الفصل الخامس

التقنيات الحديثة في إدارة الموارد المائية

(١ , ٥) مقدمة

تعاني الدول العربية بحسب أحدث تقرير صادر عن المنتدى العربي للبيئة والتنمية من ندرة المياه وتعد المنطقة العربية من أفقر مناطق العالم في المياه ومن المتوقع أن يصل معدل حصة الفرد خلال سنوات قليلة إلى أدنى درجات الفقر المائي الحاد نتيجة زيادة السكان وتضاؤل الإمدادات. وبالتالي فإن هناك صعوبة في ربح رهان التنمية المستدامة في أي بلد، إذا كانت الهياكل القانونية والتنظيمية للموارد المائية القائمة تعاني بعض الاختلال والثغرات، واستعمال أساليب وتقنيات لا تتماشى مع الطرق الحديثة للإدارة المتكاملة للمياه. ويجب التذكير أن هناك بعض الدول التي تعاني من محدودية الموارد المائية ستواجه تحديات كبرى في الألفية الثالثة في الميدان المائي، لكونه لا يتوفر على الإمكانات والوسائل الوقائية والعلاجية معاً.

إن الوضع المائي أصبح حرجاً في بعض دول العالم ومنها المملكة العربية السعودية، وإن كانت غالبيتها تخطت حاجز العجز المائي، إلا أن بعضها يعرف عجزاً مائياً في غاية الخطورة، كما أن عدم توفر أغلبيتها على الاستقلالية في مصادر مياهها، يزيد في تفاقم مشاكل التنمية. وفي ظل هذه الظروف، تبقى السياسات العامة لاستخدام الموارد المائية وإدارتها بعيدة عن المفاهيم الحديثة للإدارة المتكاملة على الرغم من الجهود المبذولة.

ولمواجهة هذه الوضعية، يجب تعميق البحث لاستنباط الآليات الضرورية التي تمكن من تحقيق الأمن المائي من خلال إعداد إستراتيجية للإدارة المتكاملة للمياه، قصد مواكبة التطورات المناخية، ومسايرة التقنيات الحديثة للتدبير، بهدف التقليص من حدة العجز المائي وانعكاساته السلبية على السكان والبيئة والتنمية المستدامة.

وبالنظر إلى التطور الهائل للعلوم المتصلة بالموارد المائية واستعمالاتها المتنوعة والمختلفة، وما يترتب عنها من المشاكل، فإن الضرورة تقتضي البحث عن التكنولوجيا والتقنيات الملائمة لتنمية الموارد المائية، واستنباط الآليات والتقنيات الحديثة لتقويم القوانين. إن استخدام هذه التقنيات وتطبيقاتها في إدارة الموارد المائية سوف تساعد على تقليل الفجوة بين الموارد المتاحة والإمكانيات المأمولة لحل مشكلة نقص المياه والاستخدام الأمثل لها. من أهم التقنيات الحديثة التي يمكن استخدامها في إدارة الموارد المائية وأهم تطبيقاتها سوف يتم تناولها في الجزء التالي.

(٢ , ٥) نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information System- GIS

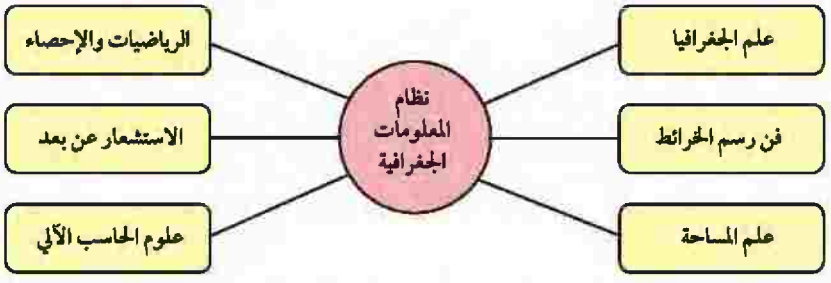
يمكن تعريف نظم المعلومات الجغرافية بأنها نظم حاسوبية لجمع وإدخال ومعالجة وتحليل وعرض وإخراج المعلومات الجغرافية الوصفية لأهداف محددة تساعد على التخطيط واتخاذ القرارات المختلفة، بحيث تتمكن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من إدخال المعلومات الجغرافية (خرائط، صور جوية، مرئيات فضائية) والوصفية (أسماء، جداول)، معالجتها (تنقيحها من الخطأ)، تخزينها، استرجاعها، استفسارها، تحليلها تحليل مكاني وإحصائي، وعرضها على شاشة الحاسوب أو على ورق في شكل خرائط، تقارير، ورسومات بيانية أو من خلال الموقع الإلكتروني.

تعتبر نظم المعلومات الجغرافية (GIS) واحدة من التقنيات القائمة على استخدام الحاسب الآلي، والتي لها القدرة على عرض المعلومات الجغرافية بصورها المختلفة، وتنفيذ العمليات الإحصائية، إضافة إلى إمكانيتها في تأسيس قواعد البيانات المكانية والوصفية المرتبطة بها، بل وأصبحت أداة فاعلة في التخطيط، واتخاذ القرار.

نظم المعلومات الجغرافية تتألف من مجموعة من العلوم والتقنيات المستخدمة كما يوضح في الشكل رقم (١ , ٥) وذلك لإنجاز أحد الهدفين التاليين أو كليهما:

١- العثور على المواقع المناسبة لإنجاز هدف ما، اعتماداً على شروط ومعايير محددة، مثل العثور على أفضل موقع لإنشاء سد، أو أفضل موقع لمشروع زراعي. ويمكن القيام بذلك باستخدام عدد من العمليات المنطقية.

٢- الاستعلام عن خصائص معالم الخريطة، مثل معرفة الكثافة السكانية لمنطقة إدارية، أو اسم صاحب العقار. وتنجز هذه العمليات في الأغلب بالنقر على المعلم الجغرافي (المنطقة الإدارية أو الطريق أو العقار) فيقوم نظام المعلومات الجغرافية باستخراج سماته من قاعدة البيانات المرافقة ويعرضها.



الشكل رقم (١ , ٥). مجموعة نظم المعلومات الجغرافية.

(١ , ٢ , ٥) نظام تحديد المواقع العالمي Global Positioning System - GPS

نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) نظام إبحار مؤلف من ٢٤ قمراً اصطناعياً في ٦ مدارات حول الكرة الأرضية بالإضافة إلى محطاتها الأرضية (الشكل رقم ٢ , ٥)، يزوّد كل منها معلومات دقيقة عن الوقت والموقع لتمكن أجهزة استقبال GPS من حساب المواقع على سطح الأرض. يجب استقبال إشارة من ثلاثة أقمار اصطناعية على الأقل لتحديد موقع جهاز الاستقبال في شكل خط عرض وخط طول، أو في أي شكل آخر تابع لشبكة الإحداثيات المحلية إذا تم تعريفها في جهاز الاستقبال. فيما يتطلب حساب ارتفاع الموقع وجود إشارة إضافية من قمر اصطناعي رابع.

تستخدم تقنية GPS للحصول على بيانات متجهة عن المواقع الجغرافية، وتوفر بعض أجهزة الاستقبال المتطورة إمكانيات لرصد النقاط والخطوط والمضلعات، وتخزينها في طبقات منفصلة، جنباً إلى جنب مع جداول قواعد البيانات، مع إمكانية تصديرها إلى هيئة GIS المطلوبة. مثال: للحصول على طبقة الآبار في القرية، يقوم مستخدم GPS أولاً بإنشاء جدول لتخزين البيانات الوصفية ويسمى أيضاً معجم بيانات (data dictionary) يتضمن اسم مالك البئر ورقم الترخيص وعمقه، ثم يجري مسحاً حقلياً لرصد مواقع الآبار، وذلك بالضغط على زر خاص في لوحة المفاتيح بعد الوقوف عند البئر مباشرة وإدخال اسم مالك البئر ورقم الترخيص وعمقه. وفي نهاية المطاف يحصل على بيانات الآبار المكانية وسماتها، وهي بيانات جاهزة للاستخدام في معظم برمجيات نظام المعلومات الجغرافية.

الشكل رقم (٢, ٥). قمر GPS اصطناعي، واحد من ٢٤ قمراً تدور في ٦ مدارات حول الأرض.

(٢, ٢, ٥) نظم المعلومات الجغرافية في مجال دراسة المياه

لقد شهدت السنوات الماضية اتجاها عاما إلى الاستفادة القصوى من نظم المعلومات الجغرافية في مجال دراسة المياه والتحليل الهيدرولوجي. الفائدة الكبرى من تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في مجال المياه في أنها تمكن العاملين في حقل المياه من ربط المعلومات الجغرافية كالأحواض المائية بالمعلومات البيانية كالأمطار، منسوب ارتفاع المياه، واستخدام هذه المعلومات مع بعضها البعض لإجراء تحليلات للاستفادة منها في بناء السدود والخزانات، كما تساعد أيضا في دراسة حالة المياه الجوفية، الضخ الجائر، تدخل مياه البحر، وتأثير التجمعات السكانية على المياه.

كما يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية لإنتاج خرائط ملونة توضح درجة التلوث ومقارنة ذلك بالمواصفات المعتمدة من منظمة الصحة العالمية فمثلا إذا كانت قراءة الكلورايد في محطة قياس نوعية المياه قد تعدت ٢٥٠ ملجم في اللتر فيمكن إعطاء هذه المحطة لونا أحمر لكي يدل على خطورة الموقف كما يمكن التعرف على أسباب هذه الخطورة بالنظر إلى مصادر التلوث حول المحطة (مصانع، نقابات، مبيدات زراعية... الخ).

وتطبيق نظم المعلومات الجغرافية في مجال دراسة المياه أخذ بعداً استراتيجياً خاصة وأن الماء في المملكة العربية السعودية يعتبر من أكثر العناصر البيئية الذي يحتاج إلى إدارة وترشيد. فعلى سبيل المثال يمكن استخدام مزيج من الخرائط الورقية، والتصوير الجوي، والاستشعار من بعد، والنظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) ونظم

المعلومات الجغرافية لدراسة أحوال المياه بأي منطقة من المملكة. وبالتالي يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتوفير بيانات وصفية ومكانية وخرائط عن مواقع توفر المياه وحجم المخزون المائي وتحديد مواقع السدود والعمر الزمني المتوقع لهذا المخزون.

ومن الدراسات في هذا المجال يمكن تسجيل معلومات متنوعة مثل الفحوصات الفيزيائية للماء (درجة الحرارة، الرائحة والطعم، اللون... الخ) والفحوصات الكيماوية (الرقم الهيدروجيني، الأوكسجين الذائب، الأوكسجين المستهلك حيويا، الأوكسجين المستهلك كيماوياً... الخ) على قاعدة بيانات تدار بواسطة برنامج مثل أوركل (Oracle) ووضع كل المعلومات الجغرافية (مواقع الآبار، الطرق، استخدام الأراضي، الجيولجيا) على برنامج مثل (ArcInfo). كذلك يمكن إجراء تحليلات في غاية الأهمية (تحديد الآبار الجوفية الصالحة للشرب، كمية المخزون الاستراتيجي).

تساعد نظم المعلومات الجغرافية في الإجابة عن كثير من التساؤلات التي تخص التحديد (ما هو النمط الزراعي، ما أنواع المحاصيل المناسب زراعتها في الوحدة الزراعية)، القياسات (ما هي مساحة وإحداثيات الوحدة المحددة، وما هو قطر أنبوب الري الذي يروي)، والموقع (أين تقع الوحدة الزراعية العائدة إلى المالك)، والشرط (ما هي أنابيب الري التي قطرها ٣٠٠ مم في منطقة أو مزرعة ما)، والتغير (درجة ملوحة التربة من عام ١٩٦٥م إلى العام ٢٠٠٦م)، والتوزيع النمطي (ما هي العلاقة بين توزيع السكان ومناطق تواجد المياه) والسيناريوهات المتعلقة بالهيدرولوجي (ماذا يحصل إذا زاد تغير تدفق مياه الري في الأنبوب).

