# مناقشة حلول مشاكل المياه في المناطق الجافة من منظور الطريقة الهندسية

علي محمد علي رشدي

قسم الهندسة الكهربائية وهندسة الحاسبات، جامعة الملك عبد العزيز،
ص.ب. 80204 ، جدة 21598،
arushdi@kau.edu.sa

**المستخلص**

تعرف الطريقة الهندسية بأنها استراتيجية استخدام الإجراءات التجريبية لإحداث أفضل التغييرات في موقف مفهوم جزئيا وظنيا باستخدام الموارد المتاحة. وتتكون استراتيجية حل المسائل والمشاكل الهندسية الأكثر شهرة من خمس خطوات رئيسة. الخطوة الأولى هي تعريف المشكلة الحقيقية، مع تقويم التعريف الناتج والتأكد من التزامه بجميع المتطلبات. يلي ذلك الخطوة الثانية التي تعمل على توليد أكبر عدد من الحلول دون النظر إلى أية قيود وذلك باستعمال أسلوب العصف الذهني. الخطوة الثالثة هي خطوة تقرير أو تحديد أفضل الأفكار أو الحلول المتاحة وذلك بقياسها إلى صنفين من المعايير الإيجابية هما معايير الضرورات ومعايير الرغبات، مع النظر أيضا إلى معايير سلبية هي المحذورات أو المخوفات. يلي ذلك الخطوة الرابعة التي تتضمن تنفيذ الحل المختارمع الاستمرار في المتابعة والتأكد من استيفاء أهداف الحل والاطمئنان إلى كون الإنجاز بالجودة المطلوبة وفي الموعد المحدد ووفقا للميزانية المقررة. وتتخلل الخطوات السابقة وتعقبها الخطوة الخامسة التي يتم فيها تقويم الحل والاطمئنان إلى كونه حلا منطقيا أخلاقيا آمنا يفي بجميع القيود الشرعية والنظامية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية. تتم مناقشة حلول مشاكل المياه في المناطق الجافة من خلال تطبيق الاستراتيجية السالفة مع إدخال تعديلين هامين عليها. يحقق التعديل الأول ازدواجية خطوة توليد الحلول، إذ لا يكتفي بالعصف الذهني الذي يستهدف توليد حلول إبداعية غير مألوفة، بل يعززه ويردفه باستعراض مستنفد للحلول التقليدية المطروقة في أدبيات الموضوع. أما التعديل الثاني فيتطلب ألا يكون الحل الأمثل حلا منفردا بسيطا، بل يجعله حلا مركبا من عدة حلول غير متنافية، ويؤدي إلى تعظيم كمية مرغوبة مستهدفة. توفر هذه الورقة هيكلا جديدا منظما للتفكير بنوعيه الإبداعي والنمطي حول معالجة مشاكل المياه، وأيضا لإدماج آراء الخبراء المعنيين في صياغة موحدة موزونة.

**الكلمات الدالة:** مشاكل المياه، الطريقة الهندسية، التفكيرالإبداعي والنمطي، تصنيف الحلول، آراء الخبراء.

## 1. مقدمة

يشكل الماء 70% من جسم الإنسان، ويتمتع الماء بخصائص كيميائية فريدة تجعله المذيب الذي تجري فيه العمليات الكيميائية الحيوية. ومثل كثير من الكائنات الحية، يبقى الإنسان على قيد الحياة بضعة أسابيع بدون طعام اعتمادا على مخزون جسده من الدهون، ولكنه لا يصمد أربعة أيام بدون ماء. وحاجة الكائنات الحية للماء حاجة مباشرة لكونه الضرورة الأولى للحياة فضلا عن حاجة غير مباشرة لكونه المنبع الرئيس للأ كسيجين والكربوهيدرات (مائيات الكربون)، وهما بدورهما من ضرورات الحياة في صورتها المعروفة لنا.

ويسمى كوكب الأرض بكوكب الماء إذ يغطي سطحه 1.3 بليون كيلو متر مكعب من الماء، ولكن معظم هذا الماء غير عذب أو غير سائل، إذ إن 97% منه مالح، ومعظم الباقي منه يوجد في الحالة الجامدة كجليد عند القطبين. وما يتوفر من الماء العذب السائل يبلغ 8.2 مليون كيلو متر مكعب من المياه الجوفية، و40 ألف كيلو متر مكعب في المياه السطحية كالأنهار. أما صافي المتوفر من ماء المطر (وهو الفارق بين التكثف والتبخر على اليابسة) فلا يتجاوز 47 ألف كيلو متر مكعب سنويا، وبالطبع لا تتوزع هذه الكمية بانتظام على اليابسة (Zeman et al., 2006).

