الفصل الرابع

تنمية الموارد المائية

(١ , ٤) مقدمة

يعتبر الماء قوام الحياة وأساسها الرئيس الذي لا يمكن الاستغناء عنه، كما أنه عماد كل حضارة وتنمية، حيث تتجلى خصوصية الماء في أنه أثمن شيء خلقه الله تعالى بعد البشر، وإذا كان الإنسان قد استطاع في تفاعله مع الطبيعة أن يسخر جلها لخدمته ولأغراضه، واستطاع أيضاً بفضل العلم أن يخترع كل ما هو في حاجة إليه عبر التاريخ، إلا أن حاجاته من الماء لا يمكن أبداً تلبيتها بتركيب وتصنيع هذه المادة أو باستعمال ما يحل محلها، كما أن تزايد الطلب على الموارد المائية أفضى إلى تراجعها، حيث تعاني أغلب البلدان العربية التي تقع في مناطق مناخية جافة من نقص المياه، ويعزى ذلك إما إلى ندرة هذه الموارد أو سوء تدبيرها، ومن المتوقع أيضاً مع تزايد عدد سكان العالم، أن يرتفع الطلب على مياه الري، والماء الصالح للشرب، بنسبة ٢٠ في المائة مما هو عليه، في غضون الخمس والعشرين سنة المقبلة، وبما أن أغلب البلدان النامية، تعتمد على الفلاحة في اقتصادها، فإن نقص المياه العذبة من شأنه أن يسبب نقصاً في الغذاء في جهات مختلفة من العالم، وعليه فإن التنمية المستدامة والشاملة للموارد المائية وإدارتها في هذه الدول أصبحت من الأمور البالغة الأهمية، وذلك لتجنب أزمات مستقبلية تنجم عن نقص الماء كماً وكيفاً.

وبناءً على ذلك، يجب على مؤسسات المجتمع المدني أن تتعاون مع بعضها البعض وأن يساندها في ذلك المتخصصون، في سن القوانين والتشريعات التي تحث على تبني أسلوب شامل لإدارة الموارد المائية ضمن إطار عام يراعي تحقيق الموازنة في النظام البيئي والذي يمكن أن يستند إليه كأساس لتطوير استراتيجيات الإدارة المستدامة للموارد المائية.

(٢ , ٤) مفهوم التنمية المستدامة

لو سأل كل منا أفراد أسرته ما معنى التنمية المستدامة لأجابه كل فرد بصيغة مختلفة وكل الإجابات تتفق في أنها تلك الإدارة التي توفر احتياجات الأجيال الحالية بدون الإخلال بحقوق الأجيال المستقبلية في الرفاهية من ذلك المورد ووضع حد أدنى مائة عام لأي مشروع تنموي، والمقصود بالاحتياجات هو توفير الحد الأدنى من المياه العذبة لكل فرد والذي يتناسب مع دخله مع القدرة أيضاً في نفس الوقت على تلبية رغبات أي فرد في امتلاك حمام سباحة أو بحيرة صغيرة أو نافورة وغيرها من استخدامات المياه الترفيهية بسعر التكلفة الحقيقية.

مفهوم التنمية المستدامة، متعدد الاستخدامات، ومتنوع المعاني، فالبعض يتعامل مع التنمية المستدامة كرؤية أخلاقية تناسب اهتمامات النظام العالمي الجديد، والبعض يرى أن التنمية المستدامة نموذج تنموي وبديل مختلف عن النموذج الصناعي الرأسمالي، أو ربما أسلوباً لإصلاح أخطاء وعثرات هذا النموذج في علاقته بالبيئة.

ولقد حاول تقرير الموارد العالمية والذي نشر عام ١٩٩٢م والذي خصص بكامله لموضوع التنمية المستدامة حصر عشرين تعريفاً واسع التداول، وزعت على أربع مجموعات، كما موضح بالشكل رقم (١ , ٤).

١ - التعريفات الاقتصادية

وبالنسبة للدول الصناعية فإن التنمية المستدامة تعني إجراء خفض عميق ومتواصل في استهلاك هذه الدول من الطاقة والموارد الطبيعية، وإجراء تحولات جذرية في الأنماط الحياتية السائدة، واقتناعها بتصدير نموذجها التنموي الصناعي عالمياً، أما بالنسبة للدول الفقيرة فالتنمية المستدامة تعني توظيف الموارد من أجل رفع مستوى المعيشة للسكان الأكثر فقراً.

٢- والتعريفات الاجتماعية والإنسانية

إن التنمية المستدامة تسعى إلى الاستقرار في النمو السكاني، ووقف تدفق الأفراد على المدن، وذلك من خلال تطوير مستوى الخدمات الصحية والتعليمية في القرى، وتحقيق أكبر قدر من المشاركة الشعبية في التخطيط للتنمية.

٣- التعريفات البيئية

إن التنمية المستدامة هي الاستخدام الأمثل للأراضي الزراعية، والموارد المائية في العالم، مما يؤدي إلى مضاعفة المساحة الخضراء على سطح الكرة الأرضية.

٤ – التعريفات التقنية والإدارية

إن التنمية المستدامة هي التنمية التي تنقل المجتمع إلى عصر الصناعات والتقنيات النظيفة التي تستخدم أقل قدر ممكن من الطاقة والموارد، وتنتج الحد الأدنى من الغازات والملوثات التي تؤدي إلى رفع درجة حرارة سطح الأرض والضارة بالأوزون.

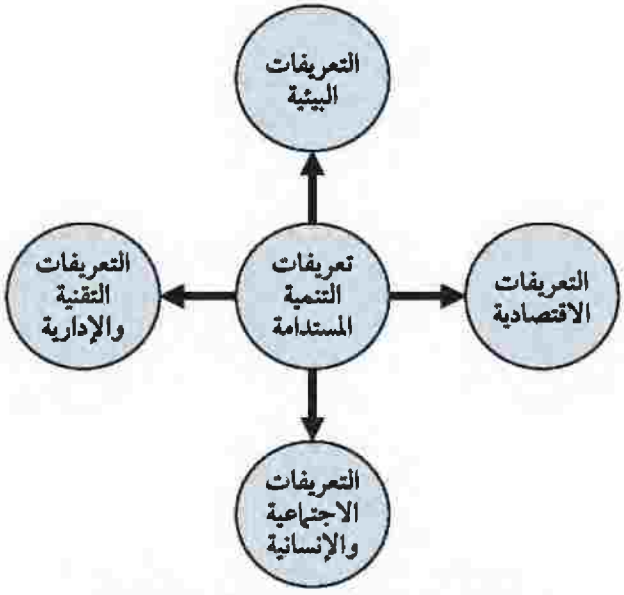
ويؤكد تقرير الموارد الطبيعية أن القاسم المشترك لهذه التعريفات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والتقنية، هي أن التنمية لكي تكون مستديمة يجب:

أولاً: ألاَّ تتجاهل الضوابط والمحددات البيئية.

ثانياً: لا تؤدي إلى دمار واستنزاف الموارد الطبيعية.

ثالثاً: تؤدي إلى تطوير الموارد البشرية (المسكن، الصحة، مستوى المعيشة، أوضاع المرأة، تطبيق حقوق الإنسان).

رابعاً: تحدث تحولات في القاعدة الصناعية السائدة.



الشكل رقم (١ , ٤). تعريفات التنمية المستدامة.

إن الهدف الأساسي للتنمية المستدامة هو الوفاء بحاجات البشر وتحقيق الرعاية الاجتماعية على المدى الطويل، مع الحفاظ على قاعدة الموارد البشرية والطبيعية ومحاولة الحد من التدهور البيئي، ومن أجل تحقيق ذلك، يجب التوصل إلى توازن ديناميكي بين التنمية الاقتصادية والاجتماعية من جهة، وإدارة الموارد وحماية البيئة من جهة أخرى.

غير أن أوسع التعريفات شيوعاً للتنمية المستدامة: هي أنها التنمية التي تهيئ للجيل الحاضر متطلباته الأساسية والمشروعة، دون أن تخل بقدرة المحيط الطبيعي على أن يهيئ للأجيال التالية متطلباتهم، أو بعبارة أخرى، استجابة التنمية لحاجات الحاضر، دون المساومة على قدرة الأجيال المقبلة على الوفاء بحاجاتها.

التنمية المتواصلة للموارد المائية مفهوم سهل التعريف صعب التحقيق في أي قطر؛ وذلك لأن الإدارة الجيدة للمصادر المائية تعتمد اعتماداً كلياً على:

١- المعرفة الكاملة للمصادر المائية المتاحة.