(٣, ٢, ٥) قاعدة البيانات الجغرافية

من أجل توفير قاعدة البيانات الجغرافية حتى يمكن التنبؤ بأثر بدائل الإدارة على المخزون المائي (كماً وكيفاً) لتحقيق التنمية المستدامة للمياه. وتمشيا مع السياسة العامة للدولة بالانتقال من الطرق العادية لحفظ ومعالجة البيانات إلى الطرق الآلية، تقوم وزارة المياه والكهرباء حاليا بتوفير كافة الإمكانات المادية والبشرية لوضع قاعدة بيانات جغرافية تفصيلية للموارد المائية بالمملكة تحقق المتطلبات الآتية:

١- سهولة الاستخدام بواسطة المزارع ومهندس الري وصانع القرار والمستثمر.

٢- إمكانية التحديث بصفة مستمرة.

٣- التكامل بين البيانات المختلفة والقدرة على إعطاء بيانات المدخلات للنماذج الرياضية.

٤- سهولة وسرعة عرض البيانات الهيدروجيولوجية الخاصة بخزانات المياه وتحديد إمكانياتها ومعدلات السحب الآمنة لتجنب استنزافها أو تلوثها.

(٤ , ٢ , ٥) استخدامات نظم المعلومات الجغرافية في إدارة الموارد المائية

إن التفسير المتكامل الذي توفره نظم المعلومات الجغرافية لمختلف فروع العلوم لهو عصب الإدارة الناجحة لموارد المياه التي تتطلب الإلمام بمختلف أوجه المنظومة المائية من حيث المصادر وتقييمها التقييم الأمثل من ناحية الاستهلاك بحجمه الحالي والمستقبلي والحلول التنموية التي تراعي مصلحة الأجيال القادمة. ومن تطبيقات واستخدامات نظم المعلومات الجغرافية نستعرض بعضا من الاستخدامات العامة لنظم المعلومات الجغرافية في حقول متعددة، وذلك على النحو التالي:

١- دراسة أنظمة التصريف: يستوجب استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية. في دراسة أنظمة تصريف المياه ويشمل ذلك جمع معلومات عن أطوال المجاري النهرية، وسرعة التدفق، ودرجات الانحدار، وغيرها من المعاملات المورفومترية عند بناء نموذج الجريان السطحي وتحديد المتغيرات الجغرافية المؤثرة فيه.

٢- تحديث خرائط الترب: لنظم المعلومات الجغرافية القدرة على تحديث خرائط الترب، من خلال جمع عينات من التربة عن منطقة ما، ومن ثم تحليل العينات، وإدخال. بياناتها في الحاسب، ومن ثم إنتاج خرائط تصنيف الترب.

٣- بناء قواعد البيانات البيئية: نجد استخداما متطورا لهذه التقنية في برامج المراقبة البيئية على المستويين المحلي والعالمي. فبرامج نظم المعلومات الجغرافية استخداماتها متعددة، ذلك أن دمج معطيات الأقمار الصناعية. ونتائج المسوحات الأرضية والبيانات التي توضح خصائص الغلاف الحيوي، إضافة إلى بيانات المتغيرات الجيوكيميائية والطبيعية كالحرارة، والارتفاع ، والمحتوى الرطوبي، ونوعية الملوثات الناشئة عن الغلاف الجوي أو من سطح الأرض، أو من المياه تحت السطحية تسهم في بناء قواعد البيانات البيئية.

(٥ , ٢ , ٥) تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في إدارة الموارد المائية

هناك العديد من المشروعات العلمية تم إنجازها في مجال استخدام نظم المعلومات الجغرافية كأداة في الدراسات البيئية والمائية، وأظهرت تلك التطبيقات تفوقا ملحوظا لهذه التقنية، فضلا عن دورها في ربط المعلومات البيئية والمائية بعضها ببعض لتقديم الحلول المناسبة. ومن هذه المشروعات التي تم إنجازها ما يلي:

١ – المشروع العلمي لدراسة جودة المياه في منطقة حوض التصريف القريبة من مدينة سانت لويس في ولاية ميزوري الأمريكية، والذي تم على مساحة لا تتجاوز ٤٠ ميلا مربعاً. واستخدم تقنية نظام تحديد المواقع الجغرافية العالمي GPS، وحدد المشروع أربعة المواقع لدراسة المياه على شبكة التصريف، ومن ثم أجريت مجموعة من التحليلات كنسبة أيونات الهيدروجين، والأملاح الكلية المذابة، وبعض التحليلات الأخرى. حيث تم إدخال تلك المعلومات عن مواقع عينات المياه إلى الحاسب الآلي باستخدام برنامج ArcView، ومن ثم عرضها على خريطة المنطقة المدروسة، إضافة إلى دمج المعلومات الحقلية بخريطة استعمال الأرض لمنطقة الدراسة، والتي ساعدت على فهم الاختلاف في معامل جودة المياه بين عينات المياه الأربعة.

٢ – إجراء دراسة جغرافية استخدم فيها برنامج ArcView 3.2a، وذلك بعرض صور فضائية مختارة، تقع غربي منطقة تبوك في كلية المعلمين بتبوك بالمملكة العربية السعودية. وذلك بتحديد مجموعة من المواقع مستخدمين جهاز تحديد المواقع الجغرافية العالمي GPS، ومن ثم جمع عينات من التربة، وقاموا بدراستها ميدانياً للتعرف على أنواعها ومكوناتها، ومن ثم ربطها بالعوامل الجغرافية المؤثرة فيها.

٣– قام معهد بحوث المساحة باستخدام أحدث التقنيات المساحية العالمية بالرصد على الأقمار الصناعية (On-The –Fly Kinematic GPS Technique) لتمثيل طبوغرافية الأرض بدقة وإنشاء خريطة طبوغرافية رقمية وكذلك التحديد الدقيق لحجوم المنخفضات الموجودة بالمنطقة لبيان كمية المياه الممكن استيعابها وذلك في إطار دراسة – قام بها معهد بحوث إدارة المياه وطرق الري – لإنشاء مفيض عند الكيلو ٨٦,٥ من ترعة الشيخ جابر في شمال سيناء – مصر. ولعمل التمثيل الطبوغرافي يتم إجراء رصد حقلي وتجميع للبيانات من المنطقة تحت الدراسة من خلال أعمال حقلية لها عدة مهام شملت ما يلي:

أ) الاستكشاف: تم استخدام أجهزة GPS المحمولة لعمل استكشاف عام لمنطقة الدراسة والتغير في طبوغرافيتها تمهيدا لتصميم أمثل أسلوب لتجميع البيانات الحقلية التي تؤدي الغرض المطلوب ودقة الخريطة الطبوغرافية المرجوة.

ب) إنشاء شبكة ثوابت أرضية: تم إنشاء شبكة مكونة من ستة نقاط جيوديسية لتكون الهيكل الجيوديسي الأساسي لمنطقة المشروع.

ج) أعمال الميزانيات الأرضية: تم رصد ٦ خطوط ميزانية أرضية للحصول على مناسيب نقاط الشبكة الجيوديسية لاستخدامها في تحويل الارتفاعات الجيوديسية لكل أرصاد GPS إلى مناسيب.

د) أعمال الرفع الطبوغرافي: تم استخدام أجهزة GPS الجيوديسية لتنفيذ الرفع الطبوغرافي لمنطقة الدراسة للحصول على دقة مناسبة مع خفض التكلفة الاقتصادية. وفي هذا الأسلوب كان يتم احتلال بعض نقط الشبكة الجيوديسية التي تم إنشاؤها في وضع الرصد الثابت بينما يتم وضع جهاز آخر على سيارة مجهزة تتحرك في خطوط مستقيمة متوازية لتجميع الأرصاد بصفة آلية مستمرة. وبهذا الأسلوب تم رفع حوالي ١٥٠٠٠ نقطة تغطي منطقة الدراسة. وبعد ذلك أمكن حساب الإحداثيات ثلاثية الأبعاد لهذه النقاط لاستخدامها في إنشاء الخريطة الكنتورية.

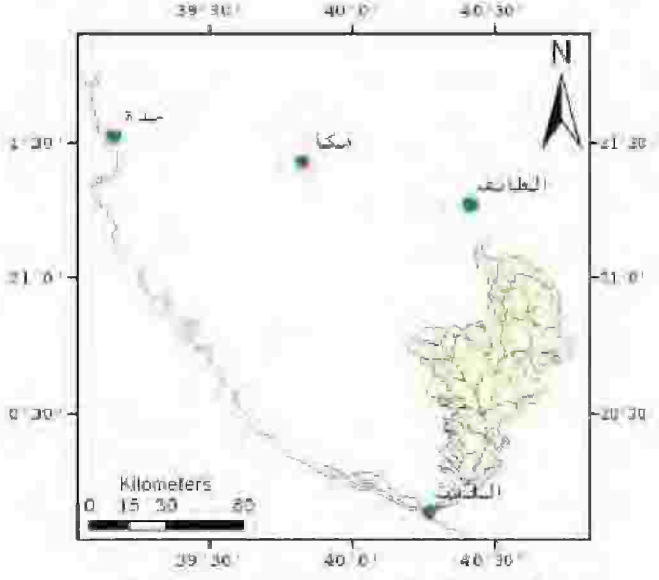
بعد ذلك إنشاء الخريطة الطبوغرافية من حسابات وباستخدام برامج الحاسب الآلي المتخصصة. ومنها تم تحديد المنخفضات في المنطقة التي تم رفعها، وحساب مساحة وحجم كل منخفض وتمثيلها في جداول وأشكال بيانية.

ونستنتج من السابق أن التقنيات المساحية الحديثة بصفة عامة - ونظم الرصد على الأقمار الصناعية بصفة خاصة - تقدم مميزات أهمها الدقة العالية وإنجاز العمل الحقلي في أقل وقت ممكن مما يؤدي إلى خفض التكلفة الاقتصادية. وبإجراء مقارنة اقتصادية بين تكلفة إنجاز هذه الدراسة باستخدام النظم المساحية التقليدية والنظام التكاملي الذي تم تطبيقه تبين أن النظام التكاملي الجديد قلل من زمن تجميع القياسات بنسبة ٧٥٪ وأدى إلى خفض تكلفة المشروع بنسبة ٥٠ ٪ كما هو موضح بالجدول رقم (١ , ٥).

الجدول رقم (١ , ٥). مقارنة اقتصادية بين الطرق المساحية التقليدية والنظام التكاملي الجديد.

البند	الطرق التقليدية	النظام التكاملي
عدد الأفراد	٢٠	٥
الوقت المستهلك للأعمال الحقلية	٤ أسابيع	١ أسبوع
تكلفة الفدان	١٦ جنيه	٨ جنيه
الوفر في الوقت اللازم	—	٧٥ ٪
نسبة خفض تكلفة المشروع	—	٥٠ ٪

٤- دراسة استخلاص المعلومات الهيدرولوجية اللازمة لتصميم السدود بطرق آلية، في هذه الدراسة تم اختيار أحد أكثر الأحواض المائية تعرضاً لكوارث السيول في المملكة العربية السعودية وهو أيضاً أحد أكثف الأحواض المائية تجهيزاً بأجهزة الرصد الهيدرولوجي في المناطق الجافة في العالم بين عام ١٩٨٤م إلى عام ١٩٨٨م، هذا الحوض المائي هو حوض وادي الليث والذي يقع في غرب المملكة العربية السعودية جنوب مكة المكرمة وجدة بمسافة ١٥٠ كيلو متر تقريباً وهو أحد الأودية التي تبدأ روافدها من جبال السروات وتصب غرباً في البحر الأحمر وتبلغ مساحته ما يقارب ٣٠٠٠ كيلو متر مربع، ويمثل الشكل رقم (٣, ٥) الموقع العام لمنطقة الدراسة "وادي الليث".