والذي يهمنا هنا هو المناطق الجافة حيث تتفاقم مشكلة نقص المياه إذ يقل الماء العذب المتاح عن 1700 متر مكعب لكل نسمة سنويا، وهو ما يعني أن الحصة المائية التي تخص كل إنسان (ويفترض فيها الوفاء بكافة احتياجاته المائية المباشرة وغير المباشرة) لا تبلغ خمسة أمتار مكعبة في اليوم الواحد. وبحلول عام 2020م سوف يبلغ عدد البشر الذين يعانون نقص المياه نحو 3.4 بليون نسمة، معظمهم من سكان المناطق الجافة (Sallenave and Cowley, 2004). ووفقا لاستطلاع أجرته هيئة الأمم المتحدة ، تأتي مشكلة المياه في المرتبة الثانية ضمن أهم القضايا التي تواجه البشرية في القرن الحالي (van der Helm, 2003)، كما تعتبر هذه المشكلة أحد أبرز العوائق التي قد تعرقل التنمية المستدامة في كوكب الأرض ككل وفي المناطق الجافة بصفة خاصة. كذلك تنذر مشكلة المياه بنشوء العديد من الصراعات والحروب الإقليمية (Swain, 2001). ولا تكمن مشكلة المياه في شحها وندرتها فحسب، بل تتفاقم المشكلة بسبب ما تتعرض له موارد المياه من إساءة الاستخدام وفساد الإدارة وجور الاستغلال ناهيك عن التلويث المتعمد. ويعيب معظم الدراسات التي تتناول المشكلة أنها تتعامل مع كل مورد من موارد المياه على حدة، وأنها تجعل اليابسة لا الماء محور اهتمامها (Ahmed, 2001). وتقسم معظم المراجع الاحتياجات للمياه العذبة السائلة إلى استعمالات ثلاثة رئيسة هي الاستعمالات الزراعية والمعيشية المنزلية (domestic) والصناعية. وهذا التقسيم يغفل احتياجا رابعا بالغ الأهمية هو احتياج النظم البيئية الحيوية الطبيعية. وفهمنا لطبيعة هذه الاحتياجات يساعدنا على إيجاد وسائل لتلبيتها ومن ثم على حل مشكلة نقص المياه.

إن هدف ورقة البحث هذه هو دراسة استعمال الطريقة الهندسية واستراتيجيتها الإبداعية بصورتها الأصلية وبصورة معدلة لها في مناقشة بعض مشاكل المياه، وبصفة خاصة مشكلة نقص المياه في المناطق الجافة. ومن ثم توفر هذه الورقة هيكلا جديدا منظما للتفكير بنوعيه الإبداعي والنمطي حول معالجة مشاكل المياه، وأيضا لإدماج آراء الخبراء المعنيين في صياغة موحدة موزونة. كذلك تقدم الورقة استعراضا وتصنيفا (taxonomy) موجزا لعائلات الحلول المعروفة لمشكلة نقص المياه في المناطق الجافة، مع إبراز مكانة حلول الترشيد ضمن منظومة الحلول الكلية. والمأمول أن يساعد أسلوب التصنيف هذا على تطوير الدراسات المتعلقة بحل هذه المشكلة. ومعلوم ما قد كان للتصنيف من جدوى في ارتقاء علوم أساسية كثيرة كعلوم الكيمياء والأحياء والرياضيات والمحساب، وكذلك في تأطير دراسات عديدة مثل دراسات التعلم في المجالات الذهنية والوجدانية والنفسحركية.

تشتمل هذه الورقة على سبعة فصول تبدأ بفصل المقدمة الحالي. يعرض الفصل الثاني وصفا موجزا للطريقة الهندسية المعاصرة ولأشهر استراتيجيات حل المسائل والمشاكل الهندسية. ويتبع ذلك الفصل الثالث موضحا خصائص الإبداع والإبداعية فيما يتعلق بحل المشاكل. يسعى الفصل الرابع لاستكشاف العلاقة بين طريقة تعريف المشكلة وأساليب توليد حلولها، ويتخذ من المشكلة الرئيسة لنقص المياه في المناطق الجافة نموذجا، وكفائدة إضافية يمثل هذا الفصل استعراضا وتصنيفا موجزا لعائلات الحلول المعروفة لهذه المشكلة. يقترح الفصلان الخامس والسادس إدخال تعديلين هامين على الاستراتيجية الموضحة في الفصل الثاني عند استخدامها لمناقشة مشكلة شح المياه في المناطق الجافة. يدرس الفصل الخامس ازدواجية خطوة توليد الحلول لتجمع بين الحلول الإبداعية والتقليدية، بينما يشير الفصل السادس إلى ضرورة تعديد الحلول وكيفية الجمع بينها مع الأخذ بأحسنها. وختاما يضيف الفصل السابع بعض التعليقات الإضافية ويبين فرصا لبعض الدراسات المستقبلية.

## 2. الطريقة الهندسية وأشهر استراتيجياتها

تعرف الطريقة الهندسية (Engineering Method) بأنها استراتيجية استخدام الإجراءات التجريبية لإحداث أفضل التغييرات في موقف مفهوم جزئيا وظنيا باستخدام الموارد المتاحة (Koen, 1987). وقد ظفرت الطريقة الهندسية باسمها هذا لكونها بلا منازع أكثر الوسائل فعالية في حل المشاكل الهندسية عموما وفي التصميم الهندسي بصفة خاصة. وقد اكتسبت الطريقة الهندسية المعاصرة سماتها الحالية متأثرة بإسهامات بوليا (Polya) في الطريقة الرياضية (Mathematical Method) (Polya, 1985; Starfield et al., 1994). وثمة استراتيجيات عديدة تتبنى الطريقة الهندسية وتقوم بحل المسائل والمشاكل الهندسية. وتتفاوت هذه الاستراتيجيات في أعداد خطواتها رغم التشابه الكبير فيما بينها (Vidal, 2009). وتتكون الاستراتيجية الأكثر شهرة والمستخدمة كثيرا في التصميم الهندسي (Fogler and LeBlanc, 2008) من خمس خطوات رئيسة هي خطوات التعريف (definition) والتوليد (generation) والتحديد أو التقرير (decision) والتنفيذ (implementation) والتقويم (evaluation):

- الخطوة الأولى هي **تعريف** المشكلة الحقيقية من خلال جمع المعلومات عنها واتباع إجراءات محددة منها طريقة تحديد الحالتين الراهنة والمرغوبة وطريقة مخطط دنكر (Duncker diagram) وطريقة تكرار إعادة الصياغة. يلزم التمهل بعد ذلك لتقويم التعريف الناتج والتأكد من موافقته والتزامه بجميع المتطلبات والقيود.