٢- القدرة على التنبؤ بآثار كل سياسة مائية وبدائلها على المخزون المائي كل عشر سنوات قادمة لمدة مائة سنة على الأقل.

ونظام مصادر المياه نظام متداخل حيث يمكن تقسيمه إلى ثلاثة نظم صغيرة: النظام الطبيعي، والنظام المؤسسي، ونظام البنية التحتية. فعلى سبيل المثال نجد أن نظام مصادر المياه في المملكة يتأثر بالموقع الجغرافي والمناخ وهي جزء من النظام الطبيعي كما يتأثر بالنظام المؤسسي للدولة من حيث الدستور والتشريعات والسلطات المحلية ويتأثر بالبنية التحتية المتوفرة بالدولة.

وهناك مدخلات لنظام مصادر المياه تتمثل في رأس المال المستثمر والطاقة والعمالة وغيرها. أما المخرجات فهي إمدادات المياه للأغراض المختلفة مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير المشاريع المائية على البيئة كالفيضانات والترسيب وغيرها.

(٤,٣) أهمية تنمية الموارد المائية

تكمن أهمية تنمية الموارد المائية في مواجهة العمليات التالية:

١- زيادة مطردة في معدلات استهلاك المياه الجوفية العميقة غير القابلة للتجديد والسطحية محدودة التغذية.

٢- انخفاض حاد في منسوب المياه الجوفية في بعض المناطق.

٣- جفاف الطبقات السطحية في كثير من المناطق.

٤- انخفاض جودة المياه في بعض المناطق.

٥- استمرار قطاع الزراعة في الاعتماد على المياه الجوفية وعدم تشجيع وتوعية المزارعين باستخدام موارد مائية أخرى وكذلك بسبب عدم تغيير أنماط الزراعة واستعمال أنواع المحاصيل لملائمة ظروف المنطقة والمناخ.

(٤ , ٤) أسباب اختلال التوازن في الموارد المائية

يظهر اختلال التوازن في المسألة المائية نتيجة لاختلال التوازن بين الموارد المائية المتجددة وبين الموارد المائية المستثمرة، أما أسبابها فتعود إلى العوامل التالية:

١- نقص الموارد المائية

إن المملكة كغالبية البلدان العربية تقع في المنطقة الجافة وشبه الجافة والتي تمتاز بانخفاض معدلات سقوط المطر (المصدر الرئيسي للموارد المائية السطحية والجوفية) وهذا بالتالي يعكس حالة من نقص المياه ومحدوديتها وتوزيعها غير المتساوي على الأراضي السعودية وتفاوت كمياتها بين منطقة ساحلية أو داخلية أو بادية.

٢- انخفاض كفاءة الاستخدام

سواء في القطاع الزراعي المستهلك الأكبر للمياه ٨٨ ٪ من إجمالي الموارد حيث تتراوح كفاءة الاستخدام ما بين ٤٠-٤٥٪ أو في القطاع المنزلي والصناعي حيث تتراوح نسبة الهدر ما بين ٣٠-٣٥٪ من المياه المستخدمة في هذين القطاعين.

٣- التوزيع غير المتوازن بين المناطق

تختلف الإيرادات المائية التي تأتي من الأمطار في أنحاء المملكة وتكون نسبة توزع الأمطار كالتالي:

- مناطق أقل من ٢٠٠ مم: تشكل ٨٠ ٪ من مجمل المساحة.
- مناطق أكثر من ٢٠٠ مم: تشكل ٢٠ ٪ من مجمل مساحة المملكة.

٤- تدهور نوعية المياه

تختلف نوعية المياه من حيث صلاحيتها للاستخدام في الري باختلاف المصدر المائي وتبعاً للمنطقة. فهناك مناطق ترتفع نسبة الأملاح في المياه ويعود ذلك إلى سحب المياه غير المنظم والذي أدى إلى الاستنزاف المائي الكبير وبالتالي إلى تدهور نوعية المياه.

٥- زيادة الطلب على الماء

ازدياد الطلب على الماء في القطاعات الاقتصادية المختلفة، ففي القطاع الزراعي زاد الطلب على المياه نتيجة لتطور المساحات المروية حيث ازدادت الاحتياجات المائية الفعلية للخطة الزراعية من ٢٠٠٠ مليون م^3 (٢ بليون م^3) عام ١٩٨٠م لتصل حدها الأعلى ١٦,٤ بليون م^3/ سنة عام ١٩٩٥م وتنخفض لاحقاً إلى ما يقارب ١٤,٧ بليون م^3 عام ٢٠٠٠م (وزارة التخطيط، ٢٠٠٠م).

بينما قدرت بعض الدراسات مثل البنك الدولي عام ٢٠٠٥م أن كمية المياه المستهلكة للري كانت ٧,٤ بليون م٣ لعام ١٩٨٠م ثم زادت بمعدلات عالية حيث كانت ٢٠,٢ بليون م٣ في عام ١٩٩٤م ثم انخفضت إلى ١٨,٣ بليون م٣ في عام ١٩٩٩م. ويجب الأخذ في الاعتبار أن هناك تباين واختلاف في الدراسات في تقديرات كميات المياه المستهلكة للأغراض البلدية والصناعية والزراعية لعدم وجود دراسات فعلية على المياه في المملكة.

الفجوة المائية المستقبلية

لتحقيق التنمية المستدامة وبشكل كامل فإنه لابد من اقتصار استخدامات المياه مستقبلاً على الموارد المائية المتجددة، ولصعوبة ذلك في المناطق الجافة وشبه الجافة فإنه يلزم سحب مياه جوفية عميقة (أو غير المتجددة) من المخزون الإستراتيجي للمياه الجوفية، وهذا ما يعرف بالفجوة المائية أو الفرق اللازم تغطيته لمقابلة الطلب المتزايد. ويلاحظ في هذا الصدد أن الكميات التي تم سحبها حتى عام ١٤٣٠هـ (٢٠٠٩م) من المياه الجوفية العميقة كبير جداً، إلا أن السياسات الجديدة التي بدأت تطبق قد تقلل بشكل واضح من الضخ المتزايد. وبمراجعة ما تم حسابه للاستخدامات الرئيسة التي نوقشت في هذا الفصل يتبين أن ما يلزم ضخه خلال السنوات الخمس عشرة القادمة هو ١٣٠ مليار م٣ (١٠٧,٢ مليار م٣ للقطاع الزراعي ١٣ مليار م٣ للقطاع الصناعي و ٩,٨ مليار م٣ لمقابلة جزء من الطلب لمياه الشرب)، وبالرغم من أن هذا الرقم قد يبدو كبيراً نوعاً ما إلا أنه أصغر بشكل واضح كمتوسط سنوي مما كان يضخ في الماضي، ويمكن زيادة التوجه لاستخدامات الموارد غير التقليدية والمتجددة للأغراض المختلفة للتقليل مستقبلاً من هذه الفجوة المائية.

(٤,٥) طرق تنمية الموارد المائية

١- حماية المياه الجوفية غير المتجددة، وذلك من خلال ما يلي:

- القيام بدراسات الاستكشاف والدراسات الجيولوجية التي تحدد حجم هذا المورد ومكامنه بالإضافة إلى دراسة السبل الكفيلة بتنميته والمحافظة عليه.
- الالتزام بسياسة الدولة الهادفة إلى المحافظة على مصادر المياه من التلوث بجميع صوره، وذلك من خلال التطبيق الحازم للأنظمة واللوائح ذات العلاقة والعمل على تطويرها.
- الالتزام عند إعداد دراسات الجدوى لجميع المشروعات الزراعية والصناعية الجديدة لكون المياه عنصراً من عناصر التكلفة الأساسية وعلى أساس التكلفة الحدية للمصادر البديلة.

• تطوير قاعدة معلومات موحدة عن مصادر المياه، تشمل كمياتها ونوعيتها ومعدلات استغلالها وغير ذلك على أن تتوافر هذه القاعدة لجميع الجهات ذات العلاقة والجهات العلمية والبحثية.

٢- تطوير صناعة تحلية المياه

إن عملية تقويم البدائل المتاحة والقابلة للاستمرار على المدى البعيد، ترجح أن تكون المياه المحلاة المورد الأساسي والأول لمياه الشرب التي تتطلبها عملية التنمية، إذ إن صناعة التحلية لا تعضد بصورةٍ كبيرةٍ موارد المياه الحالية فحسب، بل إن التقنيات المستقبلية تَعِدُ بتوفير الحلول الناجحة لنقص المياه، فعلى المدى البعيد قد تتوافر إمكانية تحلية المياه باستخدام مصادر الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية، وطاقة الرياح والطاقة النووية المتوالدة، وهو ما يوفر إمكانات مستدامة لتحلية المياه.