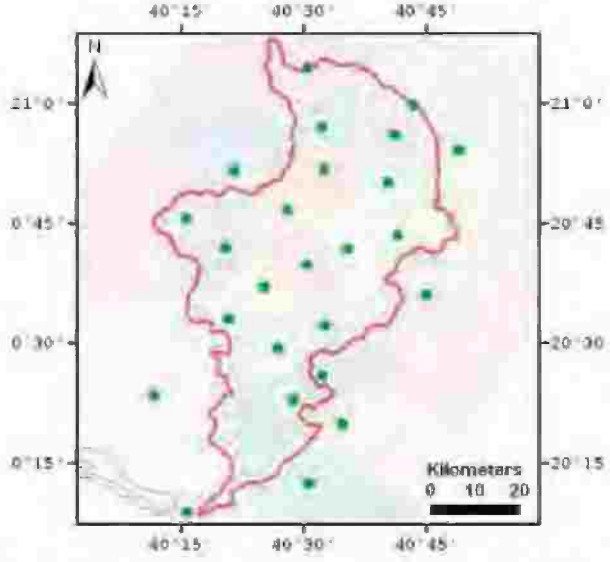


الشكل رقم (٣, ٥). الموقع العام لوادي الليث.

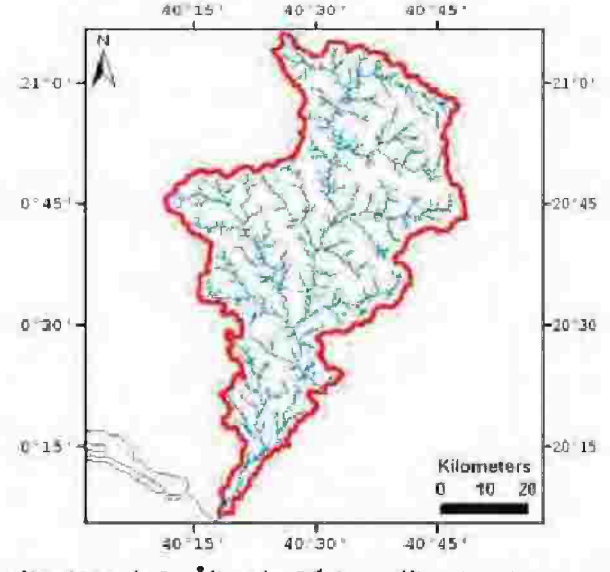
تساعد نظم المعلومات الجغرافية في الحصول على البيانات المطلوبة بطريقة آلية وبدقة متناهية وبسرعة أكبر من الطرق اليدوية التقليدية، وتتنوع الاستفادة من نظم المعلومات الجغرافية في مجال السدود تنوعاً كبيراً بحسب الغرض ومن هذه التطبيقات ما يلي:

١- إنشاء مضلعات ثيسين: في أغلب الأحيان يتم تمثيل الأمطار في الحوض المائي الذي يحتوي على أكثر من موقع للرصد بطريقة مضلعات ثيسين والتي تقوم بحساب المساحة المؤثرة في الحوض المائي لكل موقع رصد (الشكل رقم ٤, ٥).

٢- نماذج الارتفاعات الرقمية: يمكن تعريف نماذج الارتفاعات الرقمية على أنها تفيد نماذج تمثيل ومحاكاة رقمية لتضاريس سطح الأرض والارتفاعات الرقمية في استخلاص العديد من المعلومات المهمة بشكل آلي سواء المعلومات الطبوغرافية مثل حدود الحوض المائي، شبكة مجاري الأودية، الخصائص المورفومترية للحوض المائي مثل مساحة الحوض وأطوال المجاري المائية وميولها... الخ (الشكل رقم ٥ , ٥).



الشكل رقم (٤ , ٥). مضلعات ثيسين لمسجلات الأمطار المؤثرة في وادي الليث.

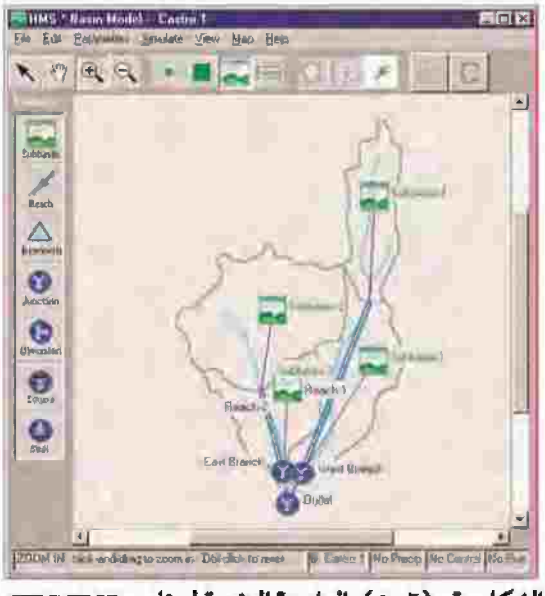


الشكل رقم (٥ , ٥). حدود حوض وادي الليث وشبكة مجاري الأودية باستخدام نماذج الارتفاعات الرقمية.

(٦ , ٢ , ٥) البرامج الحاسوبية المستخدمة في مجال النمذجة الهيدرولوجية

بعد أن يقوم مصممو السدود بجمع المعلومات الضرورية لحساب السيول يتم إدخال هذه المعلومات في برامج حاسوبية لحساب المنحنى المائي أو كمية التخزين السنوي، ولقد ظهرت منذ بداية الستينيات العديد من البرامج الهيدرولوجية المخصصة لمثل هذه الاستخدامات.

وفي منتصف التسعينيات الميلادية حيث تطورت الحاسبات الآلية وظهرت الواجهات الرسومية التي ساعدت وسهلت من استخدام الحاسب الآلي وإدخال البيانات المطلوبة بطريقة سهلة نسبياً عما كانت عليه ظهرت بعض البرامج في هذا، وهو تطوير لبرنامج (HEC-HMS) وبرنامج (MIKE-11/NAM). ويوضح الشكل رقم (٦ , ٥) واجهة البرنامج عند تطبيقه لأحد روافد وادي الليث.

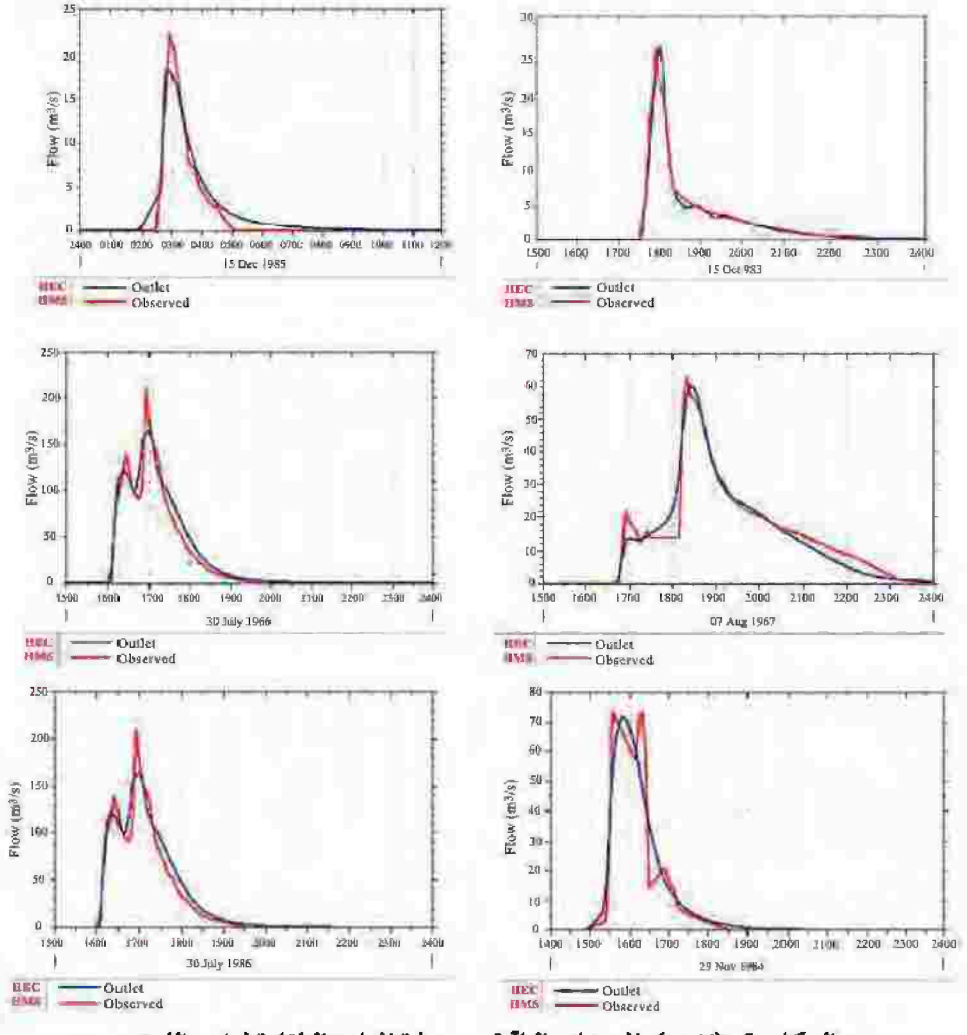


الشكل رقم (٦ , ٥). الواجهة الرئيسة لبرنامج (HEC-HMS).

المعايرة التلقائية

يحتاج تطبيق النماذج الهيدرولوجية إلى عناية واعتبارات فائقة فيما يتعلق بتقدير المتغيرات المدخلة إلى هذه النماذج فلا عجب أن تعتبر عملية تقدير المتغيرات أحد أهم العمليات الحرجة في النمذجة الهيدرولوجية، لذا فإن دقة المخرجات الناتجة من هذه النماذج تعتمد بشكل كبير على كفاءة عملية المعايرة للمتغيرات المدخلة، فعملية المعايرة يمكن تعريفها على أنها اختيار القيم المناسبة للمتغيرات المدخلة للنماذج الهيدرولوجية والتي تعطي نتائج أقرب للنتائج التي تم رصدها في الحقل.

كانت عملية المعايرة في السابق تتم بطريقة يدوية تحتاج أوقات طويلة وتختلف باختلاف الأشخاص ودرجة معرفتهم الهيدرولوجية، ولكن مع تطور الحاسبات الآلية فقد أصبحت عملية المعايرة أكثر سهولة وتتم بطريقة شبه آلية دون تدخلات كبيرة من المستخدم حيث يقوم الحاسب الآلي باختيار قيم المتغيرات حسب معايير معينة ثم يقوم بحساب المنحنى المائي الناتج للعاصفة المطرية ويقارن بين المنحنى المائي الناتج وبين المنحنى المائي الذي تم رصده في الحقل فإذا كان هناك تباين بينهما قام بتعديل القيم المدخلة حسب معايير محددة مسبقاً لتعطي منحنى مقارب لما تم رصده حقلياً، ومن أشهر البرامج الهيدرولوجية المزودة بخاصية المعايرة التلقائية برنامج (MIKE-11/NAM) وبرنامج (HEC-HMS) ويوضح الشكل رقم (٧, ٥) بعض المنحنيات الناتجة من عملية المعايرة التلقائية لوادي ذرى أحد أهم روافد وادي الليث.