- يلي ذلك الخطوة الثانية التي تعمل على **توليد** أكبر عدد ممكن من الحلول المتخيلة دون النظر إلى أية قيود أو ضوابط وذلك باستعمال أسلوب اشتهر باسم العصف الذهني (brainstorming) (ولكننا نفضل تسميته الوابل الذهني للدلالة على غزارة مايتولد عنه من أفكار لأن الوابل هو المطر الغزير)، ثم تجميع الأفكار أو الحلول المتقاربة والمتآلفة التي يمكن أن ينتظمها عنوان شامل في مجموعات عمودية تمثل أفرع شجرة الأفكار (idea tree). وعندما يضمحل العصف الذهني ليصبح مجرد طل ذهني (braindrizzling) يمكن تنشيطه مرة

أخرى بعدة وسائل منها (أ) استعمال طريقة محفزات أوسبورن (Osborn) للتفكير الرأسي أو النمطي (vertical thinking) التي تؤدي إلى توليد أفكار شبيهة بالأفكار السابقة، ومن ثم تؤدي إلى زيادة عمق شجرة الأفكار، و(ب) استعمال طريقة التحفيز العشوائي للتفكير العرضي أو غير النمطي (lateral thinking) التي تؤدي إلى توليد أفكار تختلف جذريا عن الأفكار السابقة، ومن ثم تؤدي إلى زيادة عرض أو اتساع شجرة الأفكار.

- الخطوة الثالثة هي خطوة **تقرير** أو **تحديد** إذ تتطلب اتخاذ قرار بشأن اختيار أفضل الأفكار أو الحلول المتاحة وذلك بقياس أو نسبة جميع الأفكار المتوفرة أو مجموعة منتقاة منها إلى صنفين من **المعايير الإيجابية** هما (أ) معايير **الضرورات** (musts) التي ينبغي أن يفي بها أي حل مقترح، حيث يجري حذف الحلول التي لا تحقق واحدة أو أكثر من هذه الضرورات، و(ب) معايير **الرغبات** (wants) التي تعطى كل واحدة منها وزنا محددا، ثم يقاس كل حل مقترح في مقابل كل رغبة بإعطائه درجة مناسبة، وبضرب هذه الدرجة في وزن الرغبة ينتج رصيد جزئي لنقاط هذا الحل، ويتم الحصول على الرصيد الكلي لكل حل بجمع أرصدته الجزئية، ويكون الحل المعتمد هو صاحب أكبر رصيد شريطة أن يتم التأكد من أن تنفيذه لا يمثل جوانب سلبية أو ضارة تفوق تلك التي للحلول المنافسة. وبعبارة أخرى، يجب أن يؤخذ في الحسبان **المعايير السلبية** التي نسميها **المحذورات** أو المخوفات أو العواقب المناوئة (adverse consequences).

- يلي ذلك الخطوة الرابعة التي تتضمن **تنفيذ** الحل المختار من خلال إقراره من الجهات الأعلى المختصة، ثم التخطيط لتنفيذه مع مراعاة المراحل الحرجة في التنفيذ، ثم إنجاز أعمال التنفيذ مع الاستمرار في المتابعة والتأكد من استيفاء أهداف الحل والاطمئنان إلى كون الإنجاز بالجودة المطلوبة وفي الموعد المحدد ووفقا للميزانية المقررة.

- وتتخلل الخطوات السابقة كما تعقبها الخطوة الخامسة التي يتم فيها **تقويم** الحل والتحقق من جميع المعلومات والافتراضات التي بني عليها والتأكد من كونه علاجا مقبولا للمشكلة الأصلية الحقيقية مع النظر في جميع عواقبه والاطمئنان إلى كونه حلا منطقيا أخلاقيا آمنا يفي بجميع القيود الشرعية والنظامية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية وما إلى ذلك.

### 3. حول الإبداع والإبداعية

إن مقاربات وأساليب الهندسة تستهدف الحصول على حلول مستدامة (sustainable) تفي باحتياجات الحاضر دون أن تنتقص من مقدرة الأجيال القادمة بدورها على الوفاء باحتياجاتها. ، ولذلك يتعين على هذه المقاربات والأساليب أن تظل في تطور دائم بتوفير أكبر قدر من الإبداع (innovation)، والتركيز على عناصر القوة الاجتماعية والثقافية والبيئية، واستعمال التفكير النقدي وغير النمطي (Boyle and Coates, 2005). إن المقدرة على الإبداع أي الإبداعية (creativity)

تشمل القدرة على تحدي الافتراضات المسلم بها عادة والتعرف على الأنماط والنماذج والنظر في اتجاهات جديدة والربط بين المتباعدات والمتناقضات والمتنافرات، والإقدام على المخاطرات واغتنام الفرص حين تسنح. وتتعدد الخصائص والقدرات الداخلة تحت وصف الإبداعية (Strzalecki, 2000) ولكننا نخص بالذكر أربعا من أبرزها (Vidal, 2009):

- **الطلاقة** (fluency): وهي إنتاج أو استحداث العديد من المسائل أو الأفكار أو البدائل أو الحلول، لأنه كلما ازددنا منها زادت فرصتنا في استخراج الفائدة منها.
- **المرونة** (flexibility): وهي القدرة على معالجة الأفكار والكينونات بطرائق مختلفة عديدة رغم ثبات المعطيات والمدخلات، ومن ثم فهي تعني التكيف مع الواقع على ضوء ما يسفر عنه استكشافه، ولذلك نبدأ التفكير بالحدس والمنطق، ولكننا لا نجد غضاضة أن نهجر تفكيرنا الابتدائي إذا عقم أن يلد حلولا مناسبة، ومن ثم نعيد التفكير في اتجاهات وأبعاد جديدة ومختلفة.
- **الأصالة** (originality): وهي مجافاة ومغايرة القديم والواضح والظاهر والشائع والرتيب والمعتاد وصولا إلى أفكار تبدو فريدة أو مذهلة أو جامحة أو غير تقليدية أو شاذة أو غريبة أو براقة أو ثورية.
- **الإسهاب** (elaboration): وهو التوسع والتفصيل والتعمق مع الإحكام والإتقان واستقصاء الجهد في التفكر والتأمل والاستفهام ومحاولة الإحاطة بالأمر من جميع جوانبه.