أما على مدى منظور العقدين القادمين، فإن صناعة التحلية المعتمدة على الطاقة العادية (النفط والغاز الطبيعي والكهرباء) ستشهد نمواً كبيراً، وذلك بمشاركة القطاع الخاص، إذ سيتم إتاحة المجال لشركات القطاع الخاص لإقامة محطات تحليه مياه ومحطات مزدوجة الإنتاج (ماء وكهرباء) في إطار سوق تتيح التنافس في توفير كل من الكهرباء والماء بحيث تؤدي إلى زيادة الكفاءة الاقتصادية وتخفيض التكلفة.

٣- تعزيز التعاون الإقليمي لإدارة مصادر المياه

تُعَدّ قضية محدودية الموارد المائية على المدى المتوسط والبعيد قضية إقليمية ومن أبرز تحديات التنمية الاقتصادية والاجتماعية في العالم بصورةٍ عامةٍ وفي منطقة الشرق الأوسط بصورةٍ خاصة. ويتوقع أن يكون التعاون بين الدول المجاورة في مجال تطوير مصادر جديدة للمياه وإدارة الموارد المائية من المجالات الرئيسة في التعاون الإقليمي والدولي في المستقبل، ويمكن أن تشكل أنشطة البحث العلمي والتطوير التقني وتبادل الخبرات في تطوير الموارد المائية وإدارتها، أبرز مجالات هذا التعاون.

كما أن ازدياد التنسيق والتكامل والتبادل والمشاركة بين الدول الخليجية والعربية سيفتح باباً واسعاً أمام أنماط مختلفة من التعاون في المستقبل في مجال توفير الموارد المائية.

٤- الإدارة المتكاملة للموارد المائية

لقد أدى الاهتمام المتزايد بقضايا المياه خلال الآونة الأخيرة خصوصاً في المناطق الجافة وبلدان الندرة إلى ظهور العديد من المصطلحات العلمية النظرية في هذا المجال، مثل إدارة العرض والطلب وتسعيرة المياه وكفاءة الاستعمال وترشيد الاستهلاك والجدوى الاقتصادية وغيرها، وتهدف هذه المصطلحات جميعا إلى تحقيق درجة

مقبولة من درجات الإدارة المتكاملة التي تسعى بدورها إلى تحقيق المبادئ العامة لمفهوم الإدارة المائية المتكاملة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، إلا أن معظم هذه المصطلحات لا زال يكتنفها الغموض وسوء الفهم بسبب تجردها وقابليتها للعديد من التفسيرات حسب المعطيات الهيدرومناخية والبيئية والاقتصادية والاجتماعية والسياسية بكل منطقة جغرافية، ومن هنا تبرز الحاجة إلى تغير هذه المفاهيم في ظل الظروف العربية المتسمة بالجفاف البيئي وندرة المياه وارتفاع تكاليف تنمية واستثمار مواردها المائية، وضمن المفاهيم الحديثة في إدارة الموارد المائية. إن الإدارة المتكاملة للمياه ترتكز على المشاركة واللامركزية ونقل إدارة الري إلى المستخدمين ضمن أطر قانونية وتنظيمية منسقة، إن مفهوم المشاركة يعني العملية التي يؤثر فيها أصحاب المصلحة المباشرة في وضع السياسات والتصاميم البديلة وخيارات الاستثمار وقرارات المؤثرة في مجتمعاتهم، مما يثبت فيهم الإحساس بالملكية ومع تزايد مشاركة المجتمعات المحلية في إدارة شؤون المياه يزداد احتمال تحسين أساليب اختيار المشروعات وإيصال الخدمات واسترداد التكاليف.

٥- تطوير السياسة المائية

إن عملية تطوير سياسة مائية محددة المعالم تقوم على قاعدة قانونية ونظامية صارمة، وتتطلب إصدار التشريعات والقوانين اللازمة لذلك، كما وتحتاج إلى تطوير القدرات المؤسسية والتقنية والقاعدة المعرفية ووسائل التقييم والرقابة والمتابعة الضرورية للسيطرة على المشكلة، ولخلق آليات مستمرة للمواءمة بين تحديات الواقع المائي واتجاهات السياسات التنموية والبيئية، وسياسة الحراك السكاني والتخطيط الحضري ووضع الأنشطة الاقتصادية، ويجب تعزيز وسائل التوعية بأبعاد المشكلة واتجاهات الانسجام السلوكي معها عبر الممارسات الترشيدية، وذلك لتحقيق هدف بعيد المدى يضمن التوازن المائي. وستظل مسألة حل مشكلة الموارد المائية هدفا رئيسا وثابتا يقتضي جعلها في مستوى الأهداف الإستراتيجية، حيث يستوجب ذلك وضع برامج وخطوات عملية ذات تأثير مباشر، وفي مقدمة ذلك:

- زيادة الاهتمام بالمياه الجوفية والسعي لتنميتها.
- تطوير وسائل ترشيد استهلاك المياه، وجعلها في متناول يد المستهلك.
- إدخال نظم الري الحديثة والتشجيع على استخدامها ورفع مستوى الإرشاد والتدريب الزراعي وتوسيع نطاقها والعمل على حماية المياه الجوفية والسطحية من التلوث.

(٦ , ٤) تقييم الموارد المائية

يعد تقييم الموارد المائية الخطوة الأساسية على طريق تحديث الخطط المائية، ويهدف إلى إعداد موازنات مائية حديثة مع بيانات اتجاه حركة وهيدروكيميائية المياه، واستكشاف الحوامل المائية العميقة، وتوضيح تغذية وتفريغ المياه الجوفية، وبيان علاقة الاستثمار بالتغذية، والتنبؤ بالتغيرات التي تطرأ على التركيب الكيميائي للمياه مع الزمن.

ويمكن تلخيص خطوات وأهداف تقييم الموارد المائية في النقاط التالية:

١- تحديد نوع المورد المائي سواء كان سطحيا أم جوفيا.

٢- التعرف على الظروف الطبيعية للمورد المائي من جغرافيا وتضاريس.. الخ.

٣- التعرف على إنتاجية المورد المائي وتصرفه اليومي والشهري والموسمي والسنوي، ومقدار تغير كل هذه التصرفات من سنة مائية لأخرى، وكذلك التعرف على نسبة المياه السطحية للمياه الجوفية.

٤- تحديد نوعية المياه ونسب احتوائها على الأملاح والعناصر المختلفة وتغير هذه النوعية من وقت لأخر خلال السنة ولا تقتصر على الزمن بل تمتد إلى الأماكن.

٥ - التعرف على مدى مواءمة التصريف الطبيعي للمورد والاحتياجات المائية لغرض أو عدة أغراض مترتبة على هذا المورد. وبذلك يمكن تحديد كميات وأوقات العجز والزيادة.

٦- تطوير استغلال المورد المائي لتحسين المواءمة بين معدل المورد الطبيعي والاحتياج. مثال ذلك، مشروعات التخزين أو رفع كفاءة استخدام المياه.

٧- التعرف على المؤسسات المسؤولة عن تنمية الموارد المائية وتطوير استخداماتها، ويؤدي هذا إلى تحديد الوحدات والكوادر والأفراد اللازمين للأنشطة المختلفة في عملية التقييم.

٨- مساعدة الأجهزة المسؤولة في كل دولة على رسم خطة شاملة لتنمية مواردها المائية، كذلك يساعد على وضع المخطط الزمني والمراحل اللازمة لتنفيذ المشروعات الواردة في خطط التنمية.

٩- التعرف على إمكانات ومجالات التعاون الإقليمية والدولية بين الأقطار المجاورة والمشاركة في تنفذ مشروعات تنمية الموارد المائية التي تستفيد منها أكثر من دولة واحدة.

(٤ ,٧) السياسات والإجراءات لتحقيق التنمية المستدامة

أولاً: تحديث البيانات حول الموارد المائية وتأسيس قاعدة معلومات مائية وطنية

من المهم توافر المعلومات الكاملة والدقيقة عن الموارد المائية كماً ونوعاً والتغيرات الحاصلة عليها ضمن ظروف تنفيذ مشاريع الري والاستثمار المكثف للمياه الجوفية في معظم الأحواض المائية كي تكون مرتكزة على إدارة للموارد المائية، وتحديث الخطط المائية، وعليه لابد من مسح شامل لهذه الموارد وحصرها بشكل دقيق، وتأسيس قاعدة بيانات ومعلومات على مستوى المملكة تهدف إلى جمع وتوفير وتصنيف المعلومات المتوافرة وتقييمها ومعالجتها، واستعمال الحاسب الآلي في المدخلات والمخرجات ونقل المعلومات وإعداد التقارير السنوية التي تصنف النشاطات التالية:

١ - توافر المياه ونوعيتها واستعمالاتها في المجالات المختلفة.

