاً مجموعة من البرامج الهامة التي توفر إمكانيات كبيرة لمستخدم Geomedia مثل Geomdeia Grid الذي يقوم بأعمال تحليل الشبكات النقطية و Geomedia Catalogالذي يقوم بعمل فهارس البيانات.

موقع الشركة على الوب: www.intergraph.com



شكل :69 واجهات البرنامج Geomedia

البرمجية IDRISI

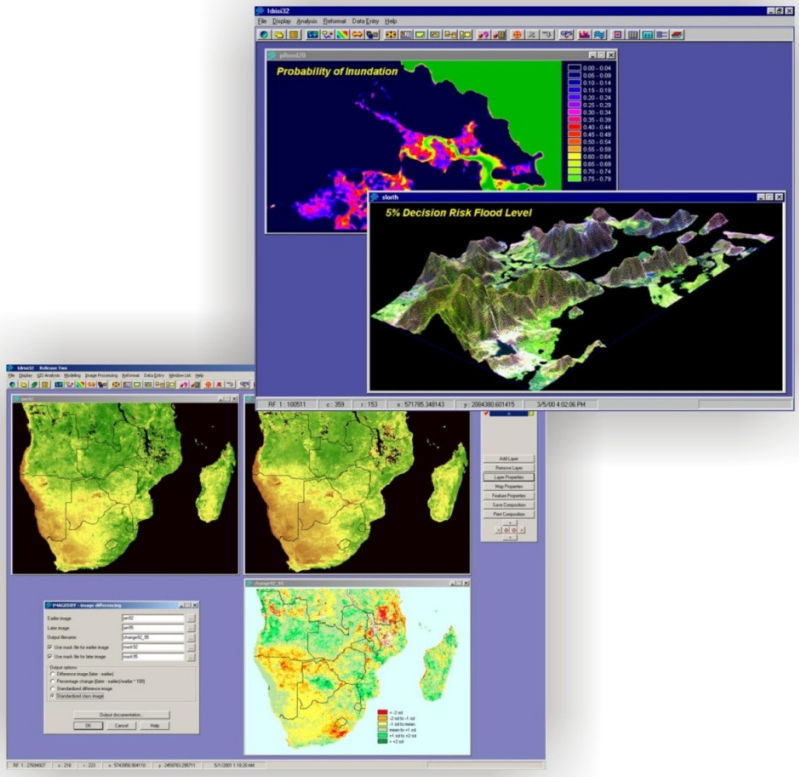
ظهرت البرمجية IDRISI في أواسط الثمانينات كبرمجية قام على تطويرها مجموعة من طلاب الدراسات العليات في جامعة كلارك الأمريكية تحت أشراف أستاذهم رونالد ايستمان Ronald Eastman، وقد منحوها أسم IDIRISI تيمناً بالعالم العربي المسلم الشريف الإدريسي، وقد أقبل على استخدامها العديد من الطلاب والباحثين والمؤسسات الصغيرة، مما حدا بكلية كلارك أن تنشأ شركة ربحية لتقوم على تطوير

وترويج IDRISI حملت أسم معامل كلارك، وقد كانت نقطة التحول في تاريخ الـ IDIRISI عندما اعتمدتها برنامج الأمم المتحدة للتدريب كبرمجية التدريب الرسمية لنظم المعلومات الجغرافية في مشروعات البرنامج التدريبية حول العالم.

يتميز الـ IDIRIS بأنه نظام متكامل يعمل مع البيانات الاتجاهية وبيانات الشبكات النقطية، كما يمتلك أدوات قوية للتحليل صور الاستشعار من بعد والتحليل الجيوأحصائي والدعم القرارات المكانية.

تحمل النسخة الأحدث من برمجية IDIRIS عند كتابة هذه السطور اسم IDRISI Andes، ويمكن شراءها من خلال مراسلة الشركة أو من خلال موقعها على الوب.

موقع الشركة على الوب www.clarklabs.org



شكل 70: واجهات البرنامج Idrisi

البرمجيات المجانية ومفتوحة المصدر

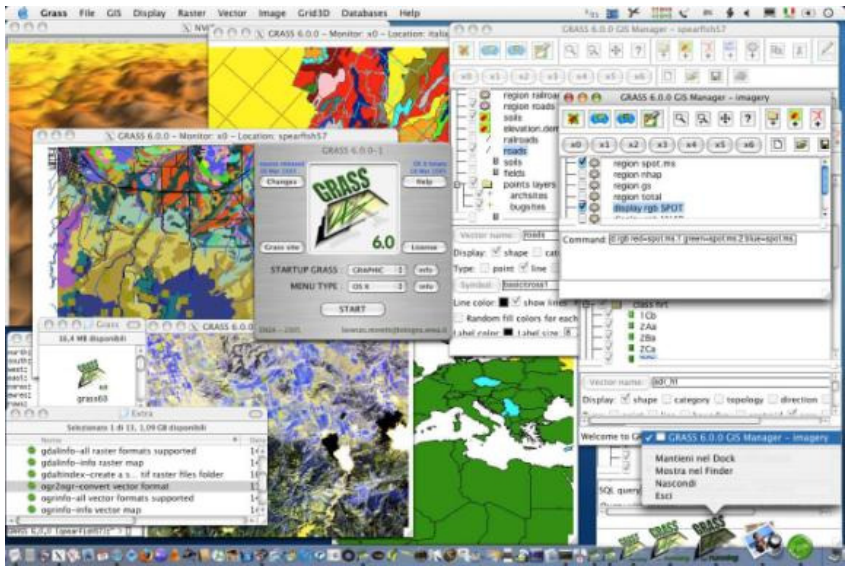
أصبحت البرمجيات المجانية ومفتوحة المصدر في السنوات الأخيرة تلعب دوراً مهماً في عالم نظم المعلومات الجغرافية، والسبب الرئيسي في ذلك هو انخفاض تكلفتها أو عدم وجود تكلفة أصلاً بالمقارنة

بتكلفة البرامج التجارية، ولهذا السبب تبنتها كثير من المؤسسات الحكومية في الدول النامية بل وفي كثير من الدول الغنية والمتقدمة، وكذلك تبنتها المؤسسات الدولية الغير ربحية مثل الأمم المتحدة والبنك الدولي.

