استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في الدراسات المائية

م. سليمان صالح الباروني, sssbaruni@yahoo.com, الجمعية الوطنية لعلوم المياه والتكنولوجيا – ليبيا

الملخص

لقد ساعد التقدم العلمي والتكنولوجي الذي شهده العالم في العقود الأخيرة وخاصة تلك المرتبطة بتقنية المعلومات المتمثلة بقواعد المعلومات وأنظمة المعلومات الجغرافية في تطوير بعض المنهجيات التي تساعد متخذي القرار في تحقيق التخطيط السليم والتنمية المستدامة للموارد الطبيعية ومن بينها الموارد المائية.

وتعتبر تقنية الاستشعار عن بعد من أحدث التقنيات المستخدمة في استكشاف ودراسة الموارد الطبيعية والظواهر البيئية المختلفة وكذلك متابعتها ووضع الخطط المستقبلية المناسبة سواء لاستغلال هذه الموارد أو وضع الحلول المناسبة لمواجهة أو التقليل من المشاكل البيئية الناتجة عن هذا الاستغلال. حيث شهد هذا المجال في ليبيا تطوراً كبيراً في استخداماته وتطبيقاته من خلال الاهتمام بهذه التقنيات، ومواكبة التطور العلمي على المستوى العالمي وتوفير أحدث مستلزمات هذه التقنيات وما واكب ذلك من تدريب وتأهيل للعاملين في هذا المجال. وقد تم الاتجاه مؤخراً إلى استخدام هذه التقنيات في مجالات البحث والتنقيب عن الموارد المائية والدراسات الهيدروجيولوجية وتخريط الموارد المائية واستعمالات الأراضي للزراعة.

1- مقدمة

إن تخزين البيانات ومعالجتها واظهارها باستخدام الطرق التقليدية يحتاج إلى الكثير من الجهد والوقت والتكاليف، ولكن باستعمال الحاسوب تم تصميم منظومات للمعلومات وتطويرها، ليصبح نظام المعلومات الجغرافية من أهم هذه المنظومات. نظم المعلومات الجغرافية هي وسائل وأدوات لجمع المعلومات وخزينها واستعادتها وتعديلها وتحديثها وعرضها بطريقة تساعد متخذي القرار والمخططيين في إعداد البرامج والخطط والقرارات الرشيدة.

أما تقنية الاستشعار عن بعد فهي من أحدث التقنيات المستخدمة في استكشاف ودراسة الموارد الطبيعية بما في ذلك الموارد المائية، والظواهر البيئية المختلفة ومتابعتها ووضع الخطط المستقبلية المناسبة لمواجهة أو التقليل من المشاكل البيئية الناتجة عن استغلال هذه الموارد. وتظهر أهمية الاستشعار عن بعد في أنها ذات قدرة هائلة على تقديم معلومات كثيرة عن الأرض، والاحتفاظ بهذه المعلومات في أشكال مختلفة (صور وسجلات رقمية) للرجوع إليها، كما أنها تساعد على المراقبة والمتابعة المستمرة للأرض ومواردها وإجراء المقارنات بين فترات زمنية مختلفة.

2- استخدامات نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات المائية

2-1- انتاج الخرائط الهيدروجيولوجية

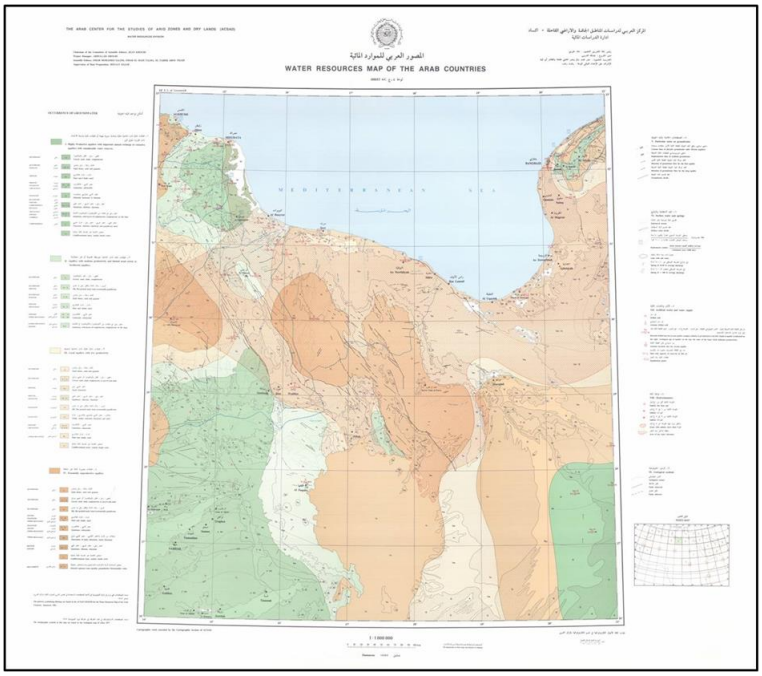
إن التقدم الذي أحرز في مجال الحواسيب أللالكترونية قد عزز فعالية نظام المعلومات الجغرافي لوضع الخرائط المختلفة لتلبية احتياجات التخطيط والإدارة المختلفة.