٢ - تكثيف شبكات الرصد المائي، وتوفير التجهيزات المطلوبة واليد العاملة.

٣- تحسين نظام مراقبة المياه بمصادرها المختلفة:

أ) في مجال المياه الجوفية: تأمين عدد من المسجلات الدائمة الآلية لرصد مستويات المياه الجوفية في كل طبقة مائية، وحوض مائي جوفي، وعمل ملفات خاصة لكل بئر وفق استمارة معينة تدخل في الحاسب الآلي تتضمن بيانات حول مستويات المياه الجوفية، نوعية المياه، كمية الضخ، الطبقة المائية.

ب) في مجال المياه السطحية: التوسع في تركيب محطات آلية لإجراء قياسات عند نقطة التجمع الرئيسة للنهر والالتقاء مع الروافد، وجود حاسب مركزي بطرفيات في الأحواض المائية.

ثانياً: تقييم الموارد المائية

يعتبر تقييم الموارد المائية خطوة أساسية لتحقيق تنمية مستدامة، ويشمل إعداد سجلات مائية عن الموارد المائية المتاحة وبيان حركتها وصفاتها الهيدروليكية والكيميائية، وأعماق المياه بها وكمياتها، وتوضيح السحب والتغذية لهذه الموارد المائية، وتحديد التغيرات التي حدثت بها عبر زمن معين والتغير المتوقع مستقبلاً سواء في الخصائص الكيميائية أو الهيدروليكية. فتقييم الموارد المائية خطوة ضرورية لتحديث الخطط المائية.

ثالثاً: تطوير خطة مائية شاملة

تعتمد اعتماداً رئيساً على الموازنة بين الموارد المائية والاحتياجات وتهدف إلى:

١ - تحديد الاستعمالات الحالية والمستقبلية للقطاعات كلها حتى عام ٢٠٣٠م.

٢- تحديد كميات مياه الشرب للمدن والقرى وتحديد مصادر المياه السطحية والجوفية ذات الكمية الكافية والنوعية المناسبة.

٣- تحديد احتياجات الري حتى عام ٢٠٣٠م مع الأخذ بالحسبان الاستعمالات المتكاملة للموارد المائية.

٤- وضع خطة شاملة لتحديد وجمع ومعالجة مياه الصرف الصحي والصناعي والزراعي وإعادة استعماله.

٥- وضع خطة لمراقبة نوعية وكمية المياه.

٦- تحديد البرامج والمشاريع والبحوث لتطوير الموارد المائية ومشاريع الري وترشيد الاستهلاك.

٧- استمرار تقديم التوجيهات اللازمة لتحديث التشريعات المائية والمؤسسات العاملة في المجال المائي.

٨- تقييم القدرة البشرية.

٩- إعداد برامج مستمرة لتأهيل وتدريب الكوادر الفنية العاملة في إدارة واستثمار الموارد المائية.

رابعًا: تنمية الموارد المائية المتجددة وزيادة فعاليتها

لتحقيق التوازن بين عرض الموارد المائية والطلب عليها فإنه لابد من تنمية الموارد المائية المتجددة في المملكة بكل أشكالها من خلال سياسة واضحة تعظم الاستفادة من كل مورد مائي متجدد من خلال البرامج التالية:

١- ضرورة الحفاظ على مستويات إنتاج مياه التحلية والتي يتوقع أن تصل إلى ٢١٤٤مليون م^3 سنوياً بحلول عام ١٤٤٥هـ (٢٠٢٤م).

٢- الاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة البالغة ١٤٠٨مليون م^3 وذلك عن طريق نقلها من مناطق تواجدها إلى مناطق الاستخدام للأغراض الزراعية أو الصناعية أو التشجير أو تغذية المياه الجوفية.

٣- إعادة استخدام المياه الرمادية (مياه المغاسل والاستحمام) في المشاريع الكبيرة مثل المجمعات والقواعد العسكرية والمدن الصناعية والجامعات وغيرها.

٤- الاستمرار في إنشاء السدود لتصل السعة التخزينية لها إلى ١٥٠٠ مليون م^3 سنويا على الأقل بحلول عام ١٤٤٥هـ (٢٠٢٤م) مع الاستغلال الأمثل للمياه السطحية لكل الأغراض.

٥- التوسع في مشاريع حصد وخزن مياه الأمطار والسيول من خلال برنامج وطني مكثف تحدد فيه أماكن إنشاء هذه المشاريع في كل منطقة ومن ثم تنفيذها.

٦- دراسة اقتصاديات استيراد المياه واستخدام الطاقة النووية في تحلية المياه.

خامساً: استثمار وصيانة مشاريع الري

- تم إعطاء الأهمية لأعمال الاستثمار والصيانة من حيث تأمين التجهيزات اللازمة والأطر الفنية.
- تأمين الوسائط الحديثة لنقل المعلومات.
- تحديد دور هيكليات المنتفعين بالمياه (جمعيات مستخدمي المياه) ودورها في عملية توزيع المياه وصيانة المشاريع واستخدام التقنيات الحديثة.
- وضع خطط وبرامج لإدارة مشاريع الري في ظروف القحط من خلال تعديل الدورات الزراعية أو نسبها، ونقل المياه من موقع لآخر من خلال ربط المشاريع ببعضها واستخدام نظام المعلومات الجغرافي في إدارة المشاريع.
- تأهيل وتطوير مشاريع الري القائمة والبدء بالتحول إلى شبكات الري الحديثة.
- إعطاء الاهتمام لجودة التصميم وتنفيذ المشاريع نظراً لما لذلك من أهمية كبيرة في تحسين عملية الاستثمار وتقليل أعمال الصيانة.

سادساً: تكثيف ترشيد استهلاك المياه في كافة الاستخدامات

١- القطاعين البلدي والصناعي

- خفض نسبة الفاقد من شبكات المياه لتصل إلى ٥-١٠٪ بحلول عام ١٤٤٥هـ (٢٠٢٤م) من خلال تأسيس إدارات المراقبة وإصلاح تسربات الشبكات في جميع مدن المملكة المختلفة.
- الاستمرار في استخدام الأدوات المرشدة وتطوير الأساليب في ترشيد المياه وكذلك استخدام الأدوات الحديثة.
- إعادة تأهيل شبكات مياه الشرب واعتماد الدوائر المغلقة في الصناعة.
- التوعية في وسائل الإعلام والمناهج التعليمية.
- إصدار تعرفة جديدة لتكون حافزاً لترشيد استخدام المياه.

٢- القطاع الزراعي

- وضع برنامج وطني ثم تنفيذه لجميع مناطق المملكة الزراعية لتحويل الأراضي الزراعية المروية من الري التقليدي إلى الري الحديث.

• اتخاذ الإجراءات للتقليل من الفواقد المائية والهدروليكية في شبكات توزيع المياه، والفواقد الحقلية من خلال تطبيق تقنيات ري متطورة واعتماد البرنامج الوطني للتحول إلى الري الحديث لكامل المساحات المروية، واستخدام الري بالتنقيط في زراعة النخيل والفواكه، والتوسع في استخدام البيوت المحمية لإنتاج الخضار لارتفاع كفاءة استخدام المياه بها.

• إعادة تأهيل شبكات الري، وتركيب عدادات لقياس المياه المتدفقة من الآبار والنظر في وضع تعرفة على المياه التي تزيد عن المقننات المائية لمختلف المحاصيل.

• تبني سياسة وطنية في البحث العلمي تهدف إلى إيجاد الوسائل والطرق والبرامج لترشيد مياه الري وتقليل الاستهلاك المائي من خلال إدارة أفضل للمحاصيل واستنباط نباتات جديدة تتطلب مقننات مائية منخفضة، ومقاومة للجفاف ومتحملة للملوحة.

• إجراء دراسات لتقليل البخر.

• إزالة المخالفات والتعديلات الحاصلة على المنشآت المائية.

• التوسع في تنفيذ البحوث المائية لاستخدامات تقنيات الري المتطورة والمناسبة في الأحواض المائية كلها، وتحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل بشكل اقتصادي.