وقد تكون بعض ملامح الإبداعية غير مستحسنة (وربما مستهجنة) في تفكيرنا التقليدي المنضبط، ولكن يطمئننا أن القول الأخير ليس لها، فإننا نبدأ بتفكير تباعدي (divergent) يولد أكبرعدد ممكن من الأفكار والحلول التي لايحدها قيد ولا ضابط، ثم ننتهي إلى تفكير تقاربي (convergent) لاختيار قليل من الأفكار الواعدة والمتقيدة بالضوابط. وهذه هي الفكرة الجوهرية في الاستراتيجيات الحديثة لحل المشاكل. ولا يقتصر العصف الذهني على طوري التفكير التباعدي والتفكير التقاربي سالفي الذكر، بل يردفهما بمرحلتين ختاميتين لبلورة الأفكار (idea crystalization) ثم التحقق والاستيثاق منها (idea verification) (Kunifuji, et. al, 2007).

### 4. العلاقة بين تعريف المشكلة وتوليد الحلول

إن تعريف المشكلة من خلال المقارنة بين الحالتين الراهنة والمرغوبة يمهد السبيل لرسم مخطط دنكر وهو مخطط يستخدم طريقة تسلسلية لتوليد عائلات من الحلول تعتمد على اقتفاء أسلوبين عامين متمايزين للحل (Fogler and LeBlanc, 2008). في الأسلوب الأول، نسعى لإيجاد مسارات تنقلنا من الحالة الراهنة لتصل بنا إلى الحالة المرغوبة. أما في الأسلوب الثاني، فنحاول الاستغناء عن بلوغ الحالة المرغوبة والقناعة والتسليم بالبقاء في الحالة الراهنة. وتبدو فكرة هذا الأسلوب الثاني مناقضة لنفسها لأول وهلة، ولا تتضح بجلاء إلا من

خلال بعض الأمثلة، ولا يتيسر تنفيذها إلا بقدر كبير من الإبداع. يمثل مخطط دنكر شجرة للأفكار أو الحلول تبدأ في مستواها الأول بالأسلوبين العامين سالفي الذكر، ثم تتفرع في المستوى الثاني إلى حلول وظيفية (functional solutions) تشرح ماذا يجب فعله على الإجمال من غير تحديد، وهذه تتفرع بدورها في المستوى الثالث إلى حلول محددة ممكنة (feasible specific solutions) تشرح كيف يمكن تنفيذ أفكار المستوى الثاني (Fogler and LeBlanc, 2008). وفيما يلي نتخذ من المشكلة الرئيسة لنقص المياه في المناطق الجافة نموذجا ومثالا لاستكشاف العلاقة بين تعريف المشكلة وتوليد حلولها.

يمكننا تعريف مشكلة المياه الرئيسة بأنها وجود خلل في التوازن بين المعروض والمطلوب من المياه العذبة السائلة (Stikker, 1998)، وبعبارة أدق نقول إن الحالة الراهنة هي نقص العرض عن الطلب، أما الحالة المرغوبة فهي تكافؤ أو توازن العرض مع الطلب. هذا التعريف يقودنا مباشرة إلى الأسلوبين العامين للحل. يسعى الأسلوب الأول إلى تحقيق التوازن بين العرض والطلب، أما الأسلوب الثاني فيحاول تحقيق القبول والقناعة بنقص العرض عن الطلب.

### 4.1. الأسلوب الأول: تحقيق التوازن بين العرض والطلب

في الأسلوب الأول نهدف إلى تحقيق التوازن بين العرض والطلب، ومن ثم يتفرع هذا الأسلوب إلى عائلات أربع من الحلول تسعى أولاها إلى زيادة العرض بزيادة الموارد المائية المتاحة، بينما تحرص ثانيتها على تقليل الطلب أو الاستهلاك، أما ثالثتها فتتجه إلى جعل العرض والطلب شيئا واحدا وذلك بإعادة تدوير الماء صناعيا، وأخيرا تتلافى رابعتها كل ما ينقص العرض:

- **زيادة العرض بزيادة الموارد المائية المتاحة:** ونحن –المسلمين- ننشد ذلك بالضراعة إلى الله -عز وجل- وبصلاة الاستسقاء والتزام التقوى، كما لا نغفل الأخذ بالأسباب التي نذكرمن بينها (Shahin, 2007; Jeffrey, 2007; Al-Turbak and Al-Muttair, 1989):

  - إعذاب الماء المالح (saline) أو الماء المويلح (brackish)، باستخدام الوقود الأحفوري (باهظ التكلفة) أو النووي (الذي يحتاج إلى جهد لنقل واستيعاب التقانة وتكتنفه مصاعب ومحاذير سياسية).
  - استغلال المياه الجوفية العميقة، وهو ما يمثل إهدارا لمورد غير متجدد وإجحافا بحق الأجيال القادمة وإخلالا بمتطلبات الأمن المائي في المستقبل.
  - التخزين السطحي والجوفي لمياه الأمطار بإقامة السدود على مسارات الوديان.
  - استيراد المياه من أقرب البلاد التي تمتلك فوائض مائية تزيد عن حاجاتها، وذلك باستخدام ناقلات بحرية خاصة أو خطوط أنابيب ضخمة.