فيما يلي عرض لأهم هذه البرمجيات.

البرمجية GRASS

هي واحدة من أكثر برمجيات نظم المعلومات الجغرافية عراقة، قام بتطويرها مهندسي سلاح المهندسين بالجيش الأمريكي. صمم GRASSمن البداية لكي يعمل مع البيانات الخطية Vector وبيانات الشبكات النقطية Raster ، وكي يكون برمجية لتنفيذ وإدارة نظم المعلومات الجغرافية وبرمجية لتحليل مرئيات الأقمار الصناعية والصور الجوية في آن واحد. وفي هذا السياق يتكون GRASS من نحو ٣٥٠ برنامج فرعي تعمل كلها من أجل أدجال وحفظ ومعالجة وإنتاج وعرض البيانات الجغرافية. يساعد GRASS مستخدمه لأداء العديد من الوظائف مثل تحليل بيانات الشبكات النقطية Raster Analysis وتحليل التراكب Overlay Analysis والحرم Buffers تحليل السطوح الأرضية Terrain Analysis وتحليلات الجيولوجيا الإحصائية Geostatistics بالإضافة لتحليل صور الأقمار الصناعية والصور الجوية، كما تجدر الإشارة إلى أن GRASS يحتوي على عدد من البرامج الجاهزة لأداء أنواع خاصة من التحليل مثل معالم اللاندسكيب وتحليل تآكل الشواطئ وتحليل الإرتشاح في خزانات المياه الجوفية وتحليل أحواض الصرف السطحية.



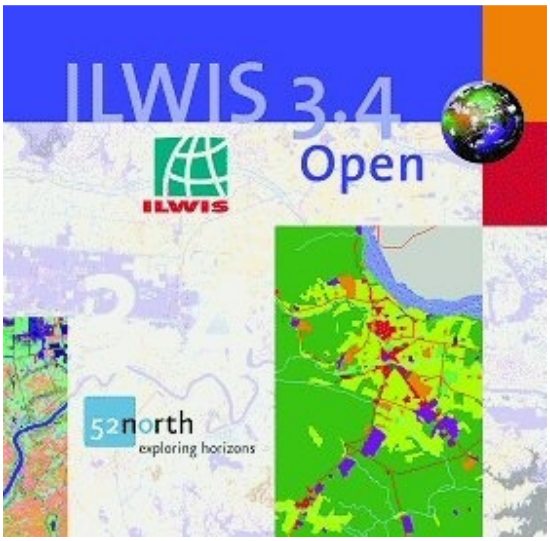
شكل 71: البرنامج Grass عاملاً في بيئة Linux

البرمجية ILWIS

قام بتطوير البرمجية ILWIS مع المعهد الدولي لعلوم المعلومات المكانية ومراقبة الأرض International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation والمعروف اختصارا باسم ITC وذلك ابتداء من عام ١٩٨٨. وعلى عكس GRASS صمم ILWIS بالكامل ليعمل في بيئة تشغيل الحواسيب المكتبية، فكان أصدارة الأول يعمل في بيئة DOS وحالياً يعمل في بيئات Windows.

يتشابه ILWIS في كثير من الخصائص مع البرنامج GRASS من حيث احتواءه على عدد كبير من الأدوات التي يمكن أن يستخدم أي من مستخدمي نظم المعلومات الجغرافية.

يمكن الحصول على البرنامج من خلال الموقع ٥٢north.org



شكل 72: البرنامج ILWIS

جهود عربية لإنتاج نظم المعلومات الجغرافية

لعل أقدم أشارة موثقة عن مشروع لإنتاج برمجية نظم معلومات جغرافية هي تلك الواردة في مؤلف الأستاذ الدكتور عزيز الخزامي المسمى " **نظم المعلومات الجغرافية"** عن محاولته تطوير برمجية نظام معلومات جغرافي عربي بالكامل، إلا أن هذه المحاولة لم تستمر لعدم وجود التمويل الكافي لها. ومع ذلك فإن هناك محاولات دءوبة للولوج إلى هذا الحقل نرصد منها ثلاثة محاولات فيما يلي.

تعريب البرمجية ArcView

قامت الشركة المصرية Quality Standards منذ مطلع التسعينات بتصميم وإنتاج برنامج امتداد لبرمجية نظم المعلومات الجغرافية الأكثر شعبية هذا الحين ArcView كان الغرض منها تعريب البرنامج

ArcView بمعنى تمكينه من اختزان وإنتاج البيانات باللغة العربية وهي الخاصية التي كان يفتقر إليها ArcView. وقد حصلت الشركة المصرية على تكريم الشركة المنتجة للبرمجية ArcView وشاع استخدام هذا البرنامج في مختلف البلاد العربية حتى اختفى مع أحلال ArcView بالنظام ArcGIS الذي تغلبت الشركة في تصميمه على مشكلة اللغات.