• تطوير برامج إرشادية لترشيد مياه الري واستخدام الأجهزة الحديثة والبرامج المرشدة وتوعية المزارعين بأهمية المحافظة على المياه.

• دورات تدريبية للمنتفعين بالمياه مع تعميم النشرات الإرشادية.

سابعاً: تحديث التشريعات المائية

يفتقد قطاع المياه إلى الكثير من الأنظمة التي تحدد أولويات استخدام المياه ومسئوليات وصلاحيات الهيئات الإقليمية والمحلية بالإضافة إلى عدم وجود إستراتيجية وطنية للمياه والنقص في نظم جمع وتحليل البيانات الخاصة لقطاع المياه، ولذا فإن وجود تشريع مائي حديث متكامل سيكون الأداة لتنفيذ السياسة المائية، ويهدف بالمحصلة إلى تحقيق إدارة مثلى للموارد المائية للأنشطة المعتمدة كلها لتنمية وتطوير واستعمال الموارد المائية والحفاظ عليها، وترشيد استعمالها وحمايتها من التلوث، وتأمين العلاقة الصحيحة بين حق الدولة والحقوق الخاصة، وعليه فإن هذه التشريعات تأخذ بالنواحي التالية:

- إصدار نظام شامل للمياه مع لوائح تنفيذية توضح تطبيق السياسات المائية لجميع أنواع المياه (سواء كانت مياه جوفية أو مياه سطحية أو مياه رمادية).
- الإسراع في إصدار الإستراتيجية الوطنية للمياه. مع الوضع في الاعتبار كون المياه ملكية عامة.
- تحديث المعلومات الخاصة بالموارد المائية وتقدير استهلاك القطاعات المختلفة بالإضافة إلى تطوير برامج جمع المعلومات الأساسية عن قطاع المياه واستخدام التقنيات الحديثة في ذلك.
- تحديد الموارد المخصصة مستقبلا لكل استخدام أساسي حسب ما هو موضح في الفصل الأول.
- إنشاء مجلس أعلى للمياه أو مجلس وطني للمياه تمثل فيه جميع الجهات ذات العلاقة بالإضافة إلى المستفيدين من المياه في كل القطاعات.
- معالجة حقوق استعمال المياه وترشيد استهلاك المياه وحمايتها من التلوث.
- التشدد في فرض العقوبات بما يتناسب مع الضرر الحاصل على المنشآت المائية ونوعية المياه وإحداث الضابطة المائية.
- التقدم التكنولوجي ومستجداته وانعكاساته على عملية إدارة الموارد المائية.
- مرجعية وزارة محددة والجهات العائدة لها في كل ما يتعلق باستثمار المياه الجوفية وإعطاء التراخيص والحفاظ على الثروة المائية وحمايتها من التلوث.

ثامناً: حماية نوعية المياه ومراقبة التلوث

تكتسب حماية نوعية المياه ومراقبة التلوث أهمية كبرى في ظروف محدودية الموارد المائية بهدف استخدام كامل الموارد المائية المتاحة بالشكل الأفضل وأهم الإجراءات التي تتم في هذا المجال:

- عدم تلوث المياه الجوفية.
- تنفيذ محطات معالجة مياه الصرف الصحي في الريف، كما هو في المدن.
- التحكم بتلوث مياه المصانع.
- وضع معايير ومقاييس لنوعية المياه.
- وضع معايير لصرف المخلفات وضبط التلوث.

- وضع معايير لنوعية المياه في الري.
- وضع معايير لنوعية المياه بعد المعالجة في الري واستخدامات الزراعة.
- وضع إجراءات لمراقبة نوعية المياه وتحديد مصادر التلوث.
- وضع مراقبة مستمرة لنوعية المياه في الري.
- دراسة تأثير استخدام المياه المعالجة في التربة والإنسان.
- تطوير منهجيات تقييم التأثير البيئي لمشاريع الري.

تاسعاً: اتباع البدائل الاستثمارية في المناطق الزراعية

ويمكن تنفيذ البدائل الاستثمارية من خلال البرامج التالية:

- تبني الاستثمار الخارجي و المساعدة في تمويل زراعة القمح والأرز والأعلاف من دول محددة.
- دراسة الفرص الاستثمارية الزراعية في الدول التي سيتم اختيارها لزراعة القمح والأرز والأعلاف.
- إيجاد فرص استثمارية في مجالات مختلفة (صناعية وسياحية) في المناطق المتوقع تقلص النشاط الزراعي بها.
- إيجاد آلية لشراء المعدات الزراعية أو التعويض عنها في المناطق المتوقع تقلص النشاط الزراعي بها، واستعمالها في دول أخرى مثل السودان.

عاشراً: اتباع تركيب محصولي حديث يوفر في المياه

إن اتباع تركيب محصولي حديث يساهم في توفير المياه ويعمل على أن يساهم القطاع الزراعي في الاقتصاد الوطني ويجعله يغطي جزءً من الاحتياجات الاستهلاكية المتوقعة على أن يتم توفير بقية الاحتياجات خاصة ذات الاحتياجات المائية العالية، من السوق العالمي وذلك باتباع البرامج التالية:

- إعادة هيكلة التركيب المحصولي أو الأنشطة الإنتاجية ومستوياتها المقترحة على مختلف مناطق المملكة بناءً على مبدأ الميزة النسبية.
- تخفيض الطلب على المياه المستخدمة في الزراعة من خلال اتباع السياسة المقترحة بتخفيض زراعة الأعلاف بنسبة تصل إلى ٨٠٪ بحلول عام ١٤٤٥هـ (٢٠٢٤م) ووقف زراعة القمح خلال الثماني سنوات القادمة وفي وقت أقل من ذلك إن أمكن.

• التركيز على التوسع الزراعي الرأسي، أي تحقيق زيادة لإنتاجية بعض المحاصيل في مناطق معينة استنادا إلى الإمكانيات الفنية والمناخية التي تتمتع بها كل منطقة، بالإضافة إلى دعم الجمعيات التعاونية الزراعية لتفعيل دورها في توفير مستلزمات الإنتاج وفقا لأفضل التقنيات الحيوية والهندسية والكيميائية.

• التوسع في زراعة بعض المحاصيل التي تتوافق مع طبيعة مناطق الدرع العربي.

• وضع التشريعات والمواصفات القياسية لزراعة الأعلاف.

• مراقبة سلامة الأعلاف.

• الاستمرار في منع تصدير الأعلاف الخضراء مع تيسير استيرادها وتقديم التسهيلات الائتمانية للمستثمرين في زراعة الأعلاف الخضراء خارج المملكة بغرض تصديرها للمملكة.

• التوسع في استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة حول المدن لاستخدمها في إنتاج الأعلاف.

الحادي عشر: تطوير البرامج البحثية

بحيث تشمل التنقيب والاستكشاف عن مصادر مائية جديدة، والتنمية والتطوير والتخطيط المستقبلي لاستثمارها مستقبلاً، وعلى الرغم من وجود تطور حديث ومتجدد في مجال الدراسات للموارد المائية في الحقول وميادين الجيولوجيا والجيوفيزياء والهيدروميتورلوجيا، والهيدروجيولوجيا، فإن المملكة بحاجة للاستمرار في تنفيذ بحوث ودراسات في مجالات عديدة نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر ما يلي:

• الاستمرار في دراسات الموازنة المائية.

• الاستمرار في تطوير شبكات الرصد المائية السطحية منها والجوفية.

• وضع النماذج الهيدروجيولوجية للمناطق ذات التنمية المرتفعة في استثمار الموارد المائية.

• الاستمرار في بذل الجهود والبحوث المتعلقة بتحديد السطح الفاصل بين المياه الجوفية العذبة والمياه المالحة في المناطق الساحلية والمناطق الداخلية.

• الاستمرار في حوسبة وتخزين ومعالجة واسترجاع المعطيات الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية المدخلة للحاسوب.

• مراجعة التشريع المائي بشكل دائم ومستمر.

• التنقيب عن المياه الجوفية العميقة في الطبقات المائية الجوفية العميقة.

• الاستمرار في المشاريع والدراسات التي تنفذ بخصوص التغذية الاصطناعية للطبقات المائية الجوفية في المناطق شبه الجافة من البلاد.

• الاستمرار بالدراسات المتعلقة باعتماد الأساليب الحديثة في الري الزراعي.