في الماضي (أي قبل تطور تقنية الحاسوب وأنظمة المعلومات الجغرافية GIS)، تعتمد الطريقة المستخدمة على أساليب بسيطة يدوية، وذلك عن طريق إنتاج خرائط لعدد من المعطيات والعوامل الطبيعية (شرائح المعطيات) على شكل شفافيات، تجمع وتركب لاعداد خرائط لهل علاقة بالدراسات الهيدروجيولوجية.

ويعتبر نظام المعلومات الجغرافي القائم على استخدام الحاسوب وسيلة فعالة لتكامل وتحليل المعطيات ذات المرجعية الجغرافية، التي نحصل عليها من مصادر مختلفة كالاستشعار عن بعد، ومسح التربة، ومسح الأراضي، ومن النقاط المائية، ومن الخرائط والبيانات الإحصائية.

هذه البيانات يتم تحليلها واستخراجها وإعادة تنظيمها وتحديثها وإظهارها بالمقياس والشكل المطلوب الذي يتم تصميمه حسب الحاجة ولأغراض مختلفة لها علاقة بالدراسات الهيدروجيولوجية. لقد تم إنتاج خريطة هيدروجيولوجية تغطي الجزء الأوسط من ليبيا (لوحة (4-ج)) ضمن المصور العربي للموارد المائية بمقياس رسم 1: 000 000 1، إنتاج المركز العربي لدراسات المناطق

الجافة والأراضي القاحلة 1990م شكل (1).



شكل (1) المصور العربي للموارد المائية (لوحة 4-ج)

2-2- إعداد خرائط قابلية المياه الجوفية للتلوث

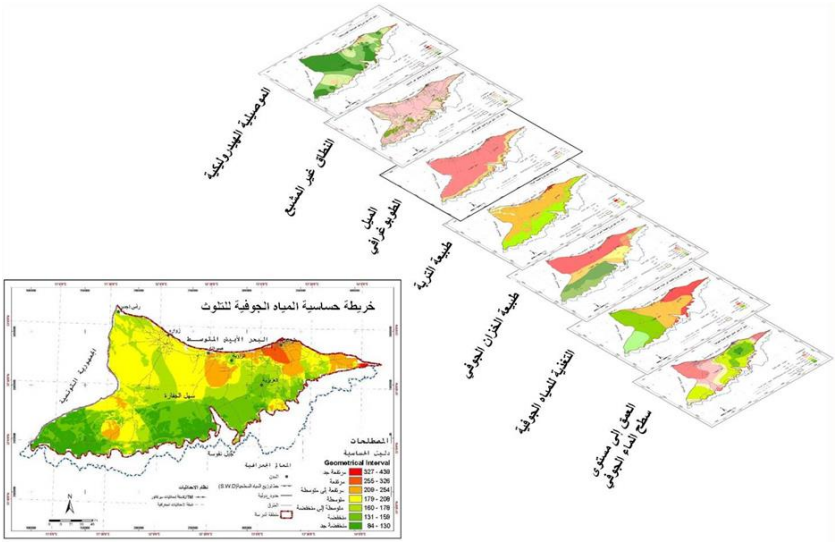
تنتمي خرائط قابلية المياه الجوفية للتلوث إلى صنف الخرائط البيئية ذات الغرض الخاص. وقد صنفت على أنها خريطة لحماية المياه الجوفية مشتقة من الخرائط الهيدروجيولوجية العامة، وهي إحدى الوسائل التي تسمح بتحديد المواقع ذات القابلية السريعة لتلويث المياه الجوفية. وهي مفيدة جدا لأغراض التخطيط والإدارة والتنظيم ولاتخاذ القرارات والسياسات والاستراتيجيات اللازمة لإدارة وحماية المياه الجوفية والحد من تلوثها.