مشروع البيروني

هذا المشروع هو مشروع علمي خاص بالمؤلف الغرض منه تطوير برمجية خاصة بنظم المعلومات الجغرافية، وقد اختير أسم البيروني لها تكريماً للعالم المسلم ذي الانجازات الجليلة في حقلي الفلك والجغرافيا أبي ريحان البيروني.

تقوم فكرة المشروع على إعداد مكتبة قادرة على التعامل مع بيانات نموذج المعلومات الجغرافي الخطي Vector based GIS، فتكون لها القدرة على قراءة وكتابة هذه البيانات – وقد اختيرت تهيئة Shapefile لشيوعها – وتنفيذ العمليات على هذه البيانات. وقد تم إنجاز هذه المكتبة، كما يجرى تطويرها لتكون قادرة على التعامل مع البيانات من النوع الـ raster. المرحلة الثانية هي تطوير واجهة استخدام رسومية لهذه المكتبة يمكن للمستخدم من خلالها أن يقوم بعرض هذه البيانات وإجراء تحرير وتحليل لها، وهي المرحلة التي يجر العمل فيها الآن.

ومن المتوقع أن يتم طرح الإصدار الأول من هذا البرنامج منتصف ٢٠٠٨.

ويطمح صاحب المشروع في تطوير مشروعه للعمل مع الامتدادات المكانية لقواعد البيانات المفتوحة المصدر مثل PostgreSQL حتى يمكن استخدام مشروع البيروني من خلال الشبكات. وبذلك يكون هذه المشروع قادراً على تلبية احتياجات قطاع كبير من المستخدمين الذين يعملون على حواسيب شخصية أو على حواسيب متصلة بالشبكات.

الفصل الثاني عشر: الاتجاهات الحديثة في نظم المعلومات الجغرافية[٢]

تتباين إشكال التقانات التي يمكن توظيفها في تطوير نظم المعلومات الجغرافية وتختلف خطط توظيفها حسب طبيعة كل تقانة والغرض الممكن توظيفها فيه. فهناك التقانات التي تستهدف توصيل خدمات نظم المعلومات الجغرافية إلى الجمهور غير المتخصص وتوسيع دائرة التشارك في المعلومات، وتشتمل هذه الفئة على تقانات مثل نشر نظم المعلومات الجغرافية عبر الإنترنت. كما أن هناك فئة من التقانات تعمل على توسيع إمكانيات نظم المعلومات الجغرافية في تمثيل وتحليل البيانات الجغرافية، مثل تهجين نظم المعلومات الجغرافية بالذكاء الصناعي أو إضافة الوسائط المتعددة إلى طرائق تمثيل البيانات الجغرافية.

في هذه الفصل نقدم مراجعة لأهم الاتجاهات الحديثة في تطوير نظم المعلومات الجغرافية من خلال منظور عملي صرف يتفادى التفاصيل التقنية ويركز على المردود المادي المحسوس، ويقدم بعض التجارب العالمية والمحلية التي تحقق الأهداف المرجوة من تطوير نظم المعلومات الجغرافية في الإطار المحدد لموضوع الفصل.

نظم المعلومات الجغرافية مفتوحة المصدر

نظم المعلومات الجغرافية مفتوحة المصدر هي تلك التقنية التي تسمح للمستخدم بتبادل البيانات عبر الشبكات بدون الأخذ في الاعتبار البنية الرقمية Format الخاصة بها. لقد مر مفهوم نظم المعلومات الجغرافية مفتوحة المصدر بعدة مراحل من التطور، انتهت إلى ضرورة تحقق مجموعة من المتطلبات التقنية لإنشاء نظام معلومات جغرافي مفتوح المصدر. هذه المتطلبات الأساسية اللازمة لإنشاء نظام معلومات جغرافي مفتوح المصدر هي:

- وجود بيئة تشغيل Operating Environment مستقرة و قابلة لاستغلال أدوات وبنى برمجية لا تعتمد على بنية البيانات الرقمية.
- فضاء بيانات مشترك يمكن للمستخدمين من خلاله إتمام عمليات تحليل للبيانات البعيدة Remote Data Analysis.
- نظام لتصفح البيانات على إنترنت له القدرة على العامل مع البيانات الجغرافية.

[٢] هذا الفصل هو عبارة عن ورقة علمية للمؤلف قدمت إلى ندوة نظم المعلومات الجغرافية ودورها في خدمة البيئة والمجتمع المنعقدة في قسم الجغرافيا في كلية الآداب بجامعة الإسكندرية بجمهورية مصر العربية في ٢١ يوليو ٢٠٠٥ وقد ضمها كتاب الأبحاث المنشورة في الندوة الصادر عن القسم والمطبوع في دار الكتب الجامعية بالإسكندرية، وقد أحتوى هذا الفصل على زيادات وإيضاحات لم تحتويها الورقة الأصلية.

إئتلاف البيانات الجغرافية المفتوحة Open Geospatial Consortium (OGC)

تأسس هذا الائتلاف عام ١٩٩٤ بالولايات المتحدة وضم عدد من المؤسسات البحثية والصناعية، وضم من بين أعضائه عدد من كبار منتجي برمجيات نظم المعلومات الجغرافية مثل AutoDesk و MapInfo. هدف هذا الائتلاف هو وضع المعايير لعملية لتصميم وإنتاج برمجيات نظم المعلومات الجغرافية مفتوحة المصدر. ويدعم الائتلاف تقنياً المشروعات التي تقوم بها جهات مالكة لنظم معلومات جغرافية تهدف إلى تحويل أنظمتها إلى نظم مفتوحة.