الشكل رقم (٧, ٥). المنحنيات الناتجة من عملية المعايرة التلقائية لوادي الليث.

لوحظ من خلال هذه الدراسة أهمية الاستفادة من التقنيات الحديثة في مجال الحصول على البيانات الهيدرولوجية اللازمة لتصميم السدود، ولعل من أهم هذه المزايا توفير الوقت والجهد والمال والحصول على بيانات بشكل أدق تساعد في القيام بأعمال تصاميم للسدود بشكل دقيق.

من هذه التقنيات تقنية الاستشعار عن بعد ودورها في الحصول على بيانات حقلية مثل رطوبة التربة والغطاء الأرضي ونوعية التربة موفرةً بذلك جهداً كبيراً ووقتاً طويلاً في الحصول على بعض المتغيرات الهيدرولوجية الضرورية في تقدير السيول لأغراض تصميم السدود من هذه المتغيرات قيم منحنى الجريان السطحي (Runoff Curve Number) ومعامل الجريان السطحي (Runoff Coefficient) وقيم نماذج التسرب مثل نموذج جرين-أمبيت (Green-Ampt model) ونموذج فيليب (Philip model).

في هذه الدراسة تم الاستفادة أيضاً من بعض تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية مثل معالجة نماذج الارتفاعات الرقمية والحصول منها على الخصائص الطبوغرافية لمنطقة الدراسة وكذلك تم حساب بعض المتغيرات الهيدرولوجية من نماذج الارتفاعات الرقمية بطريقة آلية ومن هذه المتغيرات قيم وقت التركيز (time of concentration) والوقت الفاصل (time lag) ولعدة معادلات مختلفة. وقد أظهرت نتائج تطبيق هذه المعادلات أفضلية لطريقة بوتنام (Putnam Method) على بقية المعادلات في حساب قيمة الوقت الفاصل كما أظهرت النتائج أفضلية طريقة كيربيشن (Kirpich Method) للتدفق براً على الأرض الجبلية العارية عن بقية الطرق وذلك عند تطبيقها على أعالي وادي الليث "وادي ذرى".

كما تم الاستفادة من نظم المعلومات الجغرافية في إنشاء مضلعات ثيسين (Thiessen) لتحديد المساحات المؤثرة لمسجلات الأمطار في منطقة الدراسة. كما استعرضت هذه الدراسة البرامج الحاسوبية المستخدمة في مجال النمذجة الهيدرولوجية ودورها في الحصول على بيانات دقيقة وبشكل آلي وسريع وكذلك المعايرة التلقائية وأهميتها في تحسين تقدير المتغيرات الهيدرولوجية المدخلة للنماذج الهيدرولوجية.

(٣, ٥) الاستشعار عن بعد Remote Sensing

الاستشعار عن بعد هو دراسة الظواهر من الجو أو الأقمار الاصطناعية، وهو يؤهّل العلماء لترجمة الظواهر بطريقة أفضل. وهذه الوسيلة مفيدة جداً في مسح مناطق شاسعة بكلفة صغيرة نسبياً. يستخدم الاستشعار عن بعد في دراسة المناطق القطبية والصحاري والغابات والمناطق الجبلية، فالخرائط ذات المقياس الصغير والدقة الجيدة

يمكن إنتاجها بكلفة أقل انطلاقاً من صور الأقمار الاصطناعية. ويمكن القول أن الاستشعار عن بعد مناسب لدراسة المناطق الشاسعة ذات التضاريس الصعبة، وحيثما تكون كلفة أعمال المساحة التقليدية باهظة.

تزودنا الأقمار الاصطناعية والاستشعار عن بعد بمعين لا ينضب من المعلومات، تتضمن دراسة شكل الأرض وتضاريسها وتوزّع اليابسة والبحار على سطحها، ودراسة النباتات والتربة والتركيب المعدني. وتوفر لذلك الكثير من الوقت والتكلفة المطلوبة لإنجاز المسح الحقلي المطلوب. كما تساعد المعلومات الملتقطة على فترات منتظمة العلماء على تمييز مدى التغيير في الشروط الأرضية خلال الفصول، مثل التغييرات في رطوبة التربة الموسمية، وهذه معلومات مفيدة جداً في تخطيط المناطق التي تشهد تغييرات متكررة في الغطاء الأرضي لها، مثل الأراضي الزراعية والأغوار والمناطق التي تتأثر بالمد والجزر.

تظهر أهمية الاستشعار عن بعد بجميع أنواعه: الصور الجوية ومناظر الأقمار الصناعية الرادار وغيرها، وتقدم معلومات متنوعة وعديدة عن الأرض. أنها تساعد على المراقبة المستمرة للأرض ومواردها.

(١ ,٣ ,٥) مكونات نظام الاستشعار عن بعد

يتكون نظام الاستشعار عن بعد الذي يستخدم الإشعاعات الكهرومغناطيسية:

- المصدر: قد يكون مصدر الإشعاع الكهرومغناطيسي كضوء الشمس أو الحرارة.
- التفاعل مع ظاهرات سطح الأرض: يعتمد على كمية الإشعاعات المنعكسة أو المنقولة.
- التفاعل مع الغلاف الجوي: حيث تتأثر بالطاقة المارة في الغلاف الجوي.
- أجهزة الاستشعار: تسجيل الإشعاعات بعد تفاعلها مع سطح الأرض والغلاف الجوي.

منصات الاستشعار عن بعد

- الطائرات للاستشعار عن بعد.
- الأقمار الصناعية الخاصة بدراسة الموارد الأرضية والمناخ.

(٢ ,٣ ,٥) استخدام الاستشعار عن بعد

المجالات التي يمكن أن تساهم بها وسائل الاستشعار عن بعد بأنواعها الجوية والفضائية هي:

- المياه: تساعد وسائل الاستشعار عن بعد في عمليات استكشاف أماكن المياه الجوفية.
- المعادن: تعمل الاستشعار في استكشاف الخامات المعدنية والبترولية.

- الزراعة: القيام بحصر المحاصيل الزراعية والكشف عن الأمراض النباتية.
- الأعمال الهندسية: تستخدم في دراسة المشاريع الإنشائية والعمرانية.

استخدامات الاستشعار عن بعد

١- تحديد وحصر المواقع التي تتجمع بها المياه كالبحيرات والخزانات والمناطق المنخفضة التي تتجمع بها السيول، ويمكن التعرف عليها مباشرة من الصور الفضائية، كما يمكن أيضا تحديد مساحات هذه المواقع ومعرفة التغيرات الموسمية التي قد تطرأ على حجم المياه الموجودة فيها.

٢- تتبع ورسم أنماط وأشكال مناطق تصريف المياه كالأودية والأنهار والقنوات، كما يمكن أيضا تتبع مساراتها ومراقبتها من حيث طول المجرى وعرضه وعمقه وخشونة سطحه ودرجة ترسب الطمي ونحت وتآكل ضفافه.

٣- الحصول على نظرة شاملة لتأثير الفيضانات والدمار الذي تخلفه عند حدوثها في منطقة ما، كما يمكن أيضا تقييم أوضاع المناطق المتأثرة بالجفاف.

٤- تحديد أعماق المياه الضحلة.

٥- الكشف عن الينابيع الحارة والينابيع الموجودة داخل البحر.

٦- دراسة الأحوال الجوية من أمطار وحرارة ورياح وثلوج ونحو ذلك وتوقع التغيرات التي قد تطرأ عليها.

٧- معرفة مناطق تجمع الثلوج ومساحاتها وتقييم زمن ومعدل ذوبانها ومتابعتها باستمرار.

٨- تحديد أنسب المواقع لإنشاء السدود.

٩- تقدير ملوحة المياه الجوفية الضحلة من خلال السبخات الملحية الظاهرة على سطح الأرض.

١٠- الكشف عن وجود المياه الجوفية بالصخور النارية والمتحولة لاعتمادها اعتمادا مباشرا على تواجد الشقوق والفواصل والقواطع الرأسية والصدوع.

١١- دراسة أنواع المحاصيل الزراعية ودراسة النباتات الطبيعية.

١٢- دراسة أمراض النباتات.

وهناك بعض الدراسات التطبيقية الأخرى توضح استخدامات الاستشعار عن بعد:

١- تفسير الصور للحصول على معلومات عن المياه الجوفية

لقد أصبح الاستشعار عن بعد وسيلة هامة عند القيام بمشاريع تنمية المياه الجوفية، فالمياه الجوفية لا يمكن رؤيتها من خلال معلومات الاستشعار عن بعد ولكن الصور الجوية والفضائية توفر معلومات شاملة وحديثة عن

الظواهر السطحية وبالتالي تستخدم هذه المعلومات للاستدلال عن المياه الجوفية. وحتى مع توفر الخرائط الجيدة تستخدم الصور الجوية والفضائية كوسيلة مكملة للحصول على المعلومات السطحية الضرورية لأن الخريطة لا تظهر جميع التفاصيل. وعليه فإن هذه الدراسة تهدف إلى توضيح دور الاستشعار عن بعد كوسيلة سريعة ورخيصة نسبياً للحصول على معلومات عن المياه الجوفية.

وخزانات المياه الجوفية وكمية ونوعية المياه فيها يمكن أن يستدل عليها جزئياً من خلال المعلومات السطحية. والظواهر السطحية التي تستخدم للاستدلال على المياه الجوفية بعضها يعد من العوامل المؤثرة فيها مثل الظواهر الجيولوجية والجيومورفولوجية وبعضها الآخر يعتمد على المياه الجوفية مثل بعض النباتات الطبيعية والنشاط الزراعي.

ومن المعروف أن المسامية porosity والنفاذية permeability تختلف من صخر إلى آخر. فعلى سبيل المثال المسامية والنفاذية جيدة في الصخور الرملية ولذا فإنها غالباً تخزن المياه وتسمح للمياه بالحركة خلال مسامها، الأمر الذي يجعل إنتاجية البئر في مثل هذا الخزان عالية ومجدية اقتصادياً. وعلى العكس من ذلك الصخور الطفلية Shale تكون المسامية فيها جيدة ولكن النفاذية فيها منخفضة ولذا فإنها قادرة على خزن الماء ولكنها لا تسمح باستغلاله. إضافة إلى ذلك التجوية في مناطق الصخور الجرانيتية المجواه تكون ذات مسامية ونفاذية جيدة وبالتالي من المتوقع أن تحتوي على كميات كبيرة من المياه الجوفية. علاوة على ذلك الصخر يتكون من معدن أو أكثر. والمعادن المكونة للصخور تختلف درجة مقاومتها للتجوية الكيميائية، فمنها ما هو قابل للذوبان ومنها ما هو شديد المقاومة. ولذا فإن نوعية المياه تختلف باختلاف الصخور الخازنة للمياه، وهذا يعني أن التعرف على أنواع الصخور يدل على خزانات المياه الجوفية وخصائصها الطبيعية والكيميائية.