• الاستمرار بالأبحاث والدراسات الخاصة بالاستفادة من رواجع المياه غير التقليدية ومياه الصرف الزراعي والصحي والصناعي بعد المعالجة وتحديد صلاحيتها للاستعمالات الزراعية، بالإضافة إلى تغذية المياه الجوفية وحصاد المياه.

الثاني عشر: تكوين وإدارة المخزون الاستراتيجي لأهم السلع الغذائية

يعتبر الاحتفاظ بمخزون إستراتيجي لأهم السلع الغذائية من أساسيات الأمن الغذائي للدولة، كما أن وجود المخزون الإستراتيجي يؤدي إلى الاستقرار النسبي في أسعار المواد الغذائية ومن ثم الحد من العوامل التضخمية التي تدفع الأسعار نحو الارتفاع ويتم تكوين وإدارة المخزون الإستراتيجي من خلال عدة برامج وآليات أهمها ما يلي:

• تكوين لجنة عليا لإدارة المخزون الاستراتيجي لأهم السلع الغذائية تشارك فيها الجهات الحكومية ذات العلاقة مع القطاع الخاص.

• قيام اللجنة العليا التي سيتم تشكيلها بإعداد دراسات المخزون الإستراتيجي ومقدار الفائض والعجز في المخزون الإستراتيجي، بالإضافة إلى دراسة الأسواق الخارجية والتخطيط الأمثل لمصادر الاستيراد من الخارج وتحديد مقدار فاتورة الواردات اللازمة لتكوين المخزون الإستراتيجي.

• توفير التمويل اللازم لتكوين المخزون الإستراتيجي لأهم السلع الغذائية وفقاً لخريطة الاستيراد من الخارج من ناحية والسلع التي يتم توفيرها من الاستثمار الخارجي من ناحية أخرى.

• حث كبار التجار والمستوردين والغرف التجارية بالمملكة على المساهمة في عمليات التدوير والتجديد للمخزون الإستراتيجي.

زيادة وتنمية الموارد المائية غير التقليدية

إن الاستخدام الحالي للمياه غير التقليدية لا يزال محدودًا، ولا يزال هناك مجالاً كبيراً للتوسع في استخدام هذه الموارد. غير أن الأمر يستلزم جهودًا كبيرة في مجالات التطوير التقني، وخفض التكلفة، وتخفيف الآثار السلبية

البيئية والزراعية لها. وكذلك لابد من وضع الضوابط الفنية والتشريعية التي تكفل سلامة استخدام هذه الموارد في برامج التنمية الاجتماعية والاقتصادية.

١ - تحلية مياه البحر

تمثل المياه المحلاة مصدراً رئيساً من مصادر المياه في المملكة العربية السعودية ودول مجلس التعاون الخليجي، نظرًا لندرة موارد المياه التقليدية، وعليه يتم العمل في المجالات التالية:

أ) تعزيز وتمويل الأبحاث لإيجاد تقنيات وطرق حديثة لخفض تكلفة تحلية مياه البحر.

ب) استخدام المياه الجوفية المالحة.

ج) بناء محطات تحلية جديدة لسد المتطلبات.

د) تصميم وتشغيل وإدارة مرافق التحلية، مع تقييم اقتصاديات التحلية لتقليل تكاليف الإنتاج، والبحث في خيارات خصخصة مرافق التحلية.

٢ - إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي

تمثل مياه الصرف الزراعي المجال الأوسع لإعادة استخدام المياه العادمة، وذلك للأسباب الآتية:

أ) أن كميات مياه الصرف الزراعي كبيرة للغاية مقارنة بالمياه العادمة من الصرف الصحي والصناعي.

ب) أن مكونات التلوث في الصرف الزراعي معروفة، ويمكن السيطرة عليها. وهناك إمكانية خلطها بالمياه العذبة بسهولة، لإيجاد معدلات مناسبة للاستخدام بعد الخلط. وهناك تجارب رائدة وعديدة في بعض دول المنطقة منها مصر. وقد يكون استخدام هذه المياه محصورًا في ري بعض الإنتاج الزراعي غير المرتبط بالغذاء مباشرة، مثل الحدائق والميادين العامة وإنتاج الزهور وما يشبه ذلك من إنتاج زراعي مروي، على أن تستعمل بحذر شديد للحفاظ على التربة.

ج) تطبيق النظم الزراعية الحديثة المقتصدة في المياه واستخدام محسنات التربة من أجل رفع كفاءة التخزين والخصوبة وتحسين نوعية مياه الصرف الزراعي لإعادة استخدامها.

٣ - إعادة استخدام مياه الصرف الصحي

تتطلب الاعتبارات البيئية والصحية التخلص من مياه الصرف الصحي بصورة منتظمة وآمنة. ولقد اتضح أن أفضل وسيلة للتخلص منها هو إعادة استخدامها بعد معالجتها. لهذا فإن إعادة الاستخدام تخدم غرضين

أساسيين، أولهما التخلص الآمن من هذه المياه العادمة، وثانيهما توفير موارد مائية إضافية، يمكن بها زراعة الأشجار غير المثمرة والزراعة التجميلية، ولذا يجب التطرق إلى:

أ) اختيار تقنيات المعالجة المناسبة وتشجيع البحث العلمي في تطويرها.

ب) دراسة اقتصاديات المعالجة لتقليل التكاليف.

ج) تقويم وتحليل الاتجاهات الحالية والمستقبلية لزيادة كميات المياه العادمة المتاحة كمصدر مائي غير تقليدي وطرق الاستفادة منها بإعادة استخدامها.

د) الإدارة المتكاملة للمياه العادمة (خفض إنتاج المياه العادمة، التجميع، المعالجة، وإعادة الاستخدام) للتحكم في التلوث ولرفع كفاءة استخدام المياه.

هـ) دراسة معايير إعادة الاستخدام للأغراض المختلفة وضوابط التصريف في البيئة البحرية والبرية لمنع التلوث.

٤- إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي

قد يكون لهذا الاستخدام محاذير كثيرة، لما تحتويه مياه الصرف الصناعي من ملوثات - مثل معادن ثقيلة ومواد سامة - ولكن التطور العلمي الجاري حاليًا قد يجد الوسائل الآمنة لمعالجة هذه المياه لإعادة استخدامها أو تطبيق الطرق والمعايير للتخلص منها. وعلى كل حال فإن الصرف الصناعي حالياً يخضع لقوانين صارمة للغاية، ولمتطلبات بيئية حازمة وقواعد ومواصفات تشغيلية ملزمة تتحمل معها الصناعات كل التبعات القانونية. وهذا التشدد يجعل المعنيين بالصرف الصناعي الأكثر اهتماماً بالعمل على معالجة هذه المياه.

زيادة وتنمية الموارد المائية التقليدية

تشمل مجالات زيادة الموارد المائية التقليدية المتاحة للاستخدام ما يلي:

١- مشاريع زيادة إيراد المياه السطحية بتقليل الفواقد المائية في المسطحات المائية الكبرى.

٢- دراسة الأحواض المائية الجوفية بدقة لمعرفة الإمكانات المتاحة للاستخدام دون تعريض الموارد المائية لأي عواقب سالبة، من ناحية تدهور نوعيتها أو ارتفاع تكاليف سحبها، بسبب انخفاض مناسيبها أو تداخل الأحواض بعضها مع بعض.

٣- الاستخدام الأمثل والتنظيم الكفء لمياه الري ومياه البلدية عن طريق رفع كفاءة نقل المياه وكفاءة الري الحقلي، واستخدام النظم الزراعية الحديثة المقتصدة في المياه مع محسنات التربة من أجل رفع كفاءة التخزين والخصوبة. وكذلك كشف التسربات والتقليل من الفواقد في الشبكات وداخل المنازل.

تنمية الموارد المائية

إن محدودية الموارد المائية التقليدية وغير التقليدية وعجزها عن تلبية المتطلبات المتنامية يتطلب الاستقصاء والتحري عن موارد مائية إضافية غير تقليدية وزيادة كفاءة الاستخدام والجدوى الاقتصادية من المياه التقليدية لاسيما أن التكنولوجيا المتقدمة جعلت استعمال مثل هذه التقنيات ممكنًا اقتصادياً.

يتم تنمية الموارد المائية واستحداث موارد مائية جديدة، وذلك بإقامة السدود والخزانات المائية، وهناك أسلوب إعادة شحن الصخور بالمياه (خزانات الصخور) كبديلٍ عن استعمال السدود، وقد يصبح بديلاً أفضل من المنظور الاقتصادي ومن مميزاته تقليل الفاقد من المياه عن طريق التبخر.