ومن هذه الامثلة إعداد خريطة قابلية الأوساط المائية الجوفية للتلوث في سهل الجفارة (شكل 2)، حيث قام المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (2009م) بإعداد هذه الخريطة بناءً على بيانات ذات المرجعية الجغرافية وخرائط رقمية تم تجهيزها من قبل الهيئة العامة للمياه اشتملت خرائط:

- العمق إلى مستوى سطح الماء الجوفي.

- التغذية للمياه الجوفية.
- طبيعة الخزان الجوفي.
- طبيعة التربة.
- الميل الطوبوغرافي لموقع الدراسة.
- تأثير النطاق غير المشبع.
- توزيع قيم الموصلية الهيدروليكية.

حيث تم وضع الشرائح المختلفة من المعطيات المتاحة بواسطة الحاسوب والتي تشكل أساساً لإعداد الشرائح الرقمية لطريقة دراستيك والتي تعتبر المدخلات الأساسية لإعداد الخريطة النهائية لتحديد قابلية المياه الجوفية للتلوث، تم معالجتها بواسطة النظام المعلوماتي المتاح مثل ARC/INFO أو ERADAS أو CENE.MAP.،

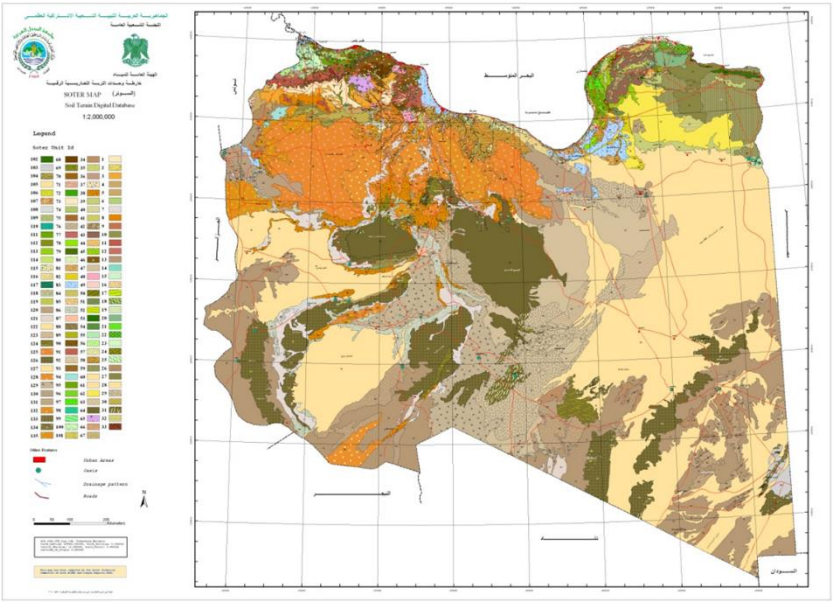


شكل (2) خريطة قابلية الأوساط المائية الجوفية للتلوث في سهل الجفارة

2-3- إنتاج خرائط التربة لكامل أراضي ليبيا

للاستفادة مما يتوفر من دراسات سابقة، تم تجميع الخرائط الأساسية (الطبوغرافية والجيولوجية والطبيعية وخرائط التربة، وتحليل النتائج المتحصل عليها، وباستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية، تم بالتعاون مع المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة انتاج خريطة التربة لكامل ليبيا بمقياس رسم 1: 1000000 (أربعة أجزاء)، وخريطة التربة مقياس رسم 1: 2000000، وهي عبارة عن خرائط تربة تضاريسية، إي أنه تم فصل وحداتها بناء على تباين التضاريس في ليبيا.

وفق نظام السوتر (*SOTER*)، وهو نظام قواعد البيانات الرقمية لمعلومات الأراضي والتربة (*Soil and Terrain Digital Database*) يعتبر أحد الأنظمة العالمية المعتمدة في تحويل خرائط التربة العادية إلى نظام رقمي، تم إنشاء القواعد الرقمية لمعلومات التربة والحقل وانتاج خرائط السوتر بمقياس رسم 1:250000 لكل من المنطقتين الشمالية الشرقية والشمالية الغربية، بالإضافة إلى خريطة السوتر لكامل ليبيا بمقياس رسم 1: 1000000 (شكل 3).