- تطبيق ابتكارات تقنية حديثة، مثل استمطار السحب ببث بذور للتكثف داخلها، أو سحب الجبال الجليدية (icebergs) العائمة المنفصلة عن القارة المتجمدة الجنوبية إلى الساحل الجنوبي لشبه جزيرة العرب (عدولا عن فكرة اجتياز مضيق باب المندب)، أو تجميع الندى المتكاثف على النباتات.

- **تقليل الطلب (تقليل الاستهلاك)**: وهذا يمكن أن يتحقق بتقليل عدد المستهلكين أو تقليل كمية الاستهلاك لكل مستهلك وهو ما يعني ترشيد الاستهلاك:

- **تقليل المستهلكين**: ويشمل ذلك الهجرات البشرية من المناطق الجافة إلى المناطق الغنية بالماء العذب (وقد تكرر استعمال هذا الحل في التاريخ القديم)، كما يشمل تحديد النسل (وهذا هو الحل الذي يسعى العالم الأول إلى فرضه قسرا على العالم الثالث).

- **ترشيد الاستهلاك**: وهذا يأخذ صورا عديدة في أنواع التطبيقات الزراعية والمعيشية المنزلية والصناعية، تعطي أيسر الحلول وأكثرها فعالية (Hutchinson, 2008) فضلا عن كونها تنسجم تماما مع مبادئ التقوى ومنظومة القيم التي يلزمنا بها الإسلام. يحتاج معظم هذه الصورإلى أنواع من الترغيب والترهيب فضلا عن التوعية والتدريب والتعليم (Stapp, 2000). وللتدليل على فعالية الترشيد، يضرب شاهين (Shahin, 2007) المثل ببلد يوجه 80% من استهلاكه للمياه العذبة إلى الزراعة المبنية على الري، فإذا كانت كفاية الري 50% وزيدت إلى 65%، فإن ذلك يعني خفضا في استهلاك الماء يعادل 12% من قيمة الاستهلاك الكلي.

- **جعل العرض والطلب شيئا واحدا**: وهو مايعني عدم معاملة ماء الصرف (المتخلف عن الري الزراعي أو الاستعمالات المعيشية أو الصناعية) كنفاية (waste) وذلك بإعادة تدويره وإعادة استخدامه (Talozi, 2007). ولفهم ذلك نذكر أن من نعم الله -جلت قدرته- علينا منظومة الاتساق البيئي الطبيعي التي تتكون من دورات كبيرة للطاقة والمادة وبصفة خاصة للماء. وثمة مفهوم جديد يسمى الاتساق البيئي الصناعي (industrial ecology) (Frosch and Gallopoulos, 1989) لما فيه من التشابه الجلي مع الطبيعة. طبقا لهذا المفهوم يجب أن لا يقتصر التفكير في حل مشكلة النفايات الصناعية على كل صناعة أو نشاط اقتصادي أو إقليم جغرافي على حدة، وإنما يجب النظر إلى الصناعات والأنشطة والأقاليم جميعها بصورة شاملة كأجزاء غير منفصلة أو خارجة عن المحيط الحيوي للأرض، كما يجب اعتبار العمليات الصناعية المختلفة نظاما متداخلا لإنتاج واستهلاك المواد، وبعبارة أخرى يتعين جعل المخرجات الضارة (النفايات والملوثات) لأية عملية صناعية مدخلات نافعة لعملية أخرى. وبذلك يمكن لاقتصاد صناعي نظيف وفعال أن يحاكي الطبيعة في مقدرتها على تدوير المواد المختلفة (وأولها الماء) والإقلال من النفايات إلى الحد الأدنى (Frosch, 1995).

- **تلافي ما ينقص العرض**: ويتطلب ذلك تفادي الفقد في الموارد المائية المتاحة نتيجة للتبخر، أو لتأثيرات الاحترار، أو للتلوث، أو لاضمحلال الجودة، أو للنضوب، أو للتسرب إلى مصرف أومصب قريب، أو

لانخفاض معولية نظم النقل والتوزيع، أو للسرقة من قبل دولة مجاورة، أو للهجمات الإرهابية. ويلاحظ أن ذلك يدعونا بوجه عام إلى تفضيل تخزين الماء جوفيا عن تخزينه سطحيا (Shahin, 2007)، كما يلاحظ أن ضعف سلطان الدولة داخليا أو خارجيا وهشاشة بنيتها التحتية قاصمان لأمنها المائي (Lindemann, 2008).

### 4.2. الأسلوب الثاني: القبول بنقص العرض عن الطلب

في الأسلوب الثاني نحاول أن نتقبل نقصان العرض عن الطلب. مجال عمل هذا الأسلوب غير واضح وغير محدد، ولذا فهو مفتوح لما قد يأتي به إبداع المبدعين مستقبلا. ولكن ثمة أنواع من الحلول تدخل ضمن إطار هذا الأسلوب، وذلك بالاستغناء الجزئي عن الماء العذب في بعض تطبيقاته. من المهم أن نلاحظ عدم وجود بديل عوض (substitute) عن الماء العذب في تطبيقاته الحيوية (Stikker, 1998)، وأن المذيبات التي قد تحل محله في تطبيقاته الصناعية ربما لازالت أكثر ندرة وتكلفة. من أنواع الحلول التي نصنفها ضمن هذا الأسلوب (وقد يخالفنا البعض فيعدها من وسائل الترشيد):

- زراعة نباتات معينة ذات فوائد اقتصادية وبيئية باستعمال المياه المالحة من البحار والمحيطات أو باستعمال المياه الجوفية المويلحة (Shahin, 2007; Amin, 2004).