ويعتبر من أنجح ما قام به الائتلاف هو تطوير نسخة خاصة من لغة العلامات قابلة للامتداد Extensible Mark-up Language (XML) - لغة العلامات قابلة للامتداد Extensible Mark-up Language (XML) هي لغة بسيطة تكتب من خلال بنية نصية Text Format تم تصميمها لمجابهة حاجات النشر الإلكتروني من خلال الوب، ثم تم تمديد إمكانياتها لتصبح اللاعب الرئيسي في عمليات تبادل البيانات مختلفة البنى Formats عبر الإنترنت أطلق عليها لغة علامات الجغرافيا Geography Mark-up Language (GML) وهي المعيار الذي تم اعتماده لتبادل البيانات في فصيلة المساحة العسكرية بالمملكة المتحدة ومكتب الإحصاء بالولايات المتحدة.

نموذج للخبرة العربية – مشروع السجل العيني القومي بجمهورية مصر العربية

في يناير ٢٠٠٥ ونتيجة لمجموعة من دراسات الجدوى المطولة والتفصيلية، أتخذت هيئة المساحة المصرية قراراً بتحويل السجل العيني القومي إلى منظومة رقمية، ومن ثم دعت الهيئة مجموعة من الخبراء في المجال ضمت الباحث بهدف وضع تصور تقني للمشروع في ظل مجموعة من المحددات القانونية التي تتعلق بطبيعة الوثائق التي يتم تداولها في السجل العيني ومجموعة من المحددات المالية الشديدة.

وقد توصلت مجموعة الخبراء على تصميم نظام كامل يعتمد على المصادر المفتوحة سواء على مستوى نظم المعلومات الجغرافية او نظم إدارة قواعد البيانات، مما أدي على ضغط النفقات إلى نحو ٢٥% من قيمة النظام في حال تنفيذه باستخدام تقنيات محمية المصدر. وقد أوصت لجنة مشكلة من الهيئات الثلاثة المسئولة عن عمليات المساحة في جمهورية مصر العربية باعتماد هذا التصميم عند العمل على إنشاء نظم معلومات جغرافية على المستوى الوطني، لكنه لسوء الحظ ونظراً لعوامل اقتصادية وإدارة تم التخلي عن هذا المشروع واستبداله بمشروع آخر يعتمد على البرمجيات التجارية بالرغم من الكلفة العالية للمشروع الثاني.

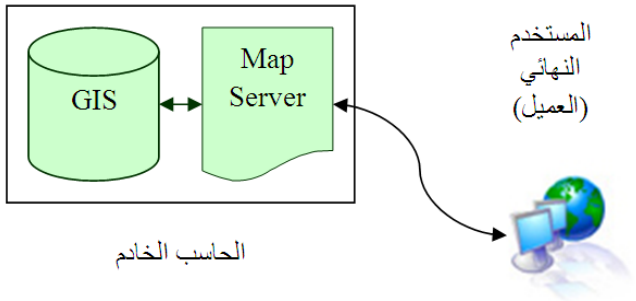
نشر نظم المعلومات الجغرافية عبر الوب

يستخدم مصطلح الانترنت للدلالة على الشبكة العالمية التي تتكون من آلاف الشبكات واسعة النطاق Wide Area Network (WAN) والشبكات محدودة النطاق Local Area Network (LAN) المترابطة فيما بينها وتستخدم بروتوكول تبادل البيانات المعروف باسم TCP/IP. يمكن لمستخدم الانترنت الحصول

على عدد كبير من الخدمات عبر الشبكة، إلا أنه ومنذ منتصف التسعينات شاع استخدام خدمة الوب - وهي أحد خدمات الانترنت - بين الجمهور، حتى أصبح لفظ وب في كثير من الأحيان مرادف للإنترنت بين غر المختصين. تعتبر هذه الخدمة هي الأكثر شيوعاً والأسرع تطوراً بين خدمات الانترنت، حيث يتم استخدام تقنية الوصلات الفائقة hyperlink للوصل بين مجموعة من الملفات المختلفة التي تحتوي على نصوص وصور ووسائط. يستخدم للإطلاع على هذه المواد برنامج عميل Client يسمح بقراءة وتفسير الوصلات الفائقة والتي تكون غالباً في الصيغة البنائية المعروفة بلغة علامات النصوص الفائقة Hypertext Mark-up Language (HTML).

تزامن هذا الشيوع الذي تحقق للإنترنت نتيجة استخدام خدمات الوب والتقدم التقني الذي أدى على انخفاض تكلفة خدمات الإنترنت في جميع أرجاء العالم، مع الزيادة المستمرة في عدد المنتفعين بنظم المعلومات الجغرافية من غير المختصين. وهو ما أدى إلى التفكير في توصيل هذه الخدمة إلى المنتفعين بها عبر الوب. وفي عام ١٩٩٣ تم تدشين أول موقع وب يقدم للمنتفعين به خدمات نظم المعلومات الجغرافية، وهو الموقع الخاص بشركة زيروكس Xerox حيث قدم خريطة للعالم مع إمكانية تكبيرها وتصغيرها تفاعلياً.