الشكل (3) نموذج لمستخرج خريطة وحدات السوتر لليبيا

2-4- التوثيق الإلكتروني وقاعدة البيانات ونظم المعلومات الجغرافية

تم تنفيذ مشروع التوثيق الالكتروني بهدف حفظ الكم الهائل من المعلومات الجيولوجية والهيدروجيولوجية والجيوفيزيائية ونشاطات حفر آبار المياه بمختلف الدراسات في مجال تنمية واستثمار وإدارة الموارد المائية في ليبيا، وكذلك الدراسات المشتركة مع الدول المجاورة والمتواجدة لدى الهيئة منذ إنشائها وتحويلها من نسخ ورقية إلى وثائق رقمية، بهدف تمكين الباحثين والدارسين والخبراء وصانعي القرار الحصول على هذه الوثائق والمعلومات بكل يسر وسهولة.

لقد تم إعادة تنظيم وإدارة المستندات والمعلومات عن طريق استخدام تقنيات الحاسوب والتصوير الضوئي، واستخدام نظام الهيدرومانجر في تشغيل وتفعيل وإدارة المعلومات الهيدروجيولوجية المتحصل عليها من الآبار المحفورة في ليبيا. كما تضمن المشروع إنشاء بنك متكامل لمعلومات المياه الجوفية وربط قاعدة البيانات بنظام المعلومات الجغرافية (شكل 4) لتسهيل عملية البحث وإجراء الدراسات المائية وإتخاد القرارات في مجال إدارة الموارد المائية.

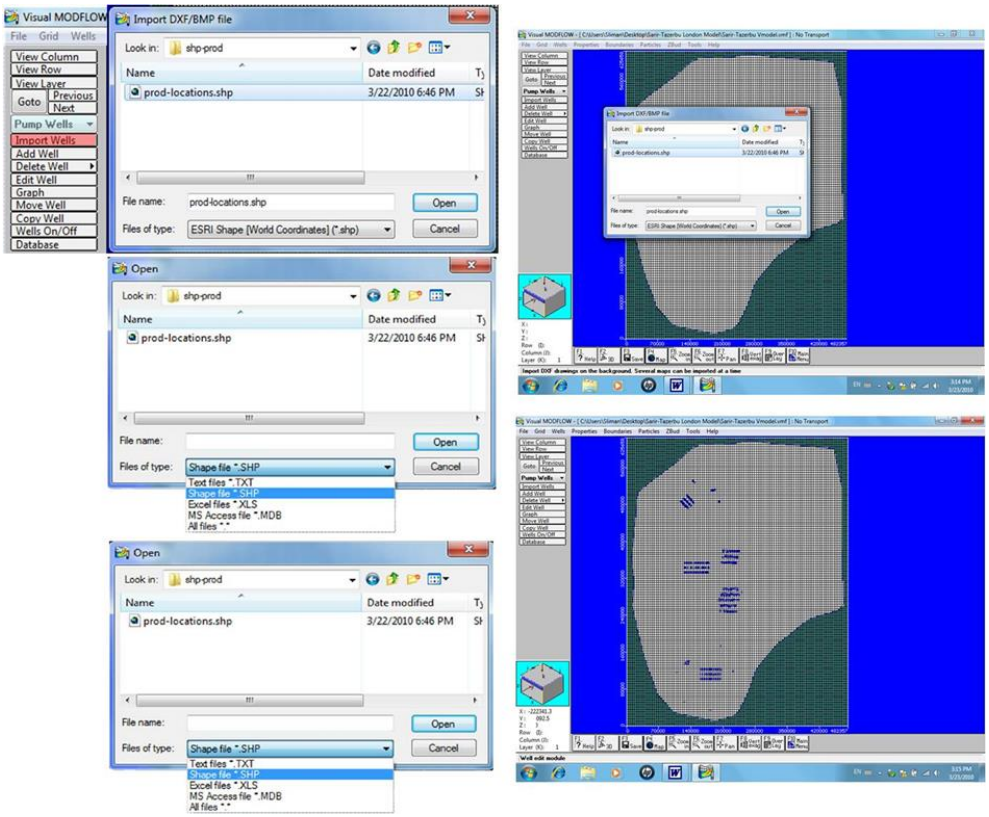
شكل (4) يوضح جزء من الوثائق الورقية وطريقة البحث القديمة والتوثيق الالكتروني

2-5- النماذج الرياضية المستعملة في تقييم وتنمية وإدارة المياه الجوفية

تعتبر تقنية النماذج الرياضية من أفضل الأساليب المستعملة في الدراسات الهيدروجيولوجية التفصيلية لما توفره من نظرة تحليلية تجميعية لكافة المعطيات المتوفرة حول الخزان المائي، كما يمكن تطويعها للعديد من التصورات المتعلقة بخطط الاستغلال وتعطي في كل هذه الحالات حلولاً يمكن المقارنة بينها، وفي هذا الإطار تم استخدام العديد من النماذج الرياضية لتقييم حجم الموارد المائية القابلة للاستغلال والتوزيع والتصميم الأمثل لحقول آبار المياه بالأحواض المائية الرئيسية في ليبيا.