- قصر استعمال الماء العذب عالي الجودة علي الأمور التي لامناص لها عنه كالشرب، وحظر استعماله حين يكفي ماء أقل جودة (Al-Rashed and Sherif, 2000).

- البحث عن بدائل للماء حيث لا يلزم الماء لذاته أصلا، ومن ذلك الاستعمال المنزلي والمعيشي للماء في إخلاء وتنظيف المراحيض من المخلفات والنفايات البشرية، وهو استعمال ابتدع منذ قرن واحد فقط، وصار الآن يستهلك نحو 15 ألف لتر من الماء لكل نسمة سنويا (Quitzau, 2007).

- الاستغناء عن الماء جزئيا من خلال الاستغناء عن المنتجات ذات الكلفة المائية العالية، ومثال ذلك الاستعاضة عن الأرز (وأمثاله من الحبوب التي تستهلك زراعتها كميات كبيرة من الماء) بأغذية أخرى مكافئة في قيمتها الغذائية وأقل في كلفتها المائية. وهذا الحل صعب التنفيذ مالم تتم تغييرات قسرية في العادات الغذائية لكثير من الشعوب.

- استيراد الماء الافتراضي (virtual water) في صورة أغذية وعلف حيواني من البلاد الغنية بالماء (Neubert, 2008). وهذه فكرة مختلف عليها لأنها تهدم مفهوم الأمن الغذائي وتقلب سلم أولويات استعمالات المياه حيث تعتبر استخدام الماء في الزراعة سرفا وتبديدا، وتطالب بتوجيه الموارد المائية الشحيحة في المناطق الجافة أولا للاستعمالات المعيشية والصناعية. ومن الأفكار المكملة والمصححة لهذه الفكرة قيام الدول الفقيرة مائيا الغنية ماليا بنقل بعض استثماراتها الزراعية إلى خارج أراضيها، وامتناعها عن تصدير منتجات

زراعية تتجاوز كلفتها المائية قيمته الاقتصادية، وكذلك توفيرها فرص عمل بديلة لمواطنيها المشتغلين بالزراعة.

- الاستغناء تماما عن الماء ومن ثم عن الحياة العضوية، والقبول بانقراض البشرية مخلفة وراءها حياة ميكانيكية للإنساليات أو الروبوتات (robots). وهذه الفكرة –على بشاعتها وقبحها– لا تخلو من فائدة، إذ يمكن طرحها كنوع من الترهيب القاسي لمن يستعصي على الرضوخ لحلول الترشيد. ورغم أننا نجهل متى يرث الله الأرض ومن عليها، فإن لدينا تقديرا معتدلا بأن احتمال انقراض البشرية خلال بضعة قرون هو $10^{-20}$ (Tonn, 2009).

ويوضح شكل 1 الصورة النهائية التي حصلنا عليها لمخطط دنكر الذي يمثل شجرة لأفكار أو حلول المشكلة الرئيسة لنقص المياه في ا لمناطق الجافة. وقد أبرزنا في هذا الشكل موقع أسلوب الترشيد بوصفه أشد الوسائل فاعلية في الوقت الحاضر. كما نؤكد على أن إدراج حل معين في الشكل لا يعني إقرارنا له أو إعجابنا به.