بمرور الوقت توصل الخبراء على الصيغة المعيارية لنشر نظم المعلومات الجغرافية عبر الانترنت، وهي صيغة تعتمد على تخصيص customization الفكرة العامة لتقديم خدمات الوب. في هذا النموذج – المبين في شكل73 - يوجد نظام المعلومات الجغرافي على حاسب من النوع الخادم Server، يتم تصميم واجهة انتفاع Using Interface ببرمجية مخصوصة يطلق عليها خادم الخرائط Mapping Server، تتجاور هذه البرمجية مع نظام المعلومات الجغرافي على ذات الخادم، الهدف من هذه البرمجية هو تحويل الطلبات Requests المشفرة بواسطة بروتوكلات TCP/IP إلى نظام المعلومات الجغرافي، حيث يقوم النظام بتنفيذ هذه الطلبات ورد الناتج إلى خادم الخرائط الذي يقوم بتحويلها على مجموعة من النصوص الفائقة يمكن لمرسل الطلب الإطلاع عليها عبر الانترنت مستخدماً أي متصفح للوب.

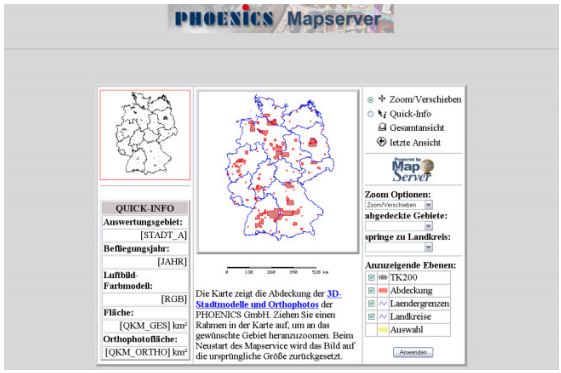


شكل73 : نموذج نشر نظم المعلومات الجغرافية عبر الانترنت.

ولأن المواقع التي تقدم خدمة نظم المعلومات الجغرافية مكلفة التطوير والإدارة، كما أنها تحظي بعدد كبير من الزيارات على الشبكة فكثيراً ما تقوم الشركات الكبرى بإضافة هذه الخدمة إلى مواقعها لتشكل عامل جذب. وفيما يلي عرض لنموذج من الخبرات العالمية وآخر من الخبرات المحلية وكلاهما تقدمه شركات ربحية.

نموذج للخبرات العالمية – موقع شركة فونيكس الألمانية للأعمال المساحية

شركة فونيكس Phoenics هي شركة ألمانية متخصصة في الأعمال المساحية أسست عام في ١٩٩٤مدينة هانوفر، في عام ٢٠٠١ أطلقت الشركة موقعها (www.phoenics.de) والذي ضم محرك بحث جغرافي (شكل74) يمكن من خلاله تنفيذ عمليات بحث عن مواقع داخل مدينة هانوفر بدلالة عنوانيها أو موقعها الجغرافي أو أسماءها (في حالة الفنادق والمستشفيات). تم تنفيذ هذا البحث بالتعاون مع الباحثين وطلاب أحد المعاهد التعليمية باستخدام مجموعة من البرمجيات مفتوحة المصدر وذلك لخفض التكلفة. وقد تم تطوير المشروع أكثر من مرة حيث تم إضافة عدد من الصور الجوية والنماذج ثلاثية الأبعاد للمدينة.

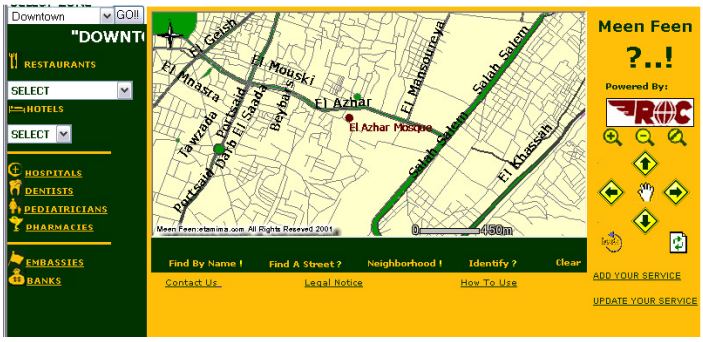


شكل74 : موقع الوب الخاص بشركة فونيكس.

نموذج الخبرة المصرية – موقع التسويق الخاص بشركة تميمة

منذ عام ٢٠٠٢ قدمت شركة تميمة وهي أحد الشركات التجارية العاملة بجمهورية مصر العربية موقعها الخاص بتسويق منتجاتها وضم موقع فرعي أطلق عليه "مين فين". تم نشر نظام معلومات جغرافي لمدينة القاهرة من خلال هذا الموقع مع واجهة استخدام صممت ببرنامج ArcIMS 3.0 يمكن للمستخدم من خلالها تحديد المنطقة التي يرغب في مشاهده خرائطها أو الاستعلام عن بعض الأماكن التي فيها. وقد تم توسيع الموقع فيما بعد ليشمل كلاً من مدينتي الغردقة وشرم الشيخ. ويعرض شكل76 شكل75 وشكل76 هذا الموقع مبين عليه منطقة الأزهر بمدينة القاهرة.

شكل75 : صفحة المدخل لموقع "مين فين"



شكل76 : موقع "مين فين" مبين عليه منطقة الأزهر بمدينة القاهرة.

نظم المعلومات الجغرافية المدعمة بالوسائط المتعددة

يستخدم مصطلح الوسائط المتعددة للإشارة إلى مجموعة بنى رقمية Format يمكن من خلالها تمثيل الصورة والصوت والصور المتحركة. وقد ظهرت هذه التقنية منذ أواسط التسعينات حيث تم تطويرها باستمرار حتى أصبحت جزء أصيل من الأنشطة اليومية لمستخدمي الحاسب الآلي سواء من المطورين أو المستخدمين العاديين.