لقد أصبحت نظم المعلومات الجغرافية من أهم الأدوات المستخدمة في تنفيذ النماذج الرياضية للأحواض المائية في ليبيا، خاصة وأن برمجيات النماذج الرياضية لديها خاصية استجلاب الملفات والخرائط المعدة بنظام المعلومات الجغرافية، مما ساعد وسهل في تجهيز البيانات والمعلومات اللازمة لإعداد الخرائط المطلوبة لتنفيذ النوذج الرياضي مثل خرائط مواقع الآبار، سمك الطبقات الحاملة للمياه، المستوى البيزومتري لمناسيب المياه، معامل الامرارية، الموصلية الهيدروليكية، نوعية المياه للخزانات الجوفية، وحدود النموذج الرياضي بمناطق الدراسات، وسهلت كذلك عرض نتائج هذه النماذج.

الشكل (5) استخدام نظم المعلومات الجغرافية في النموذج الرياضي السرير– تازربو بمنطقة جنوب شرق ليبيا، كمثال لكيفية استخدم هذه التقنية.



الشكل (5) استخدام نظم المعلومات الجغرافية في النوذج الرياضي السرير – تازربو

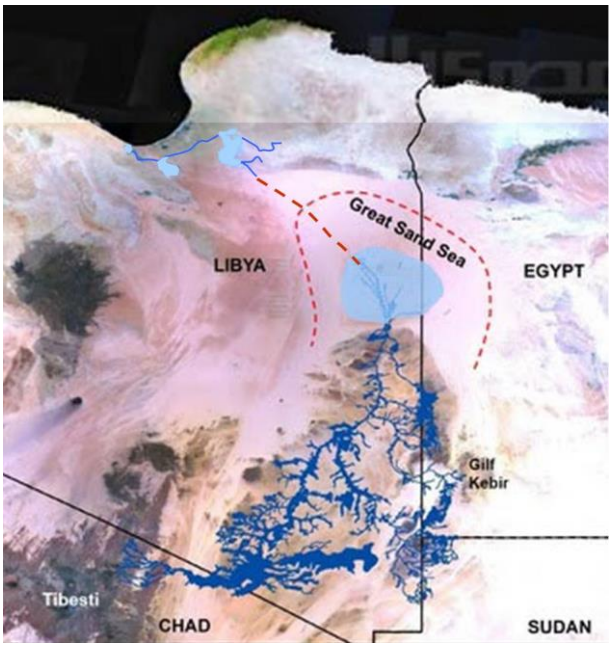
3- استخدامات تقنية الاستشعار عن بعد في مجال الموارد المائية

لقد تم اقتحام عالم التقنية الحديثة والمتقدمة لكافة العلوم والتي منها تقنية الاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء عن طريق إنشاء مراكز متخصصة تحتوي على مختبرات متميزة لمعالجة الصور الفضائية وترجمتها، وواكب ذلك تكوين وإعداد مجموعات بحثية تطبيقية متخصصة بحيث تقدم هذه المراكز خدماتها لكل الجهات الأخرى والباحثين في مجال المعلومات وإجراء الدراسات النظرية منها والتطبيقية في المجالات العلمية ذات العلاقة.

وقد شهد هذا المجال تطوراً في استخداماته وتطبيقاته نتيجة الاهتمام بمواكبة التطور العلمي على المستوى العالمي من خلال توفير أحدث مستلزمات هذه التقنية، وما واكب ذلك من تدريب وتأهيل للعاملين في هذا المجال. وقد تم مؤخراً الاتجاه إلى استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في مجالات البحث والتنقيب عن الموارد المائية، والدراسات الهيدروجيولوجية، وتخريط الموارد المائية، واستعمالات الأراضي للزراعة. ومن ضمن استخدامات هذه التقنية في مجال دراسة الموارد المائية في ليبيا الاتي:

3-1- دراسة مسارات الأودية القديمة المدفونة للاستفادة منها في الدراسات الهيدروجيولوجية.