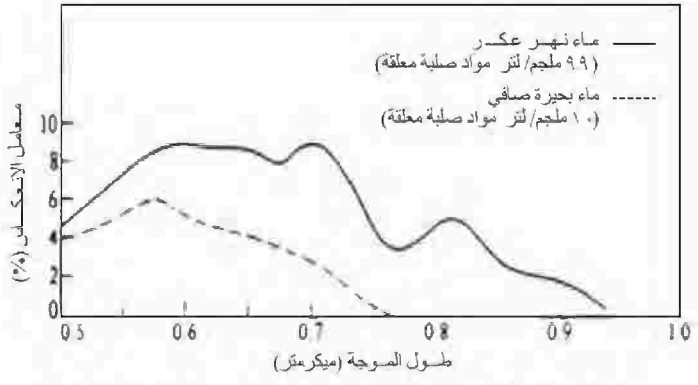
٢- دراسة تلوث البيئة المائية

قبل التفصيل في التطبيقات المائية لابد أن نعرف الخصائص الأساسية للتفاعلات بين الأشعة والماء. فيلاحظ أنه كلما ازداد طول الموجة، ارتفعت نسبة امتصاص الأشعة وقلت نسبة انعكاسها من سطح الماء (الشكل رقم ٦, ٥). وتكون قمة الانعكاس عن طول موجة ٠,٤٥ ميكرومتر، ويتميز الماء أينما وجد بخاصية امتصاص الأشعة تحت الحمراء الانعكاسية، لذلك يمكن تحديد مواقع المياه في صور الأقمار الصناعية بدقة وخاصة في تلك المنطقة من الطيف إذ يبدو الماء بلون أسود. أما في المجال المرئي من الطيف فينتج الانعكاس إما من تفاعل الأشعة

الواردة مع سطح الماء ولذلك يبدو براقا بسبب ظاهرة الانعكاس التناظري، أو من التفاعل مع قعر المياه إذا كانت صافية فلا تمتص إلا نسبة قليلة من الأشعة وخاصة في القسم الأخضر والأزرق من الطيف المرئي وتنفذ الأشعة بسهولة. أما في المياه العكرة ونظرا لوجود مواد عضوية وأخرى غير عضوية فتتغير خاصية النفوذ للأشعة، وبالتالي معامل الانعكاس لها، فالمياه الحاوية على رسوبيات ناجمة عن تآكل التربة لها معامل انعكاس عال في المجال المرئي، وأكبر من معامل الانعكاس في المياه الصافية (الشكل رقم ٨ , ٥). كما أن معامل الانعكاس للماء يتغير بتغير تركيز الكلوروفيل فيه. ازدياد الكلوروفيل في الماء يقلل من الانعكاس في القسم الأزرق من الطيف المرئي ويزده في القسم الأخضر منه. ويمتص الماء عامة معظم أشعة الشمس التي تسقط عليه، إلى عمق مترين تقريباً.

ومن المعروف أنه لا توجد مياه طبيعة إلا وتحتوي على شيء من المواد الغريبة. وعندما نتحدث عن تلوث المياه لابد أن نأخذ بالحسبان نمطين اثنين من مصادر التلوث: الملوثات المباشرة والملوثات غير المباشرة. ويقصد بالملوثات المباشرة تلك التي يمكن حصر موقع مصدرها، مثل مخارج المصانع. أما الملوثات غير المباشرة فتضم الملوثات التي تكون مناطق مصادرها متعددة ومتفرقة مثال ذلك ما تحمله معها المياه الخارجة من الحقول الزراعية من أسمدة ورواسب.

ويتعذر تحديد نوع الملوث ومعرفة تركيزه باستخدام الصور وحدها. إلا أنه يمكن استخدام الصور لتحديد الموقع الذي يلتقي فيه الملوث بالكتلة المائية، وتحديد طريقة انتشاره. ويمكن في بعض الأحيان كما في حالات الرواسب المعلقة في الماء تقدير تركيز الرواسب بقياسات كمية للراديومترية الفوتوغرافية يرافقها تحليل مخبري لعينات مختارة من الماء.



الشكل رقم (٨ , ٥). معامل الانعكاس مقابل طول موجة الأشعة.

(٣, ٣, ٥) تطبيقات الاستشعار عن بعد على إدارة الموارد المائية

الاستشعار عن بعد Remote Sensing عبارة عن مجموعة من الطرق تستخدم لجمع المعلومات عن ظواهر سطح الأرض (الطبيعية والبشرية) دون ملامستها، وذلك من مسافات قد تكون قريبة أو بعيدة ومعلومات الاستشعار عن بعد تجمع بواسطة أجهزة حساسة للإشعاع الكهرومغناطيسي المنعكس أو المنبعث من الأجسام تحملها غالبا الطائرات أو الأقمار الصناعية الآلية. والمعلومات التي تقدمها أجهزة الاستشعار عن بعد إما أن تكون معلومات مرئية Imaging Sensors أو معلومات غير مرئية Non-imaging Sensors. والمعلومات المرئية المتمثلة في كل من الصور الجوية Aerial Photographs والصور الفضائية Space Images هي التي تستخدم بشكل رئيس في التطبيقات الجغرافية. والصور الجوية عبارة عن صور فوتوغرافية تؤخذ بواسطة طائرات خاصة مجهزة بآلات تصوير خاصة تسجل الإشعاع الكهرومغناطيسي في نطاق الطيف المرئي (٠,٤ - ٠,٧ ميكرومتر) أو تحت الحمراء القريبة (٠,٧ - ٠,٩ ميكرومتر) على أفلام (أسود وأبيض أو ملونة) حساسة لهذه الطاقة. أما الصور الفضائية فيقصد بها هنا الصور الفوتوغرافية المستخرجة (المنتجة) من الصور (المرئيات) الرقمية Digital Image الأصلية لأجهزة الاستشعار المحمولة Sensors على الأقمار الصناعية الآلية.

بدأ برنامج لاندسات Landsat في بداية السبعينيات الميلادية، ويشتمل هذا البرنامج على سلسلة من الأقمار الصناعية التي أطلق منها حتى الآن خمسة بنجاح، كان أولها لاندسات -١ الذي أطلق في يوليو ١٩٧٢م. والأقمار الصناعية الثلاثة الأولى في هذه السلسلة كانت تكرر تصويرها كل ١٨ يوماً لأية منطقة على الكرة الأرضية (ما عدا القطبين)، بينما لاندسات-٤، ولاندسات-٥، تكرر التصوير كل ١٦ يوم.

وجميع الأقمار الصناعية التي أطلقت في هذا البرنامج مجهزة بالماسح متعدد الأطياف Multispectral Scanning System (MSS) الذي يسجل الطاقة لأربعة نطاقات من الطيف المرئي وتحت الحمراء.

ومن المعروف أن أجزاء كثيرة من البلاد العربية تعاني من نقص المياه وصعوبة الحصول عليها. وتساعد وسائل الاستشعار عن بعد في عمليات استكشاف مكامن المياه الجوفية، ومراقبة المجاري والخزانات السطحية. وهناك استخدامات عديدة للاستشعار عن بعد يمكن الاستفادة منها.

(٤ , ٥) تقنيات النظائر

إن استخدم تقنيات النظائر المشعة (التكنولوجيا النووية) في الكشف عن مصادر المياه الجوفية تعتبر من أحدث التقنيات العلمية المستخدمة في القرن الحالي. وتعتبر نظائر الأوكسجين والهيدروجين والكربون والنيتروجين من أكثر النظائر أهمية لكونها عناصر أساسية في النظام الهيدرولوجي والجيولوجي والبيولوجي حيث تعمل النظائر المستقرة لهذه العناصر ككاشف للماء والكربون والنيترات. وتستخدم النظائر في الكشف عن مصادر المياه الجوفية ويتم تحديدها بمساندة المعلومات المتوفرة عن مناسيب المياه الجوفية في آبار المراقبة، ونتائج التحليل الكيميائي لتلك الآبار، والجدير بالذكر أن النظائر البيئية تدخل بشكل روتيني مع المسح الجيوفيزيائية في البحوث الحديثة المتعلقة بالمياه. وتعمل النظائر المشعة على تحديد مدة دورة المياه الجوفية وتجددها في حين تحدد النظائر البيئية الدلالات على صحة هذه العلاقة والمدة الزمنية لها.

النظائر هي عناصر شبيهه لعنصر ما في الجدول الدوري تحمل نفس صفاتها الكيميائية وتختلف عنها في بعض الصفات الفيزيائية، فهي عناصر ذات أنوية متماثلة تدور حولها عدد مختلف من النيوترونات، فمنها المستقرة ومنها المشعة. ويوضح الجدول رقم (٢ , ٥) أهم العناصر الداخلة في دورة الماء في الطبيعة.

قبل اكتشاف هذه الظاهرة كانت غالبية العناصر الموجودة في الطبيعة المكونة للجدول الدوري مثل الأوكسجين والهيدروجين والنحاس والحديد والكبريت واليورانيوم معروفة، وكان يعتقد أنها تشكل اللبنات الأساسية في بناء الوجود المادي، وأن لكل عنصر حالة واحدة يظهر بها تحدد خواصه الكيميائية والفيزيائية وتؤهله لاحتلال خانة معينة -دون غيرها- في هذا الجدول، لكن اكتشاف هذه الظاهرة أكد وجود أكثر من حالة فيزيائية (نووية) لكل عنصر من العناصر سميت هذه الحالات "النظائر".

والنظائر لعنصر واحد تحتل المكان نفسه في الجدول الدوري، فمثلاً للهيدروجين ثلاثة نظائر هي: التريتيوم والدوتيريوم والهيدروجين تقع في الخانة الأولى من الجدول الدوري، وللأكسجين سبعة. تختلف نظائر العنصر الواحد في خواصها النووية على الرغم من تطابق خواصها الكيميائية. من هنا جاء اهتمام علم الفيزياء النووية بالنظائر فيما يقابل اهتمام علم الكيمياء بالعناصر.

ترتبط التفاعلات الكيميائية وبالتالي الخواص الكيميائية للعناصر بإلكتروناتها بينما تتوقف الخواص النووية على تركيب النواة. النواة هي ذلك الجزء الصغير من الذرة الذي يشغل حيزاً (غالباً شكله كروي تقريباً) أصغر من

الجزء الذي تشغله الذرة بعشرة آلاف مرة، وتتألف من جسيمات صغيرة يطلق عليها "النيكلونات" وهي على نوعين، نوع يحمل شحنة كهربائية تدعى البروتونات وعددها يساوي عدد إلكترونات الذرة ويكتب دليل سفلي إلى أسفل يسار الرمز الكيميائي، والثاني غير مشحون - فهي إذن معتدلة كهربائياً - وتدعى النيترونات، يضاف عددها إلى عدد البروتونات ليشكلا معاً العدد الكتلي ويكتب دليل علوي إلى أعلى يسار الرمز الكيميائي، وذلك للدلالة على النظير، وقد يكتب بجوار اسم النظير، فنقول الهيدروجين ١ والهيدروجين ٢ والهيدروجين ٣، للدلالة على أي من نظائر الهيدروجين.

الجدول رقم (٢ , ٥). العناصر ونظائرها المستقرة والمشعة المستخدمة في دراسات المياه.

العنصر	العنصر الأساسي			النظير ١			النظير ٢		
الرمز	الحالة	المسمى	الرمز	الحالة	المسمى	الرمز	الحالة	المسمى	الرمز
الهيدروجين	$_{1}^{1}H$	مستقر	هيدروجين	$_{1}^{2}H_{1}$	مستقر	ديتيريوم	$_{1}^{3}H_{2}$	مشع	تريتيوم
الأكسجين	$_{8}^{16}O_{2}$	مستقر	أكسجين ١٦	$_{8}^{17}O_{8}$	مستقر	أكسجين ١٧	$_{8}^{18}O_{10}$	مستقر	أكسجين ١٨
الكربون	$_{6}^{12}C_{6}$	مستقر	كربون ١٢	$_{6}^{13}C_{7}$	مستقر	كربون ١٣	$_{6}^{14}C_{8}$	مشع	كربون ١٤

(١ , ٤ , ٥) تصنيف النظائر

تصنف النظائر تحت قسمين أساسيين:

الأول: "نظائر مستقرة" وهي لا تتغير أبداً وتشكل غالبية العناصر الموجودة في الطبيعة وتكون نسبتها إلى بعضها من أجل عنصر محدد ثابتة.