وقد دفعت الحاجة مصممي نظم المعلومات الجغرافية إلى إضافة الوسائط المتعددة إلى نظمهم للانتفاع بإمكانيات عرض الصور والأفلام التي تبين الموضوعات التي تمثلها الأنظمة. ولا تزال تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية المزودة بالوسائط المتعددة محدودة التطبيقات ومع ذلك أقترح بعض الباحثين بعض التطبيقات الممكن توظيف هذه التقنية فيها، حيث أقترح بعض الباحثين استخدامها في الوسائل التعليمية

حيث يمكن توضيح المشكلات البيئية على وجه الخصوص من خلال تبيان انتشارها الجغرافي عبر نظام المعلومات الجغرافي وكذلك توضيح طبيعتها من خلال الوسائط المتعددة. على حين قام آخرين بالفعل بتوظيف الوسائط المتعددة في نظام معلومات جغرافي بغرض توضيح التلوث السمعي في جوار المطارات.

النماذج ثلاثية الأبعاد

حافظت التقاليد الكارتوجرافية منذ العصر الهلينيستى على الخريطة كتمثيل ثنائي الأبعاد للأرض. وإلى جانب التقاليد كان الجانب العملي يرسخ مكانة الخريطة حيث هي سهلة الاستخدام يسيرة الحمل، سلسة الفهم.

ومع ظهور التقنيات الرقمية بدأت فكرة إضافة البعد الثالث إلى البيانات الجغرافية في الظهور وهو ما اطلق عليه أسم النماذج ثلاثية الأبعاد 3D Models. وقد تم استخدام بنية الشبكة النقطية raster في البداية في النماذج ثلاثية الأبعاد ثم تم الاستعاضة عنها بالبيانات ثلاثية الأبعاد من النوع Triangulated Irregular Network (TIN) هي نوع البيانات يتم تمثيل البيانات الجغرافية في الأبعاد الثلاثة بواسطة سطح شبكي يتكون من مثلثات متجاورة.

إن أهم تطبيقات النماذج ثلاثية الأبعاد هو الحصول على منظور مجسم يحتوي على الكثير من المعلومات مقارنة بهذه المعلومات التي يمكن الحصول عليها من خلال مخطط بلانيمتري أو خريطة تضاريسية لمنطقة الدراسة. كذلك يمكن استخدام النماذج الثلاثية الأبعاد في الكثير من التطبيقات مثل دراسة الخصائص التضاريسية للأرض، وإدارة الكوارث الطبيعية ممثلة في السيول وحرائق الغابات.

نموذج من الخبرة العالمية – نظام توجيه الطائرات الهيل لحف الناتو

من أهم التطبيقات التي تستخدم فيها النماذج ثلاثية الأبعاد هي أجهزة المحاكاة التي تستخدم في تدريب الطيارين والملاحين. وقد قام حلف الناتو بتطوير مجموعة من تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد التي تعتمد لتدريب الطيارين والملاحين البحريين التابعين له.

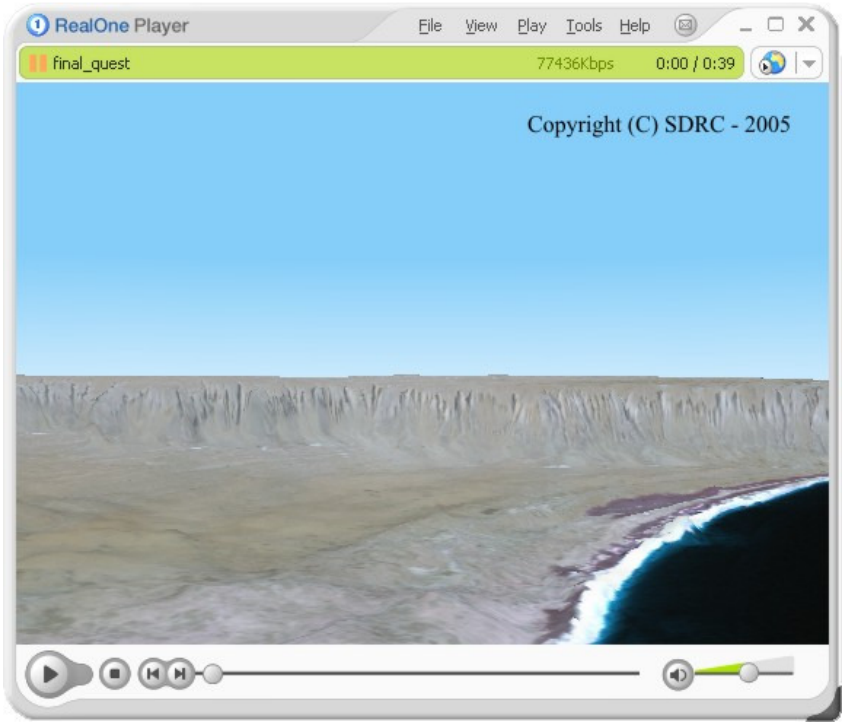
ومن أهم النظم التي أنتجها الحلف هو نظام توجيه طياري الهيل التابعين للقوة البحرية للحلف – أنظر شكل77 – وهو نظام يقوم على الربط بين تقنية الـ GPS عالية الدقة ونظم المعلومات الجغرافية وأقمار الاستطلاع العسكري ربط تزامنياً، بحيث يمكن للقادة العسكريين في القاعدة مراقبة وتوجيه طياريهم.

شكل77 : نموذج ثلاثي الأبعاد مستخدم لتوجيه طياري الهيل بحلف الناتو.