تتبع مجاري الأودية المدفونة في باطن الارض (هذه المجاري عبارة عن آثار لأنهار قديمة يعود عمرها إلى الآف السنين) باستخدام تقنية الصور الرادارية. الشكل (6) يوضح الصورة التي نشرها مركز أبحاث الفضاء بجامعة بوسطن الأمركية عن وجود نهر مدفون شرق ليبيا (مجاري الأودية المدفونة في باطن الارض)، علماً بأن الهيئة العامة للمياه في منتصف السبعينيات، قامت بدراسة مجرى الصحابي بمنطقة جالو، وتم كذلك تحديد مجرى وادي مدفون بمناطق مشروعي السرير الزراعي الشمالي والجنوبي، وكان تحديد موقع آبار مشروع الكفرة الانتاجي في ملتقى مجرى واديين. وجود هذه الأودية يدل على أن الخزانات الجوفية في هذه المناطق تلقت تغذية مند الآف السنين، وهو ما يدل على وجود هذا المخزون من المياه الجوفية العذبة غير المتجدد، كما يمكن الاستفادة من وجود هذه المجاري في تحديد المناطق التي تكون فيها الخواص الفيزيائية للطبقات الحاملة للمياه جيدة (ذات مسامية ونفاذية عالية)، وهذا ما تم ملاحظته من خلال الآبار المحفورة بهذه المجاري، حيث كانت الآبار المحفورة بهذه المناطق ذات كفاءة وإنتاجية جيدة.



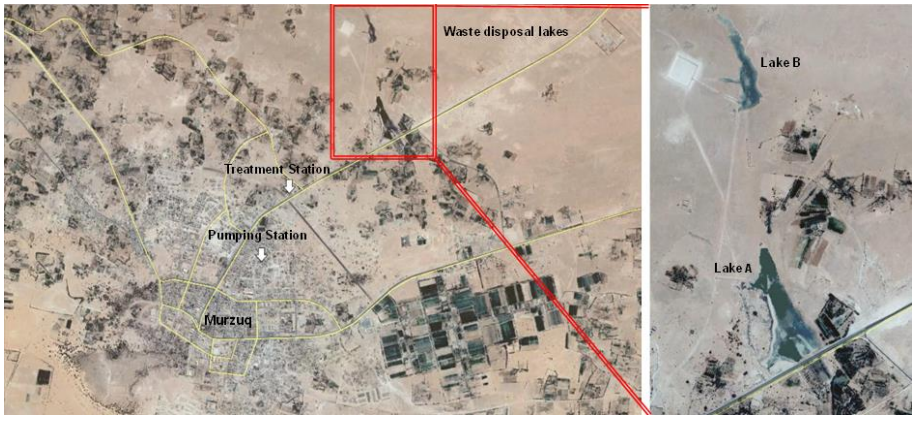
شكل (6) مجاري الأودية القديمة المدفونة في باطن الصحراء جنوب شرق ليبيا

3-2- متابعة ومراقبة تلوث المياه والتربة

يمكن من خلال استخدام صور الأقمار الاصطناعية مراقبة مصادر التلوث وتحديد مواقعها واشكالها ومساحاتها، والأمثلة على ذلك كثيرة نذكر منها بحيرات تصريف المياه المصاحبة لإنتاج النفط التي تنتشر بالقرب من حقول النفط في كل من جالو واوجلة والسرير ومرزق والحمادة الحمراء أي بمناطق أحواض المياه الجوفية الكبرى. هذه المياه تحمل تركيزات عالية من المواد الملوثة السامة التي تضر بالإنسان والحيوان والنباتات والتربة. وكذلك برك أو مستنقعات تصريف مياه الصرف الصحي ومخلفات المصانع السائلة، بالاضافة إلى انتشار مكبات القمامة في أغلب المدن الليبية دون دراسة مسبقة لمواقعها، أوتحديد تأثيرها البيئي.

الشكل (7- أ) يوضح بحيرات تصريف المياه المصاحبة لإنتاج النفط بأحد حقول النفط الواقع جنوب غرب جالو، والشكل (7- ب) يوضح البحيرات المتكونة نتيجة ضخ مياه الصرف الصحي غير المعالجة في منطقة مفتوحة في حي الديسة والتي تبعد عن وسط مرزق بحوالي 2.5 كيلومتر، والشكل (7- ج) يوضح مكب القمامة بمنطقة عين زارة بطرابلس.

الشكل (7- أ) بحيرات تصريف المياه المصاحبة لإنتاج النفط جنوب جالو.