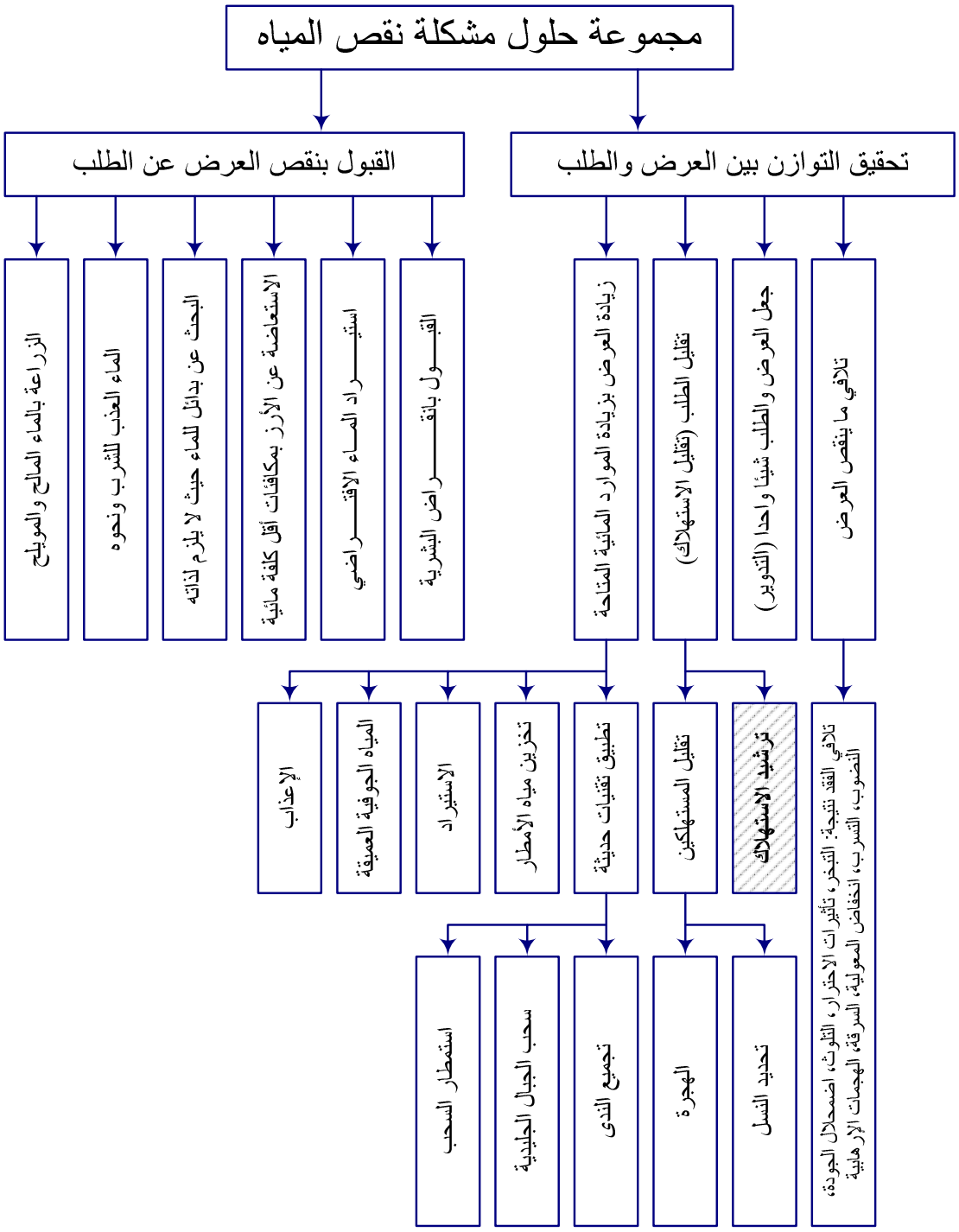
## 5. ازدواجية خطوة توليد الحلول

نناقش في هذا الفصل تعديلنا الأول لاستراتيجية حل المشاكل عند تطبيقها على المشكلة الرئيسة لشح المياه في المناطق الجافة. يؤدي هذا التعديل إلى ازدواجية خطوة توليد الحلول، إذ لا يكتفي بالعصف الذهني الذي يستهدف توليد حلول إبداعية غير مألوفة، بل يعززه ويردفه باستعراض مستنفد للحلول التقليدية المطروقة في أدبيات الموضوع. ويجب ملاحظة أن هذا التعديل قد لا يكون مطلوبا عند تناول معظم المشاكل الفرعية البسيطة المنبثقة عن المشكلة الرئيسة. نتحدث أولا عن العصف الذهني واستعراض الأدبيات كل على حدة، ثم نتحدث عن التعاون بينهما متمثلا في المشاركة بين الخبراء وغير الخبراء.

### 5.1. أسلوب العصف الذهني

يمكن استخدام العصف الذهني بصورة فردية أو جماعية. ويغلب استعماله في جلسات (sessions) لفرق عمل تحكمها قاعدتان رئيستان (Fogler and LeBlanc, 2008):

- **تأجيل الحكم على قيمة الأفكار**: من المهم تأجيل الحكم على الأفكار التي ينتجها أعضاء جلسة العصف الذهني، لأن إحساس الفرد بأن أفكاره قد تتعرض للنقد والتمحيص والجدال وربما للتجريح والتهكم والذم يمثل عائقا كافياً لمساهمته بأية أفكار (فضلا عن أن تكون إبداعية) . ولذلك يجب تجنب ومنع واستبعاد أي نوع من الحكم أو النقد أو التقويم في أثناء جلسات العصف الذهني. كما يلزم تشجيع حرية وطلاقة التفكير وكذلك الترحيب بكل الأفكار مهما يكن نوعها ومهما اشتد جموحها.




**شكل 1. مخطط دنكر الذي يمثل شجرة الأفكار أو الحلول لمشكلة نقص المياه.**

- **التوصل إلى الأفكار الجيدة يتطلب تعظيم كمية الأفكار المطروحة**: فالكم يولد الكيف، وأكثر الأفكار احتمالاً للظهور هي الأفكار العادية والشائعة المألوفة ، وبالتالي فللتوصل إلى الأفكار الإبداعية يجب أن تتجاوز الكمية المطروحة من الأفكار عتبة (threshold) أو قيمة حرجة (critical value) معينة.

ولذلك يتعين بذل غاية الجهد لتوليد أكبر عدد ممكن من الأفكار، كما ينبغي إثارة حماس المشاركين في جلسات العصف الذهني لأن يضيفوا لأفكار الآخرين بأن يقدموا ما يمثل تحسيناً أو تطويرا لها. ولتوضيح ما نقول، نفترض أن جلسة العصف الذهني شهدت اقتراحا بحل مشكلة المياه عن طريق جلبها من القمر "يوروبا" (Europa) (أحد توابع كوكب المشتري (Jupiter)، وسادس أكبر الأقمار في المجموعة الشمسية). لا يحق لأحد تجريح ونقد هذه الفكرة، إذ لا غبار على كونها حلا معتبرا للمشكلة (وربما صارت ضرورية وممكنة بعد آلاف السنين). ولكن على من تسوؤه المعايب التقنية والاقتصادية للفكرة أن يستوحي ويستخلص من الفكرة ومن معايبها فكرة أيسر تنفيذا وأقل كلفة مع المحافظة على روح ولب وخلاصة الفكرة الأصلية، أي مع المحافظة على فكرة جلب الماء العذب من مكان يتوفر فيه هذا الماء، وإن كان يعزب عن البال جلبه منه. مثال ذلك جلب الماء العذب من خزان جوفي شبه مجهول، أو من ثلوج الجبال أو جليد القطبين، أو من الندى أو الضباب. وقد يؤدي التسلسل في استلهام الأفكار من بعضها البعض على هذه النحو إلى فكرة بديعة لم تكن معروفة من قبل وتخلو من أي عيب قادح يعرقل تنفيذها أو يقلل تنافسيتها.