نموذج للخبرة المصرية – نظام معلومات جغرافي لمجابهة السيول

تعتبر السيول المفاجئة من أخطر الكوارث الطبيعية في بعض المناطق. تنشأ السيول نتيجة الحركة المتراكمة للمياه الناشئة عن الأمطار الغزيرة بمعدلات ضخمة في فترات قصيرة. وكثيراً ما تعمل التضاريس الطبيعية على زيادة عنف هذه السيول. منذ عام ٢٠٠٣ يعكف باحثي مركز أبحاث التنمية المستدامة على تطوير نظام معلومات جغرافي للتنبؤ بالسيول وتحديد أخطارها واقتراح نماذج رياضية وإحصائية لمجابهة خطر السيول. ولذلك تم تصميم نظام مخصوص لذلك الغرض حيث استعان مصممية بالنماذج ثلاثية الأبعاد لدراسة أثار التضاريس على حركة السيول.

ويبين شكل78 مشهد مجسم أستخدم في صنعه نموذج ثلاثي الأبعاد ومرئية قمر صناعي لمنطقة تتكون من سهل ساحلي وهضبة مستوية جرى إنتاجه باستخدام النظام المذكور. ومن الجدير بالذكر أن هذا النظام قد أستخدم في بعض الأماكن في جمهورية مصر العربية والجمهورية اليمنية حيث حقق نجاح ملحوظ في رصد وإدارة السيول.



شكل78 : مشهد مقتطع من نظام مجابهة السيول في مركز أبحاث التنمية المستدامة.

نظم المعلومات الجغرافية مصطنعة الذكاء

تعتبر أبحاث الذكاء الصناعي تلك الرامية إلى محاكاة الذكاء البشري من خلال بنى رقمية هو الاتجاه الواعد بالنسبة لأبحاث الحوسبة Computing وتقانة المعلومات. تنقسم أبحاث الذكاء الصناعي إلى عدة أفرع تشمل النظم الخبيرة والشبكات العصبية وغيرها من الأفرع.

تعتبر نظم المعلومات الجغرافية الخبيرة هي الأكثر شيوعاً، حيث تبنى في هذه النظم قاعدة معرفية مكونة من مجموعة من العلاقات المعرفية الممثلة بأساليب الهندسة المعرفية Knowledge Engineering. أستخدم عدد من الباحثين نظم المعلومات الخبيرة في مجالات مختلفة مثل التخطيط العمرانياً و في إدارة الموارد الطبيعية. أما استخدام الشبكات العصبية في نظم المعلومات الجغرافية فيعتمد مطوروها على الأساليب التي يستخدمها العقل البشري في تفسير المعلومات عن طريق التعلم وتراكم التعلم. وهذه التقنية لا تزال قيد التجريب في مجال نظم المعلومات الجغرافية.

ملحق ١ : قائمة بأهم المراجع المتاحة في المكتبات حول نظم المعلومات الجغرافية باللغة الإنجليزية

- Arctur, David and Michael Zeiler. 2004. Designing Geodatabases, Case Studies in GIS Data Modeling, ESRI Press, Redlands, California.

- Aronoff, Stan. 1989. Geographic Information Systems: A Management Perspective, WDL Publications, Ottawa.

- Bailey, Trevor C. and Anthony C. Gatrell. Interactive Spatial Data Analysis, Pearson Education Limited, Toronto.

- Bernhardsen, Tor. 2002. Geographic Information Systems, An Introduction, 3rd ed., John Wiley and Sons, Toronto.

- Bolstad, Paul. 2005. GIS Fundamentals, A First Text on Geographic Information Systems, 2nd ed., Eider Press, White Bear Lake, Minnesota.

- Boyles, David. 2002. GIS Means Business, Vol. 2, ESRI Press, Redlands, California.

- Burrough, Peter A. and Rachael A. McDonnell. 1998. Principles of Geographical Information Systems, Oxford University Press, Toronto.

- Chang, Kang-tsung. 2008. Introduction to Geographic Information Systems, 4th ed., McGraw-Hill Higher Education, Toronto.

- Chrisman, Nicholas. 2002. Exploring Geographic Information Systems, 2nd ed., John Wiley and Sons, Toronto.

- Clarke, Keith C. 2001. Getting Started with Geographic Information Systems, 3rd ed., Prentice Hall Series in Geographic Information Science, Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

- Clarke, Keith C., Parks, Bradley O., and Michael P. Crane (eds.). 2002. Geographic Information Systems and Environmental Modeling, Fourth International Conference on Integrating Geographic Information Systems and Environmental Modeling, Banff, Canada, September, 2000, Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

- Davis, Bruce E. 2001. GIS: A Visual Approach, 2nd ed., OnWord Press, Albany New York.

- Delaney, Julie. 2007. Geographical Information Systems, An Introduction, 2nd ed., Oxford University Press, New York.

- DeMers, Michael N. 2002. GIS Modeling in Raster, John Wiley and Sons, Toronto.

- DeMers, Michael N. 2005. Fundamentals of Geographic Information Systems, 3rd. ed. (update edition), John Wiley and Sons, Toronto.

- Environmental Systems Research Institute, Inc. 1994. Understanding GIS, The ARC/INFO Method, Environmental Systems Research Institute, Inc.

- Foresman, Timothy W. (ed.). 1998. The History of Geographic Information Systems, Perspectives from the Pioneers, Prentice Hall Series in Geographic Information Science, Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

- Fotheringham, A. Stewart, Brunsdon, Chris, and Martin Charlton. 2000. Quantitative Geography, Perspectives on Spatial Data Analysis, Sage Publications, London.