الثاني: "غير مستقرة أو مشعة" وهي أقل وفرة في الطبيعة من النظائر المستقرة، ويرجع سبب عدم استقرارها لوجود طاقة زائدة داخل نوى ذراتها ما يجعلها تسعى دائماً وبشكل تلقائي للتخلص من هذه الطاقة، وعندما تطلقها أو تطلق جزءاً منها نقول أنها تفككت أو اضمحلت، وبالنتيجة تنتقل نواة الذرة من حالة إلى حالة أخرى إذا أصدرت أشعة جاما أو أنها تتحول إلى نظير آخر إذا أطلقت أشعة ألفا أو أشعة بيتا.

ولقد اكتسبت بعض هذه النظائر شهرة فائقة للاستفادة منها في الأغراض السلمية في أكثر من مجال: تستخدم في دراسات المياه الجوفية لمعرفة حركتها وأعمارها والطب لمعالجة بعض الأمراض مثل اليود المشع وفي الزراعة للحفاظ على الأغذية وفي مجال الصناعة للحصول على الطاقة الكهربائية مثل اليورانيوم.

(٢ , ٤ , ٥) مصادر النظائر في الطبيعة واستخداماتها

تعتبر مياه المحيطات هي المياه القياسية الوحيدة المناسبة لقياس كمية النظائر المستقرة لأية مياه في العالم وذلك لكون تلك المياه متجانسة لحد كبير وكذلك لاحتوائها على كمية ثابتة من عنصري الأكسجين والهيدروجين. تتفاوت كمية النظائر بشكل عام من مكان إلى آخر معتمدة في ذلك على موقعها بالنسبة لخطوط الطول والعرض إضافة إلى ارتفاعها من منسوب مستوى سطح البحر. كان للتجارب التي قامت بها الدول العظمى في سنوات الحرب الباردة تأثيرا ملحوظا على كمية النظائر الموجودة في الغلاف الجوي وربما كانت كمية النظائر المشعة المتوفرة أكبر ما يكون في تلك الفترة عندما كان التنافس على أشده في إجراء تلك التجارب بين القوى العظمى في العالم.

ومن التقنيات الحديثة التي تستخدم فيها التكنولوجيا النووية في التطبيقات السلمية والبيئية، وفيها يتم تقدير تركيز النظائر «أوكسجين ـ ١٨، ديتيريوم، كربون ـ ١٤، كربون ـ ١٣، نيتروجين ـ ١٥» التي توجد بشكل طبيعي في البيئة. وبدراسة تغيراتها يمكن الحصول على معلومات تفيد في المجالات التطبيقية المختلفة مثل: تقييم مصادر المياه الجوفية وتنميتها وإدارة استخداماتها، وبيان العلاقة بين المياه السطحية والجوفية ودراسة تسرب المياه السطحية من السدود والبحيرات والمجاري المائية إلى عمق الأرض، وبيان خطوط سير وحركة المياه في باطن الأرض وحركتها في البحار والبحيرات والمحيطات، والتعرف على ممر المياه الجوفية والبحث عن أفضل مواقع للمياه الجوفية في الصحاري المترامية بدراسة التغيرات المناخية، والتعرف على البيئة القديمة والمناخ القديم ومعرفة كمية المياه الجوفية ونوعيتها وتحديد مدى تجددها من عدمه، وإذا ما كانت هذه المياه الجوفية ملوثة أو نظيفة.

وإن استخدام هذه النظائر المشعة والثابتة كأحد الاستخدامات السلمية للتكنولوجيا النووية يعطي بصمة تركيز النظائر والتي يمكن من خلالها التحديد الدقيق لكمية المياه ونوعيتها ومدى تجددها بل ونسبة خلطها بأي موارد قديمة. كذلك يمكن التحديد الدقيق للمياه الجوفية وبيان مصدرها، إذا ما كانت مياه حديثة مصدرها متجدد أم هي قديمة ترجع للعصور السابقة بملايين السنين وبيان الخلط بين هذه المياه وتحديد الأماكن بدقة للمياه الجديدة والقديمة والمختلطة، وهو الأمر الذي يعطي الفرصة المثلى لكيفية استغلال هذه المياه والكميات التي يمكن سحبها من كل هذه الأنواع لضمان استدامة الأعمال الزراعية، وعدم تهديد عمليات التنمية في هذه المناطق

بمرور الوقت مما يحفظ حقوق الأجيال القادمة في أن تجد ما يمكن إن تستغله من مياه لاستمرار الحياة في هذه الأماكن والأنشطة الحيوية اللازمة لاستمرار هذه الحياة. ويمكن القول أن أهم استخدامات النظائر في مجالات دراسات المياه الجوفية ما يلي:

١ – تقييم كفاءة السدود في زيادة تغذية خزانات المياه الجوفية وفي الحصاد المطري.

٢ – تحديد اتجاهات سريان المياه الجوفية في الخزانات الأرضية.

٣ – تحديد سرعات المياه الجوفية (العميقة والسطحية).

٤ – تحديد أعمار المياه الجوفية، وأعمار المياه المالحة المتداخلة في الخزانات الجوفية وأصل تلك المياه.

استخدام النظائر في تحديد عمر المياه

عندما تتم معرفة مصدر إعادة اختزان إحدى الطبقات الصخرية المائية يمكننا تحديد عمر المياه بها أي آخر مرة كانت تلك المياه قد لامست الغلاف الجوي. وعلى هذا يمكننا معرفة المدة التي استغرقتها المياه لتصل من مصدرها ليعاد اختزانها في تلك الطبقة الصخرية المائية، وبالتالي يمكننا حساب الكميات الآمنة للسحب من تلك الطبقة.

ففي حالة المياه حديثة العهد بالغلاف الجوي يمكننا استخدام التريتيوم H3 والهيليوم He-3 فالتريتيوم هو نظير مشع للهيدروجين يتفكك إلى H3 ويعتبر عمره النصفي ١٢,٤ سنة. وبالتالي يتم حساب كمية التريتيوم وكمية الهيليوم ٣ الناتجة عن تفكك التريتيوم ليعتبر مجموع الكميتين هو كمية التريتيوم الأصلية عند بداية إعادة الاختزان. وباستخدام تلك الطريقة يمكننا حساب عمر المياه التي تكون أقل من ٤٠ ألف سنة بدرجة دقة في حدود العام الواحد أو أقل. أما لحساب عمر المياه التي يزيد عمرها عن ٤٠,٠٠٠ سنة فيمكننا حساب كميات الكربون ١٤ والذي يتفكك بمعدل نصف عمري ٥٧٣٠ سنة، كما يمكننا استخدام النظير هليوم ٤ والذي ينتج بصفة مستمرة داخل باطن الأرض نتيجة تفكك اليورانيوم والثوريوم. كما يستخدم النويدات المشعة طويلة العمر – الكلور ٣٦ واليود ١٢٩ من أجل دراسة مجاري المياه الجوفية الأقدم عمرًا.

ومن خلال معرفة مصدر إعادة اختزان إحدى الطبقات الصخرية المائية ومعرفة مدى سرعة وصول المياه من المصدر إلى الطبقة يمكننا أيضًا معرفة خطورة تعرض تلك المياه للتلوث بسبب وجود مصانع – مثلاً أو أنظمة مجاري صرف – بنفس تلك المناطق، وبالتالي رسم سياسات للمحافظة على تلك المياه. كما يمكن رصد وتحديد

نظائر النيتروجين بالمياه من أجل تحديد مصدر التلوث. وقد لجأت العديد من الدول العربية إلى استخدام تلك التقنية في رسم سياساتها المائية، نذكر منها المملكة العربية السعودية ومصر والأردن واليمن والسودان.

(٣, ٤, ٥) النظائر والتغذية الجوفية

تفقد المياه السطحية بالتبخر أثناء جريانها قبل أن تترشح إلى التربة من الطبقة غير المشبعة بالمياه. على الرغم من أن درجة التبخر في المناطق القاحلة عالية جدا إلا أنه من الممكن أن يكون محتوى النظائر في المياه الجوفية الحديثة والأمطار متقاربة جداً، مما يدل على جدوى استخدام طريقة النظائر في التحليل الهيدرولوجي للمناطق القاحلة.

إن التحليل الكيميائي للكاتيونات والانيونات للمياه الجوفية في آبار المراقبة وعينات مياه الأمطار وبحيرة سد مثلاً في منطقة ما يمكن أن يعطي دلالة واضحة على أن التغذية الجوفية تمت أو لم تتم من مياه الأمطار أو بحيرة السد. كذلك يمكن تحديد نسبة تغذية الخزانات الجوفية في المنطقة من تلك المياه المتواجدة بالخزان السطحي والمياه المتجمعة خلف بحيرة السد.

(٤, ٤, ٥) طريقة التحليل بالنظائر

تتميز طريقة التحليل باستخدام النظائر المستقرة والمشعة في الكشف عن مصادر المياه عن باقي الطرق التقليدية في أنها بسيطة جدا فلا تحتاج إلى أجهزة متخصصة أو مواد ذات معايير محددة إنما تقتصر على الدقة في أخذ القياسات أثناء أخذ عينات المياه في الحقل.

القياسات الحقلية

أثناء أخذ عينات المياه يجب أن يتم أخذ بعض القياسات الضرورية والتي من شأنها أن تساهم في دقة نتيجة الدراسة، وهي على سبيل المثال:

- منسوب المياه ودرجة الحرارة.
- درجة الحموضة ودرجة الملوحة.
- كمية الأكسجين الذائبة في الماء.

طريقة أخذ العينات

يتم أخذ عينات المياه من آبار المياه الجوفية باستخدام المضخات الصغيرة التي تعمل بالطاقة الكهربائية حيث أنه يتم توصيل المياه الخارجة من الآبار بمجسات تقيس درجة الحرارة ودرجة الملوحة وكمية الأكسجين الذائبة في

الماء وتستمر المضخة في العمل إلى أن تتوقف شاشة العرض المتصلة بالمجسات عن التغيير ويتم تسجيل القراءات ويتبع ذلك ملء علب تجميع المياه (القنينات) بالمياه. وتعتبر طريقة أخذ العينات باستخدام المضخات من الطرق التي تعطي نتائج جيدة، حيث أن المياه الراكدة في الآبار لا تمثل مياه المنطقة الواقعة فيها إضافة إلى تفاعل تلك المياه مع أنبوب البئر وبالتالي قد تتغير خواصها وكذلك تعرض تلك المياه للتبخر نتيجة للمكوث لفترات طويلة. أما بالنسبة لبحيرات السدود فإن أنسب موقع لأخذ العينات هو الموقع الذي تكون عنده البحيرة في أعمق موقع حيث أن المياه عندها تكون متجانسة وتمثل مياه البحيرة بشكل عام.

حفظ العينات

تحفظ العينات في أماكن باردة تصل درجة حرارتها إلى ٥ درجات مئوية ويفضل كذلك حفظها بعيدة عن أشعة الشمس المباشرة حتى يتم إجراء التحليل المطلوب.