وهناك مشاريع تجري لتقليل الفاقد من تبخر المياه من أسطح الخزانات والمجاري المائية، وذلك بحفر أنفاق مستقيمة مغلقة لاختصار الطريق المتعرج للمجرى المائي في المناطق المتسعة والضحلة حيث يضيع من وراء ذلك جزء كبير من المياه بالتبخير والتسرب والجريان المبعثر. كذلك يمكن التقليل من تبخر المياه باللجوء إلى تغطية القنوات المكشوفة أو استخدام المواسير المطمورة في حالة نقل تدفقات كبيرة من المصادر المائية إلى الحقول عبر قنوات ترابية مكشوفة حيث (وجد أنّ الفاقد بالتبخير والتسرب من هذه القنوات يبلغ قرابة ٤٠٪، وهو لكونه فاقداً هائلاً فإنّه أيضاً يرفع مناسيب المياه في التربة ويؤدي إلى تملحها). وفي حالة استخدامنا للمجاري أو القنوات لنقل المياه وتوزيعها على الأراضي الزراعية (للري) فمن الأفضل إذا كانت هذه المسافات التي ستقام عليها القنوات أو المجاري المائية ذات تربة رملية لابد من تبطين هذه المجاري بالأسمنت لتقلل من تسرب المياه عبر حبيبات التربة وعدم الاستفادة منها للغرض المرجو وهو ري أراضي بعيدة عن مصدر المياه.

وتنمية المصادر المائية تتم أيضاً بطرق شتى منها الاقتصاد في استخدام المياه وترشيدها في الزراعة عن طريق استخراج اللازم فقط للزراعة وزراعة المحاصيل التي لا تستهلك المياه والابتعاد عن المحاصيل غير الاقتصادية التي تستهلك المياه. كما يمكن ترشيد المياه في الزراعة وتنميتها عن طريق استحداث طرق ري حديثة مثل الري بالتنقيط أو الرش لخفض المقننات المائية وتوفير كميات كبيرة من المياه. وقد أصبحت تنمية الموارد المائية مطلباً ضرورياً في ظل الأوضاع الحالية للمياه.

كذلك يمكن تنمية المياه غير التقليدية مع وجود التقنيات الحديثة بزيادة استخدام مياه الصرف وحصاد الأمطار والاستمطار وتحلية المياه المالحة.

دور جمعيات مستخدمي المياه

١ - تشجيع المزارعين على اتباع طرق الري الحديث، وذلك بإدخال شبكة الري الحديثة.

٢ - المساهمة بإيجاد الحلول اللازمة للتخفيف من أزمة المياه.

٣- تشجيع المزارعين للاستفادة من مياه السيول والأمطار.

٤ - شرح الأزمة المائية التي تمر بها بلادنا للمزارعين.

٥ - حث المزارعين للتقليل من المحاصيل غير الاقتصادية والمستهلكة للمياه.

٦ - تكون همزة الوصل بين المزارعين في المناطق المختلفة وبين الجهات المختصة بالنشاط الزراعي والاستخدامات المائية.

٧- مشاركة الجهات ذات العَلاقة في إدارة وحماية المياه الجوفية.

٨- العمل على تدريب أفراد الجمعية وتأهيلهم لإدارة وصيانة مصادر المياه.

٩- حماية مصالح أعضاء جمعيات مستخدمي المياه.

دور التوعية المائية

تسعى إدارة التوعية بشكل خاص والإدارة العامة للهيئة بشكل عام إلى إشراك المجتمع المحلي متمثلة بقطاع مستخدمي المياه في مشكلة استنزاف المياه الجوفية وتلوثها والتي أصبحت هماً يلازمها في ظل التغيرات والمشاكل الناجمة عن قلة الموارد المائية.

لقد أصبحت المسؤولية الملقاة على عاتق إدارة التوعية المائية كبيرة في إيصال المفهوم الصحيح لمشكلة المياه بشكل رسائل توعية ولقاءات حقلية وغيره من الطرق التي تسعى للحد من هدر المياه العشوائي. ولكن إدارة التوعية ما هي إلا بضعة أفراد، لن يتمكنوا ولو بذلوا أقصى الجهود في الوصول والتغطية لكل المتعاملين مع المياه في القطاع الزراعي، وأصبح من الضروري الاستعانة بمختلف القطاعات للمساعدة في شرح الأزمة وإيجاد الحلول المناسبة. ففي قطاع التعليم تمّ الاستعانة بأصدقاء المياه في المدارس، وفي قطاع الأوقاف تمّ الاستعانة بأئمة المساجد وفي قطاع الزراعة تم الاستعانة بجمعيات مستخدمي المياه.

إنّنا نعتبر جماعات مستخدمي المياه همزة الوصل بين الهيئة كجهةٍ مسئولة عن المياه وبين جميع المستفيدين من المياه في قطاع الزراعة، ولا يتم التعامل مع المزارعين إلا من خلال هذه المجموعات المشكلة من بين أوساطهم وحتى تزداد الثقة وصدق توجيهات الهيئة العامة للموارد المائية.

مهام التوعية المائية في قطاع مستخدمي المياه

١ - اللقاءات الحقلية مع المزارعين وشرح مشكلة المياه ومناقشتها معهم.

٢- إيصال مفهوم التوعية للمستفيدين من المياه بالمحاضرات ومواد التوعية المختلفة كالملصقات والكتيبات والتي من شأنها التعريف بالمشكلة.

٣- حث المزارعين بضرورة الإبلاغ عن أية تجاوز مثل الحفر العشوائي.

٤- زرع روح المسؤولية الجماعية في أوساطهم، لأنّ المشكلة تخص الجميع.

٥- حث المزارعين للابتعاد عن طرق الري القديمة واستخدام طرق الري الحديثة.

٦- حث المزارعين على التقليل من زراعة المحاصيل المستهلكة للمياه أو استبدالها بمحاصيل اقتصادية أخرى.

٧- البحث معهم عن الحلول المناسبة لتجاوز الأزمة.

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

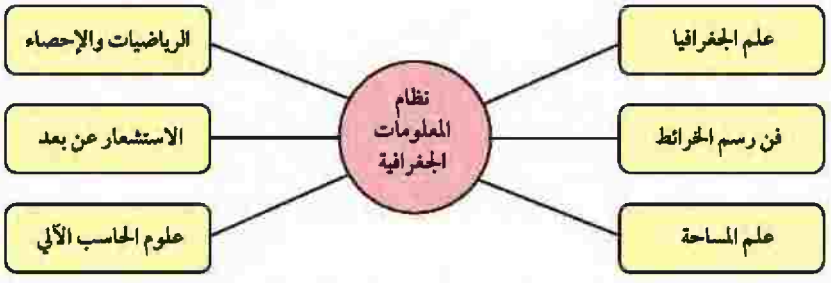
يمكن تعريف نظم المعلومات الجغرافية بأنها نظم حاسوبية لجمع وإدخال ومعالجة وتحليل وعرض وإخراج المعلومات الجغرافية الوصفية لأهداف محددة تساعد على التخطيط واتخاذ القرارات المختلفة، بحيث تتمكن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من إدخال المعلومات الجغرافية (خرائط، صور جوية، مرئيات فضائية) والوصفية (أسماء، 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.

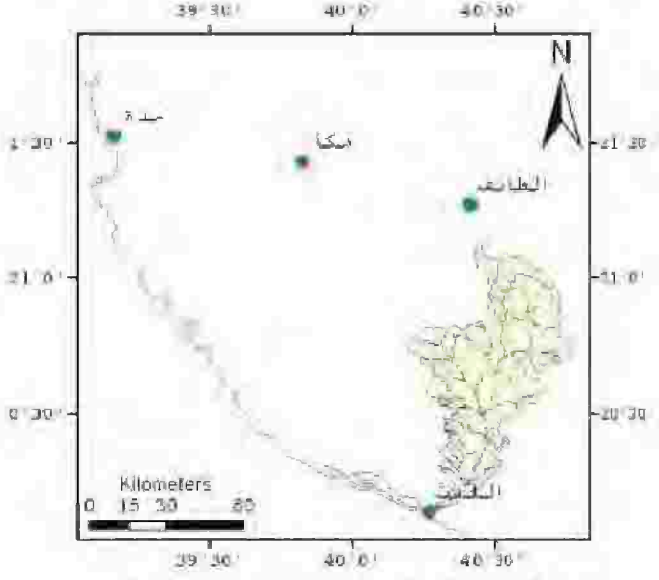
بعد ذلك إنشاء الخريطة الطبوغرافية من حسابات وباستخدام برامج الحاسب الآلي المتخصصة. ومنها تم تحديد المنخفضات في المنطقة التي تم رفعها، وحساب مساحة وحجم كل منخفض وتمثيلها في جداول وأشكال بيانية.