- Fotheringham, Stewart A., Brunsdon, Chris, and Martin Charlton. 2002. Geographically Weighted Regression, The Analysis of Spatially Varying Relationships, John Wiley and Sons, Toronto.

- Greene, Richard P. 2006. Exploring the Urban Community, A GIS Approach, Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

- Grimshaw, David J. 2000. Bringing Geographical Information Systems into Business, 2nd ed., John Wiley and Sons, Toronto.

- Harris, Richard, Sleight, Peter and Richard Webber. 2005. Geodemographics, GIS and Neighbourhood Targeting, John Wiley and Sons Canada, Etobicoke.

- Heywood, Ian, Cornelius, Sarah, and Steve Carver. 2006. An Introduction to Geographical Information Systems, 2rd ed., Pearson Education Limited, Toronto.

- Huxhold, William E. 1991. An Introduction to Urban Geographic Information Systems, Oxford University Press, New York.

- Huxhold, William E. and Allan G. Levinsohn. 1995. Managing Geographic Information System Projects, Oxford University Press, New York.

- Jones, Christopher. 1997. Geographical Information Systems and Computer Cartography, Addison Wesley Longman Limited, Edinburgh Gate, England.

- Jones, Christopher. 1997. Geographical Information Systems and Computer Cartography, Addison Wesley Longman Limited, Edinburgh Gate, England.

- Knowles, Anne Kelly (ed.). 2002. Past Time, Past Place, GIS for History, ESRI Press, Redlands, California.

- Konecny, Gottfried. 2003. Geoinformation, Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information Systems, Taylor and Francis, New York.

- Korte, George B., 2001. The GIS Book, How to Implement, Manage, and Assess the Value of Geographic Information Systems, 5th ed., Onword Press, Albany, New York.

- Lo, C.P. and Albert K.W. Yeung, 2007. Concepts and Techniques of Geographic Information Systems, 2nd ed., Pearson Education Canada, Inc., Toronto.

- Longley, Paul A. and Michael Batty (eds.). 2003. Advanced Spatial Analysis, The CASA Book of GIS, Centre for Advanced Spatial Analysis, ESRI Press, Redlands, California.

- Longley, Paul A., Goodchild, Michael F., Maguire, David J., and David W. Rhind. 2005. Geographic Information Systems and Science, 2nd ed., John Wiley and Sons, Toronto.

- Maguire, David J., Batty, Michael, and Michael Goodchild (eds.). 2005. GIS, Spatial Analysis, and Modeling, ESRI Press, Redlands, California.

- Mitchell, Andy. 2005. The ESRI Guide to GIS Analysis, Vol. 2: Spatial Measurements and Statistics, ESRI Press, Redlands, California.

- Mitchell, Andy. 1999. The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 1: Geographic Patterns & Relationships, ESRI Press, Redlands, California.

- Ormsby, Tim, Napoleon, Eileen, Burke, Robert, Groessl, Carolyn, and Laura Feaster. 2001. Getting to Know ArcGIS Desktop, ESRI Press, Redlands, California.

- O'Sullivan, David and David J. Unwin. 2003. Geographic Information Analysis, John Wiley and Sons, Toronto.

- Peters, Alan and Heather MacDonald, 2004. Unlocking the Census with GIS, ESRI Press, Redlands, California.

- Shekhar, Shashi, and Sanjay Chawla. 2003. Spatial Databases, A Tour, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

- Star, Jeffrey, and John Estes. 1990. Geographic Information Systems, An Introduction, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

- Stillwell, John and Graham Clarke (eds.). 2004. Applied GIS and Spatial Analysis, John Wiley and Sons, Toronto

- Stillwell, John, and Graham Clarke (eds.). 2004. Applied GIS and Spatial Analysis, John Wiley and Sons, West Sussex, England.

- Thomas, Christopher and Milton Ospina, 2004. Measuring Up, The Business Case for GIS, ESRI Press, Redlands, California.

- Tomlinson, Roger, 2003. Thinking About GIS, Geographic Information System Planning for Managers, ESRI Press, Redlands, California.

- Waller, Lance A. and Carol A. Gotway. 2004. Applied Spatial Statistics for Public Health Data, John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey.

- Waller, Lance A. and Carol A. Gotway. 2004. Applied Spatial Statistics for Public Health Data, John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey.

- Wong, Davis W.S. and Jay Lee. 2005. Statistical Analysis of Geographic Information, with ArcView GIS and ArcGIS, John Wiley and Sons, Toronto.

- Yeung, Albert K.W. and G. Brent Hall. 2007. Spatial Database Systems; Design Implementation and Project Management, The GeoJournal Library vol. 87, Springer, Dordrecht, The Netherlands.

- Zeiler, Michael. 1999. Modeling Our World, The ESRI Guide to Geodatabase Design, ESRI Press, Redlands, California.

ملحق ٢: أهم الدوريات العلمية باللغة الإنجليزية لنظم المعلومات الجغرافية

- Applied Geographic Studies
- Applied Geography
- Cartographica
- Cartography and Geographic Information Systems
- Computers and Geosciences
- Geo Info Systems
- Geographical Analysis
- Geographical and Environmental Modeling
- GeoInformatica
- Geoscience & Remote Sensing, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing
- International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation
- International Journal of Geographical Information Science
- International Journal of Health Geographics
- International Journal of Remote Sensing
- Journal of Geographic Information & Decision Analysis
- Journal of Geographical Systems
- Journal of the American Geographical and Statistical Society
- Professional Geographer
- Remote Sensing of Environment