(٥ , ٥) الهياكل المؤسسية اللازمة للتقنيات الحديثة لإمكانية التطبيق والاستفادة

لا يمكن رسم سياسة مائية ناجحة على المستوى الوطني دون إعداد البرامج والخطط الآنية والمستقبلية لتنمية وإدارة الموارد المائية التي تتطلب بالدرجة الأولى بيانات ومعطيات مائية دقيقة، مستقاة من أرض الواقع عبر أجهزة رصد حديثة وبرامج وتقنيات متطورة قادرة على تحليلها وتوظيفها بصورة علمية في إعداد البرامج والخطط التنموية المختلفة. ويتطلب ذلك تضافر جهود الكادر المهني وقدرته على التعاطي مع التقنيات الحديثة بصورة صحية، بالإضافة إلى وجود أُطر مؤسسية متعددة مهمتها الأساس توظيف البيانات والمعطيات المائية وخبرات وقدرات الكادر المهني، على أن يترافق مع ذلك تنسيق وتعاون مع كافة مؤسسات الدولة ذات الصلة، ووجود قرار سياسي يولي الاهتمام الكافي بقطاع المياه ويمنحه مخصصات مالية سخية للنهوض بالواقع المائي على المستوى الوطني. إن من أهم الهياكل المؤسسية اللازمة للتقنيات الحديثة المطلوبة للنهوض بالواقع المائي وإدارته بكفاءة عالية ما يلي:

أولاً: بناء القدرات الفنية والمهنية

تستند مؤسسات المياه الحديثة على آليات وتقنيات عمل حديثة قادرة على توظيف الإمكانات المتاحة والمستحدثة في إعداد البرامج والخطط التنموية. ولا ينحصر هذا التوظيف على الطاقة الذاتية للكادر المهني وإنما على مزاوجتها مع التقنيات الحديثة المستخدمة للحصول على البيانات والمعطيات الدقيقة عن الواقع المائي

وإخضاعها للتحليل العلمي عبر برامج متطورة تبحث في أدق التفاصيل لطرح الحلول الممكنة، لاعتمادها في بناء السياسة المائية الآنية والبعيدة المدى على المستوى الوطني.

فإن بناء مؤسسات المياه الحديثة مهنياً يستند لمبدأين: المبدأ الأول اعتماد كافة الوسائل والتقنيات الحديثة في استقراء الواقع المائي، والمبدأ الثاني إعداد الكادر المهني الكفء القادر على التعامل مع الوسائل والتقنيات الحديثة لمزاوجتها مع قدراته الذاتية لاستخلاص البيانات والمعطيات الدقيقة من الواقع وتوظيفها. إن التوظيف المهني للمبدأين السابقين لبناء مؤسسات مياه حديثة، يتطلب سياسة متكاملة من التنسيق والتعاون مع جهات ومؤسسات متعددة في الدولة؛ لأن مؤسسات المياه تحديداً ثنائية التخصص (إنتاجية وخدمية) ولا يقتصر عملها على تحقيق المهام والأهداف للمؤسسة ذاتها، وإنما تسهم بحجم خدماتها في نجاح أو فشل المؤسسات الأخرى التي تعتمد مشاريعها بصورة أساسية على حصص المياه المحددة لها.

تفرض المهام الكبيرة الملقاة على عاتق مؤسسات المياه اتباع سُبل التعاون والتنسيق مع المؤسسات الأخرى في الدولة لتوظيف قدراتها في دعم البرامج والخطط التنموية للإدارة المائية المتكاملة على المستوى الوطني. وليس بمقدور أية مؤسسة مائية، إنجاز مهامها المتعددة بالاعتماد على قدراتها الذاتية (المهنية والمالية) فقط.

إن حجم المهام الموكلة لمؤسسة المياه بقدر ما هي مسؤولية ذاتية، فإنها عمل تعاوني وتنسيقي مع مؤسسات الدولة والمجتمع (الزراعة، التعليم، الصحة، الخارجية، البيئة، العدل، الإعلام، منظمات المجتمع المدني، ومنظمات مستخدمي المياه...) ويمكن تلخيص المهام الرئيسة وأوجه التنسيق والتعاون لمؤسسة المياه بـ :

١- خلق مناخ عمل كفء، تدعمه سياسة ملائمة وأطر عمل قانونية.

٢- مؤسسات قوية ومتطورة تدعمها المشاركة المجتمعية.

٣- تنمية الموارد البشرية وتعزيز الأنظمة الإدارية واستقطاب اهتمامات مستخدمي المياه.

٤- نشر الوعي المائي في كافة الأوساط الاجتماعية.

٥- التنسيق مع المؤسسات التعليمية والجامعات والتعليم العالي لفتح فروع ومعاهد متخصصة في الجانب المائي لرفد مؤسسات المياه بالكادر اللازم.

٦- رفع كفاءة العاملين من خلال إقامة ورشات عمل ودورات مهنية تعرف بالأساليب والتقنيات الحديثة ومناهج التحديث والبحوث المائية.

٧- التنسيق مع مؤسسات الزراعة لتداخل مهامها وتخصصاتها مع مؤسسات المياه خاصة في مجالات (الهيدرولوجيا، الهيدروجيولوجيا، البيئة، الإحصاء، التحاليل البيولوجية، ومراكز البحوث الزراعية).

٨- تشجيع البحوث المائية ورصد الموازنة المالية اللازمة لتغطية نفقات البحوث والتجارب لتطوير تقنيات المياه.

٩- التنسيق والتعاون مع المنظمات الدولية ذات الصلة للاستفادة من خبراتها في مجالات التحديث وإعداد البرامج والخطط التنموية على المستوى الوطني.

تعتمد معظم اقتصاديات دول العالم النامي على الزراعة والنسبة العظمى من سكانها تمتهن العمل الزراعي الذي يستند نجاحه بالدرجة الأولى على توفر المياه واعتماد سياسة مائية ناجحة، وما الفقر والجوع الذي يجتاح معظم الشرائح الممتهنة للعمل الزراعي إلا بسبب السياسات الزراعية والمائية الفاشلة التي اعتمدت لعقود من الزمن وعدم إيلاءها الاهتمام الكافي وتخصيص المبالغ المالية اللازمة للنهوض بها. وقد فشلت معظم برامج المساعدات المالية والتقنية التي قدمتها المنظمات الدولية ذات الصلة في إيجاد الحلول اللازمة للأزمات المستعصية التي تعاني منها مؤسسات المياه في دول العالم النامي، مما دفعها لوضع اشتراطات مسبقة على حكوماتها لرفد مؤسساتها المائية والزراعية بالمساعدات المالية والتقنية. تتطلب المهام الرئيسة وأوجه التنسيق والتعاون لمؤسسات المياه السابقة الذكر عوامل مساعدة أخرى لا تقل أهمية عنها، وهي بمثابة حلقة الوصل وآلية التفعيل للمهام الرئيسة، من أهمها:

١- إيلاء الأولوية لقطاع المياه.

٢- وجود سياسة حكومية ملتزمة بقطاع المياه على المستوى الوطني.

٣- وجود قوانين وتشريعات مائية، وجهة رقابية لتنفيذها.

٤- وجوب مشاركة منظمات المجتمع المدني في السياسة المائية.

٥- توفر الفرص الوظيفية، ورصد المكافئات المالية لتشجيع المنافسة بين العاملين.

٦- وجود دعم مالي وفني من الوكالات الدولية ذات الصلة بشؤون المياه.

يتطلب تفعيل العوامل الرئيسة والثانوية للنهوض بواقع المؤسسات المائية بالدرجة الأولى موازنة مالية (سخية) قادرة على تغطية النفقات اللازمة لشراء الأجهزة والتقنيات المائية الحديثة لاستنباط البيانات والمعطيات

عن الواقع المائي في إعداد البرامج والخطط التنموية الآنية والمستقبلية. بالإضافة إلى نفقات إعداد الكادر المهني الكفوء القادر على التعاطي الإيجابي مع الأجهزة والتقنيات الحديثة لإنجاز المهام الموكلة.

ومع حالة الإهمال والسياسات الخاطئة التي طالت مؤسسات المياه في دول العالم النامي، تضاعفت النفقات المالية اللازمة لإصلاح الخلل والتحديثات اللازمة، ومع الزمن لم تعد الموازنات الوطنية قادرة على رصد المبالغ المالية اللازمة للنهوض بواقع المياه. لذلك فإن المبالغ المالية المرصودة (في ظل الصحوة المائية لحكومات دول العالم النامي) لم يعد بمقدورها النهوض بالواقع المزري لمؤسسات المياه الوطنية، مما يتطلب البحث عن مساعدات مالية وتقنية من المنظمات الدولية ذات الصلة لإيقاف حالة التدهور بمؤسسات المياه.

ثانياً: موجبات العمل المؤسساتي للمياه

لا يتوقف العمل المؤسسي للمياه على النظام الإداري والتشريعي لتحديد المهام والصلاحيات وحسب، بل على النظام التقني والمعلوماتي الذي يوفر البيانات والمعطيات اللازمة لإعداد البرامج والخطط التنموية الآنية والمستقبلية. فنجاح المؤسسة المائية يرتكز بشكل أساسي على مدى قدرتها على استنباط البيانات والمعطيات المحددة من الواقع التي تقتضيها برامج التحليل الحديثة لرسم صورة أدق عن الحاجات الفعلية لتطوير المشاريع المائية القائمة أو الشروع بإقامة مشاريع مائية حديثة، تؤمن المتطلبات المائية للقطاعات الإنتاجية والخدمية لمنطقة المشروع المائي أو المساهمة في إدارة الموارد المائية على المستوى الوطني.

كما أن نجاح العمل المؤسسي في جمع البيانات والمعطيات لا يتوقف على الأجهزة والتقنيات الحديثة المستخدمة بقدر ما يتوقف على الكادر المهني القادر على التعاطي الإيجابي معها وكفاءته في الحصول على البيانات والمعطيات الدقيقة، وتوظيفها في التحليل للحصول على النتائج المتوخاة التي يمكن اعتمادها في إعداد البرامج والخطط التنموية. تعتبر أهم وظائف العمل المؤسساتي للمياه: جمع البيانات والمعطيات المائية الدقيقة وتوظيفها بصورة علمية في برامج التحليل الحديثة للخروج بتصورات أقرب للواقع، بالإضافة لجمع ومعالجة البيانات الفيزوجرافية عن الموارد المائية الجوفية لرسم الخرائط للخزانات الجوفية. وتحديد حجم مياهها، ونوعيتها، وصلاحيتها للاستخدام، وتحديد طاقة الاستخدام الآمن للمساهمة في رسم السياسة المائية، مع ضرورة توفر برامج حديثة لإعداد الكادر المهني وتشجيع الأبحاث والدراسات المائية لخدمة كافة أنشطة الإدارة المائية الحديثة. وعليه لا يمكن الحكم على نجاح العمل المؤسساتي للمياه دون النظر بعين فاحصة لنظامه المعلوماتي الشامل (الأجهزة

والتقنيات الحديثة، القدرة على استنباط البيانات والمعطيات الدقيقة، مهنية الكادر، القدرة على التحليل، وتخزين وتوظيف البيانات في إعداد البرامج والخطط) الذي يستند إلى:

١ - بيانات عن الدورة المائية وتشمل:

أ) بيانات حول التغيير الزماني والمكاني للموارد المائية وخصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.

ب) أنظمة مراقبة للدورة المائية وتشمل : بيانات تاريخية، بيانات آنية، مسوحات ميدانية، بنية فوقية.

ج) عناصر التقييم ومستويات النشاط.

د) كفاية المستويات المرجعية (محطات المراقبة، أجهزة حديثة، وكادر مؤهل).

٢- بيانات حول مشاريع موارد المياه واستخداماتها وتشمل:

أ) المتطلبات: إعادة تقييم مكونات الموازنة المائية وبياناتها، تحديد عناصر التغير في الخصائص النوعية والكمية للموارد المائية.

ب) استخدامات الموارد المائية: بيانات ومعطيات الاستخدام الفعلي للمياه.

ج) كفاية البيانات لاستخدام الموارد المائية والمشاريع المرتبطة بها، ومراقبة المشاريع المائية الكبرى ومواصفاتها.

٣- بيانات فيزوجرافية وتشمل:

أ) الحاجة إلى البيانات: بيانات هيدرولوجية، وبيانات الأرصاد الجوية.