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".

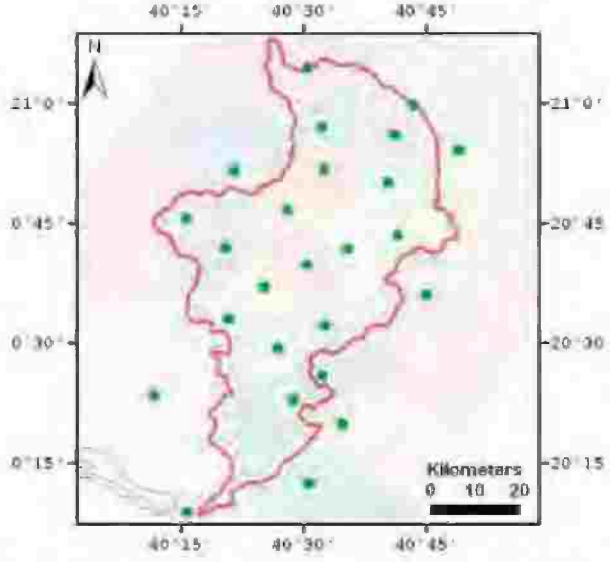


الشكل رقم (٣, ٥). الموقع العام لوادي الليث.

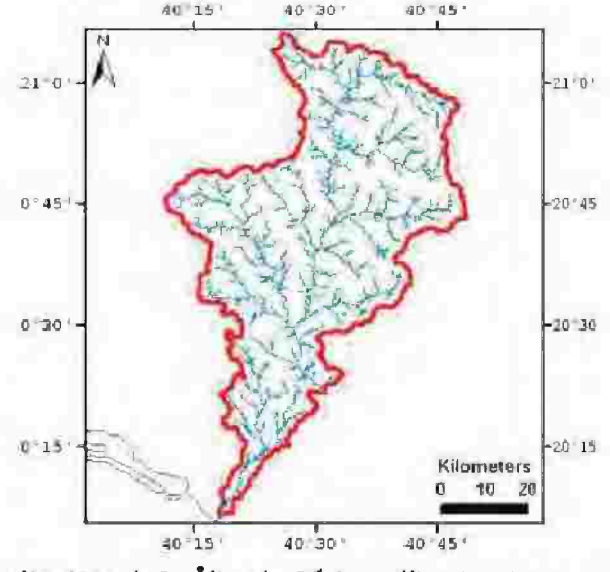
تساعد نظم المعلومات الجغرافية في الحصول على البيانات المطلوبة بطريقة آلية وبدقة متناهية وبسرعة أكبر من الطرق اليدوية التقليدية، وتتنوع الاستفادة من نظم المعلومات الجغرافية في مجال السدود تنوعاً كبيراً بحسب الغرض ومن هذه التطبيقات ما يلي:

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.

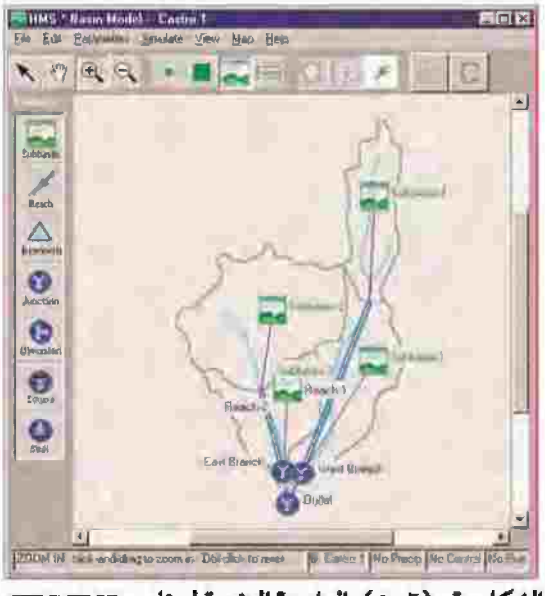


الشكل رقم (٥ , ٥). حدود حوض وادي الليث وشبكة مجاري الأودية باستخدام نماذج الارتفاعات الرقمية.

(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.

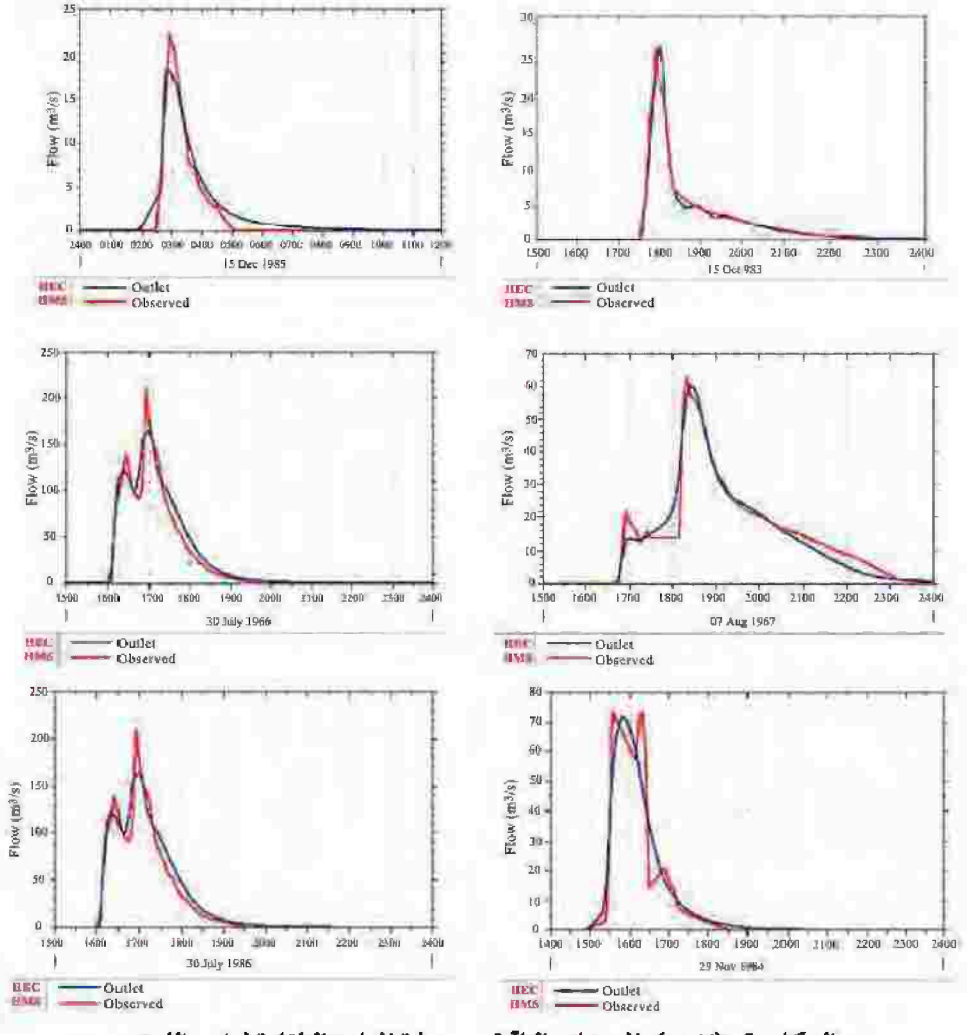


الشكل رقم (٦ , ٥). الواجهة الرئيسة لبرنامج (HEC-HMS).

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.

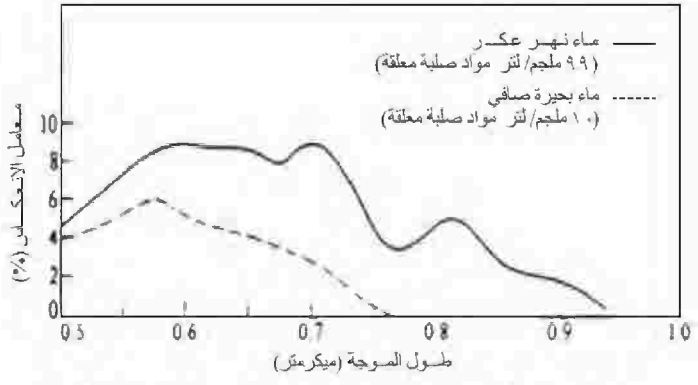
٢- دراسة تلوث البيئة المائية

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.