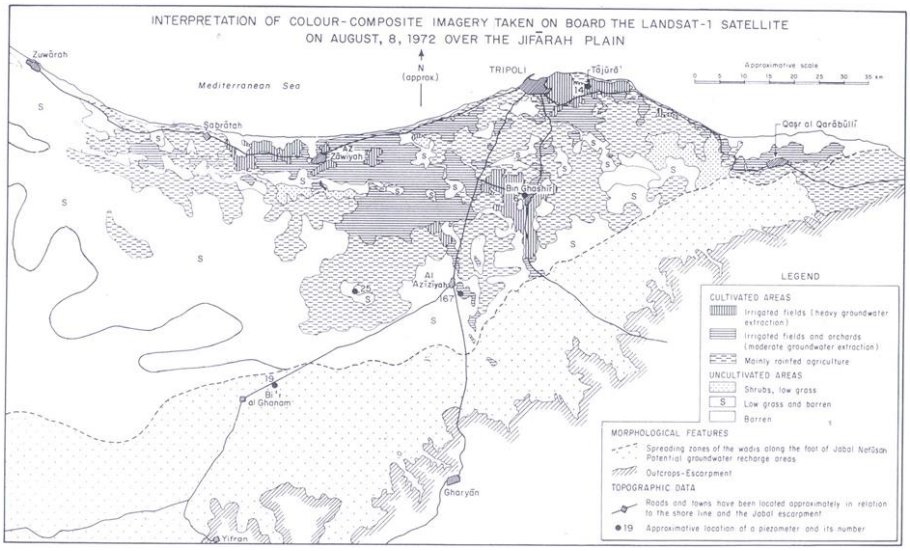


الشكل (7- ب) بحيرات مياه الصرف الصحي غير المعالجة في منطقة الديسة بمرزق

الشكل (7- ج) مكب عين زارة يبين مواقع آبار المزارعين القريبة منه

3-3- حصر المساحات المروية

تشمل حصر المشروعات الزراعية الإنتاجية والاستيطانية والمزارع الخاصة، ومعرفة أنواع المحاصيل المزروعة وتوزيعها بهدف الحصول على معلومات لاستعمالات المياه للأغراض الزراعية، وتحديد كميات المياه المستهلكة في الري، حيث تم استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في الدراسات المائية لسهل الجفارة (8)، وكذلك في مشروع دراسة المناطق الواقعة جنوب خط عرض 28 درجة شمالاً حتى الحدود الجنوبية لليبيا.



شكل (8) استخدام صور الأقمار الاصطناعية في تحديد المساحات المروية

3-4- **دراسة العوامل المؤثرة في عمليات التغذية والجريان السطحي** المتمثلة في:-

- العوامل التكتونية (فوالق وتشققات).

- التغذية السطحية (مجاري الأودية).

- الجيولوجيا السطحية وتغير السحنات الصخرية (نطاقات مختلفة النفاذية).

3-5= كما يمكن استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة التصحر والجفاف وحركة الكثبان الرملية وآثارها على المحيط، وإعداد الخرائط الطبوغرافية والحضرية، ودراسة الغطاء النباتي وتصنيفه والتعرف على درجة تشبع التربة بالمياه ومراقبة ملوحتها، وتخريط استعمالات الأراضي الزراعية.

4- الخطط المستقبلية لتوطين واستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في الدراسات المائية.

4-1- توطين التقنية

– يعتبر بناء القدرة الذاتية عن طريق تأهيل وتدريب العاملين في مجال دراسات المياه على استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية من أهم الخطط المستقبلية لتوطين هذه التقنيات.

- التعاون مع المراكز والمنظمات المحلية والعالمية والمشاركة في المؤتمرات والندوات العلمية المحلية والعالمية في مجال تقنيات الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية للاستفادة من خبرة الآخرين في هذه المجالات.

– مساعدة وتأهيل طلبة السنوات النهائية بالجامعات الليبية في إعداد مشاريع تخرجهم باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية.

4-2- استخدام هذه التقنيات في المشاريع والدراسات المقترحة

أ-تخريط الموارد المائية وإعداد الخرائط الهيدروجيولوجية لكامل أراضي ليبيا

إعداد خرائط هيدروجيولوجية بمقاييس رسم مناسبة، تعكس الإمكانيات المائية المتاحة ونوعيتها وتتضمن كافة النقاط والمنشآت المائية والخزانات الجوفية وأحواض تجميع المياه السطحية بالإضافة إلى البيانات الجيولوجية والهيدرومناخية، لتكون أداة فاعلة بين أيدي متخذي القرار والجهات المعنية بإدارة الموارد المائية واستثمارها.