ب) أنظمة البيانات: أنظمة قياس لرسم خرائط للخزانات الجوفية، طبوغرافيا المجاري المائية لتقدير تكاليف تنمية الموارد المائية، بيانات طوبوغرافية، بيانات جيولوجية ومورفولوجية، بيانات التربة، وبيانات الغطاء النباتي في منطقة الحوض.

٤- خزن البيانات وتشمل:

أ) المتطلبات (بيانات الدورة المائية، والبيانات المساعدة) لاستخدامها في برنامج أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS).

ب) خزن البيانات على شكل سجلات مراقبة، بطاقات تسجيل.

ج) المعالجة الأولية: وضع فهرس، بنك المعلومات، بيانات موجهة للمستخدم، وبيانات تقليدية.

٥- تقنيات التقييم وتشمل:

أ) تقنيات تقليدية: الكتب، الوثائق، وسجلات البيانات.

ب) خطط إدارة المياه: مشاريع التنمية لأعالي النهر واستخداماتها المائية وتأثيرها على حجم التدفق المائي للنهر الدولي.

ج) نماذج حاسوبية: بيانات عن حجم الاستخدام المائي، وبيانات عن حجم الاحتياط المائي.

٦- القياسات والدقة المعلوماتية: القياسات الهيدرولوجية وأساليب المراقبة، مراقبة دقة وجودة المعلومات وصلاحية استخدامها، اكتشاف الأخطاء في البيانات وتدقيقها، واعتماد مختبرات التحليل للتحقق من صلاحية استخدام المياه.

٧- استخراج مؤشر القدرة: جمع البيانات (البيانات الأساسية، بيانات مشاريع المياه، وبيانات فيزوجرافية)، ومعالجة البيانات، استرجاع البيانات، القياس ومراقبة الدقة، ومؤشر القدرة.

يتطلب النظام المعلوماتي لمؤسسة المياه مسوحات ميدانية لكافة الأنشطة المائية وإداراتها على المستوى الوطني، تنهض بها مؤسسات مائية مناطقية تعمل على رفد الإطار المؤسسي العام بالبيانات والمعطيات اللازمة لإعداد البرامج والخطط التنموية على المستوى الوطني. وهذا الأمر يتطلب بالدرجة الأولى استقلالية العمل لمؤسسات المناطق في إنجاز مهامها الموكلة، وبوجود كادر مهني كفوء وقادر على توظيف التقنيات الحديثة لإنجاز مهامه على أكمل وجه، مع ضرورة وجود تنسيق وتعاون كامل بين كافة مؤسسات المناطق على مستوى الإقليم. ومن ثم وجود تنسيق وتعاون بين مؤسسات المناطق التي بدورها ترفد الإطار المؤسسي العام بالبيانات والمعطيات والمقترحات للمشاريع المائية وتطويرها. وذلك لتخضع للمناقشة والتدقيق والمراجعة والإضافة والحذف والأولوية.

ثالثاً: مركز البحوث والدراسات المائية

إن إحدى مقومات العمل المؤسسي وجود مركز للبحوث والدراسات المائية لإعداد البرامج والخطط الإنمائية بعيدة المدى، ويشترط بناءه عبر آليات عمل وخبراء مياه وأجهزة متطورة يمكن أن تقدم البيانات والمعطيات الدقيقة عن الحالة أو المشروع المراد دراسته وتطويره على المدى البعيد. ويتطلب إعداد البرامج والخطط المستقبلية طاقم عمل متكامل من خبراء المياه ومساعديهم يتم اختيارهم تبعاً للكفاءة والخبرة العلمية والشعور العالي بالمسؤولية تجاه المصالح العليا للوطن، لأنهم يضعون الخطط الإستراتيجية التي بمقتضاها ترسم السياسات والتوجهات المستقبلية للدولة. لذلك فإن المسؤولية الملقاة على عاتقهم ليست تحقيق المتطلبات المائية الآنية

للمشاريع التنموية وحسب، بل المتطلبات المائية المستقبلية استناداً لحجم الموارد المائية المتاحة وتنميتها لتحقيق الاستخدام الأمثل للمياه. وهذا الأمر يتطلب أجهزة متطورة يتم من خلالها جمع وخزن البيانات والمعطيات عن الواقع المائي، ومن ثم تحليلها لاستنباط الحلول والمعالجات اللازمة لتوظيفها في إعداد البرامج والخطط الإستراتيجية وذلك من خلال:

١- نصب أنظمة مراقبة لتوفير معلومات دقيقة عن الواقع المائي.

٢- ضمان استمرارية عمل أنظمة المعلومات دعماً للدراسات والبحوث التي تتطلبها الخطط البعيدة المدى خاصة المتعلق منها بالمتغيرات المناخية.

٣- استخدام تقنيات لمعالجة البيانات وتخزينها.

٤- مقارنة واختبار واعتماد التكنولوجيا الهيدرولوجية المناسبة للحاجات على المستوى الوطني.

٥- اعتماد نهج المتابعة المستمرة لتطور الوسائل التكنولوجية وتوظيفها في الدراسات والبحوث المائية.

٦- وضع وتدعيم برامج البحث والتطوير المناسبة لحاجات القطر من أجل الوصول لفهم أفضل للعملية الأساسية الخاصة بالدورة المائية بما في ذلك التفاعل بين المياه والتربة والمناخ لتدعيم الموارد المائية والتنبؤ الهيدرولوجي.

٧- التشجيع على تطوير الوسائل التكنولوجية لتقييم الموارد المائية والتنبؤ الهيدرولوجي من خلال استخدام الخبرات المحلية المتراكمة في المجال المائي.

٨- توفير الوسائل التكنولوجية الحديثة للعاملين في المجال المائي.

٩- دعم أوجه التعاون والتنسيق مع المنظمات الدولية والإقليمية للاستفادة من برامجها وخبراتها في المجال المائي.

لا تستند الدراسات والبحوث المائية اللازمة لإعداد البرامج والخطط البعيدة المدى على بيانات ومعطيات لعلم الاقتصاد المائي وحسب، بل على جملة من العلوم الزراعية، البيئية، الصحية، الجيولوجية، الأرصاد الجوية، الاجتماعية، والصناعية. لأنها مؤسسات (إنتاجية وخدمية) في آن واحد مما يتطلب أن تلحظ البرامج والخطط المائية المستقبلية كافة الجوانب المتعلقة بها وتوظيف كافة البيانات والمعطيات ذات الصلة للمؤسسات المختلفة المستفيدة من خدمات المياه. وعلى خلافه فإن البرامج والخطط المائية البعيدة المدى يشوبها عدم الدقة والاختلال في تقديم

الخدمات اللازمة للمؤسسات الأخرى في الدولة. لذلك فإن التنسيق والتعاون مع مؤسسات الدولة المختلفة يعد شرطاً أساسياً لنجاح البرامج والخطط المائية البعيدة المدى، كما لا يجوز أن يقتصر التنسيق والتعاون على مستوى البلد. وإنما يتعدى ذلك للتنسيق والتعاون ليشمل مؤسسات المياه الإقليمية والدولية لتوظيف البيانات والمعطيات ذات الصلة في البرامج والخطط المائية، لمنحها صفة الشمولية المتكاملة لتغطية الأوجه المختلفة للأنشطة المائية. فهناك تداخل بين الموارد المائية الوطنية، والموارد المائية الدولية في حساب الموازنة المائية على المستوى الوطني فبدون التنسيق والتعاون مع المؤسسات المائية الإقليمية للدول الشاطئية، لا يمكن تحديد الحصص المائية للأنهار الدولية في الموازنة المائية على المستوى الوطني لرسم السياسة المائية المثلى والمتوافقة مع حجم الموارد المائية المتاحة وحجم المتطلبات المائية المتوقعة.

وقد يعترض سبيل التنسيق والتعاون مع المؤسسات المائية الإقليمية إشكاليات قانونية-سياسية لتوزيع حصص مياه الأنهار الدولية المشتركة، لذلك يتوجب أن يكون هناك تنسيق وتعاون فعال مع المؤسسات المائية الدولية ذات الصلة للمساعدة في حل الإشكاليات القانونية-السياسية مع الدول الشاطئية وفقاً لمبادئ القانون الدولي حول توزيع حصص المياه بين الدول الشاطئية. وتشترط أوجه التنسيق والتعاون مع المؤسسات المائية الإقليمية والدولية، وجود دراسات مائية وطنية معززة بالبيانات والمعطيات الحديثة وكذلك بالخبرات المتبادلة التي يمكن الاستناد عليها في المفاوضات المائية على المستوى الإقليمي والدولي للتوصل لاتفاقيات ومعاهدات مائية للحفاظ على حقوقها المائية، وهذا يتطلب اتباع مجموعة من الإجراءات التقنية على المستوى الوطني منها:

١- تطوير أجهزة وتقنيات القياس للدورة المائية وخصائصها الفيزوجرافية.

٢- تصميم شبكات لعناصر الدورة المائية ولدراسات مساحية للخصائص الفيزوجرافية وتقدير نسب الأخطاء المتوقعة.

٣- تحليل العلاقات المكانية والزمانية بين عناصر الدورة المائية وعوامل الأحوال الجوية والفيزوجرافية، وبناء النموذج المرتبط بذلك لاستكمال العناصر الزمانية والمكانية بما فيها تقنيات استكمال بيانات شبكة الدورة المائية.

٤- تحليل تأثير الأنشطة البشرية على عناصر الدورة المائية وتقنيات التنبؤ بالتغيرات التي يمكن أن تحصل في نظام عناصر الدورة المائية بما في ذلك التغييرات الحاصلة في بيانات السلسلة الزمانية المرتبطة بها.

٥- تقنيات الحفاظ على نوعية وكمية المياه وتقنيات تحسين استخدام المياه المتوفرة في مختلف عناصر الدورة المائية مثل: (تقليل نسب الهدر المائي، التلوث المائي، تنمية الموارد المائية غير التقليدية، واستخدام المياه المالحة في الزراعة..).

٦- تقنيات تنمية الموارد المائية المتاحة باتباع طرق التحكم بمياه الفيضانات وحصاد الأمطار وتقليل نسب التبخر.

٧- تقنيات لتحسين نوعية المياه، واستخدامات المياه الرمادية في الزراعة.

٨- تقنيات لتحسين أنشطة سحب المياه من الخزانات الجوفية، وتحسين طرق نقل المياه وتوفير التقنيات والأجهزة الحديثة للمحطات الهيدرومائية لتقليل هدر المياه.

وإن نجاح أي برامج وخطط مائية بعيدة المدى، تتطلب بيانات متعددة منها:

١- بيانات مناخية: الهطول المطري، توزعه، كميته، فتراته، درجة الحرارة، رطوبة الجو، درجة التبخر، وسرعة الرياح.

٢- بيانات هيدرولوجية: المجرى المائي، تغيراته الهيدرولوجية، عمق وعرض المجرى، سرعة الجريان، درجة ميل المجرى وانسيابه، مناسيب المياه، عدد الفيضانات ومواسمها.

٣- بيانات عامة: متطلبات الملاحة النهرية، عدد الروافد المائية وغزارتها، الغطاء النباتي، مشاريع تربية الأسماك، عدد المناطق الترفيهية والمتنزهات.

٤- بيانات عن تقييم مؤسسات المياه: تقنية وحداثة أجهزة القياس الهيدرولوجية والأرصاد الجوية، إمكانية حفظ وتخزين البيانات والمعطيات المائية، قدرة الكادر المهني وكفاءته الإدارية.

٥- بيانات عن القدرات المالية: حجم الموازنة المرصودة، كفاءة الإدارة المالية، وجود أجهزة للرقابة المالية، وجود سجلات لأوجه الصرف المالي.