يتضمن المشروع تحديث الخارطة الهيدروجيولوجية للمنطقة الشمالية الوسطى من ليبيا التي أعدت سابقا بالتعاون بين المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والاراضي القاحلة والهيئة العامة للمياه في إطار مشروع المصور العربي للموارد المائية وذلك في ضوء ما استجد من معطيات.

ب- مقترح دراسة تلوث المياه الجوفية الناتج عن المكبات (النفايات الصلبــة)

تهدف الدراسة إلى وضع قاعدة بيانات معتمدة لمواقع التخلص من النفايات الصلبة في ليبيا، وسوف تقدم الدراسة تقييماً لكل موقع من حيث القدرات الحالية والمستقبلية، والمشاكل المرتبطة بكل موقع، بما في ذلك السياسات والتشريعات ذات الصلة بالتخلص من النفايات، وسوف تؤدي هذه الدراسة إلى وضع استراتيجيات وتوصيات على المستوى الوطني.

وتشمل الدراسة جميع المكبات في ليبيا حسب أولويات الموقع، وإعداد خرائط توضح مواقع هذه المكبات باستخدام صور الاقمار الاصطناعية، وستوفر البيانات والمعلومات الجيولوجية والهيدروجيولوجية عن مواقع تلك المكبات من خلال قاعدة بيانات متكاملة باستخدام نظام المعلومات الجغرافية، وتحديد تأثيرها البيئي على خزنات المياه الجوفية حالياً ومستقبلاً وتأثيرها الاجتماعي، بالإضافة الى الاضرار الاقتصادية والصحية.

ج- إعداد أطلس الوديان

يشمل كل المناطق التي بها أودية موسمية وكذلك المناطق التي يحدث بها جرياناً في بعض الأحيان، خاصة الاودية الموجودة بظهر جبل نفوسة والجبل الأخضر، يتضمن الاطلس قاعدة البيانات المتعلقة بهذه الأودية، وتحديد مجاري الأودية الرئيسية والفرعية، وتحديد مناطق التجميع بالاضافة إلى بيانات المحطات المناخية، بهدف اختيار مواقع إقامة السدود المختلفة، وتتبع مناطق الفيضانات والسيول، ووضع مخططات الاستفادة من مياه هذه الأودية.

د- إعداد أطلس العيون

يتضمن الأطلس حصر جميع العيون بمنطقة الجبل الأخضر وجبل نفوسة، بالإضافة إلى العيون المهمة الأخرى مثل عين تاورغاء وعين وادي كعام وعيون غدامس وعين بزيمة، وإعداد قاعدة بيانات لهذه العيون تشمل المعلومات الجيولوجية والهيدروجيولوجية، وتصنيفها على أساس الانتاجية ونوعية المياه ومدى صلاحيتها للأغراض المختلفة، وتحديد مواقعها على خرائط بمقاييس رسم مناسبة.

ه- حصاد مياه الأمطار والجريان السطحي

تحديد انسب المواقع لتنفيذ السدود التعويقية والفساكي والصهاريج والخزانات الارضية، وذلك لتجميع مياه الأمطار والجريان السطحي والاستفادة منها، وتكوين مسطحات زراعية والحد من الانجراف خاصة بالمناطق الجبلية لاستغلالها في تنمية المناطق الرعوية ونمو الاعشاب والشجيرات البرية.

وكذلك إعداد الدراسات اللازمة لتحديد انسب المواقع لحفر آبار المياه الانتاجية بمناطق ظهر جبل نفوسة بهدف اختراق الخزان الجوفي السطحي المتكون من صخور الطباشيري العلوي والتي تعتمد في انتاجيتها على النفاذية الثانوية الناتجة عن وجود التشققات والتكهفات.

5- المراجع

- المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (1990). المصور العربي للموارد المائية بمقياس رسم 1: 1000000.

- الهيئة العامة للمياه (2009) مشروع إعداد خرائط تحديد قابلية الأوساط المائية الجوفية للتلوث في سهل الجفارة- التقرير النهائي، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة.

- الهيئة العامة للمياه (2005) خارطة وحدات السوتر لكامل ليبيا بمقياس رسم 1: 1000000، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة.

- الهيئة العامة للمياه (2005) مشروع التوثيق الالكتروني.

- الهيئة العامة للمياه (2011) المياه الجوفية السرير- تازربو. نموذج رياضي لصالح جهاز تنفيذ وإدارة مشروع النهر الصناعي. إعداد شركة شلمبرجير.