وربما اقترح أحد الكيميائيين الحاضرين في جلسة العصف الذهني تحضير الماء من اتحاد غازي الأكسيجين والهيدروجين (وهذه فكرة ممتازة للحصول على الماء والطاقة معا). ولكن الحاضرين يدركون أن الاقتراح ينقلنا إلى مشكلة أخرى جديدة وهي توفير هذين الغازين بكميات كبيرة، وهنا تنشأ الحاجة لمعرفة هل المشكلة الجديدة أيسر أم أصعب حلا من المشكلة الأصلية، ولكن الاقتراح على علاته يفتح الباب عل مصراعيه أمام حلول إبداعية.

ومن الوارد أيضا أن تسفر جلسة العصف الذهني عن حلول من قبيل غزو البلاد المجاورة وطرد أو إبادة أهلها والاستيطان مكانهم، أو تحويل مجاري أنهار هذه البلاد لتجري سطحيا أو جوفيا في أراضي مقترحي الحل. هذه الحلول ممكنة (feasible) من الناحية النظرية عند إغفال جميع القيود والضوابط. وقد جرى ويجري استعمالها من قبل من لا خلاق لهم في الآخرة، ممن يجافون الإنصاف ويستبيحون الظلم وتسكرهم غطرسة القوة، ولا تلجمهم قيم حضارية أخلاقية، ولا تردعهم نظم وقوانين ومواثيق دولية. ولكن كل ذلك لا ينبغي أن يمنع من طرح هذه الحلول وأشباهها في جلسة العصف الذهني، لأنه عند الأخذ بقيود القيم والنظم المشار إليها يمكن تحوير هذه الحلول المفرطة الجور إلى حلول التجارة العادلة المقبولة شرعيا وأخلاقيا ودوليا، وربما تفتق ذهن بعض الحضور عن تحويرات أخرى إبداعية تقترب تدريجيا من الوفاء بكافة الضوابط.

وكمثال أخير لا مانع أن يأتينا العصف الذهني بما هو معروف سلفا من طريقة إعذاب مياه البحر باستعمال الوقود الأحفوري، فيفكر أحد السامعين في كون هذه الطريقة باهظة التكاليف، وأنه لولا ضرورات الأمن المائي الملحة ما لجأ إليها أحد، وأنها تبديد للبترول أو الغاز الطبيعي مقارنة بتوجيههما لصناعة البتروكيماويات، وأنها طريقة لا تنفع على المدى القصير لأن الوقود الأحفوري غير متجدد ومآله إلى النضوب. ومن البدائل التي قد يطرحها هذا السامع استبدال الوقود النووي بالوقود الأحفوري، أو البحث عن وسيلة طبيعية للإعذاب تستعمل الطاقة الشمسية مثل استخدام بعض الطحالب البحرية (التي قد يلزم تعديلها وراثيا). وهنا قد يشعر المشاركون الآخرون ببعض العيوب أو المحذورات في هذين المقترحين الجديدين، فيقدحون زناد فكرهم لتحسينهما وتطويرهما وتبرئتهما من هذه العيوب والمحذورات.

### 5.2. استعراض أدبيات الموضوع

إن المشكلة الرئيسة لشح المياه في المناطق الجافة ليست مشكلة طارئة أومحدودة بل هي مشكلة ممتدة في المكان والزمان، وقد تكاتفت جهود علماء وباحثين كثيرين لدراستها وحلها، ولا يمكن إغفال الأدبيات التي تراكمت نتيجة لجهودهم خلال عدة عقود. لقد حاولنا قياس حجم أدبيات موضوع "السياسات الإبداعية لحل مشاكل نقص المياه في المناطق الجافة " فأجرينا بحثا استعملنا فيه ستا من الواصفات أو الكلمات الدالة أو المفتاحية هي (creative strategy problem solving water arid)، وقد حصلنا (يوم الجمعة العاشر من يوليو 2009م) من محرك البحث Google على 3490 نتيجة، بينما حصلنا من محرك البحث Google Scholar على 4970 نتيجة، ومن قاعدة البيانات Spingerlink على 53 نتيجة، ومن قاعدة البيانات Sciencedirect على 114 نتيجة. وعندما قللنا الواصفات إلى ثلاث هي (problem water arid) زادت أعداد النتائج التي ظهرت لنا على الترتيب إلى 1,620,000 و 1,030,000 و 8,338 و 35,107. وقد دلنا ذلك على صعوبة عمل استعراض مستنفد لكل أدبيات الموضوع، وقد اكتفينا بفحص ما توسمنا أهميته، واستعنا بذلك في عمل تصنيف الحلول الذي قدمناه في الفصل الرابع.

### 5.3. المشاركة بين الخبير وخالي الذهن

يعتبر البعض أن الخبرة (expertise) هي أحد أركان الإبداعية (Amabile, 1998)، وهذا صحيح إذا كان على المبدع أن يقوم بالتبصر والتنفيذ معا. ولكن انتفاء الخبرة وخلو الذهن عند إجراء العصف الذهني أدعى إلى التحرر من كل قيد (بما في ذلك قيد العلم والمعرفة!!). ولذلك فنحن ندعو إلى دراسة حلول مشكلة المياه الرئيسة ومايتفرع عنها من مشاكل جزئية في جلسات للعصف الذهني تضم أعدادا كبيرة من الشباب (الذين يفترض كونهم من غير الخبراء) وظيفتهم التفكير التباعدي وتوليد الحلول الجامحة. ويجالس هؤلاء عدد أقل من الخبراء (ممن يعرفون ويستوعبون أدبيات الموضوع) وظيفتهم التفكير التقاربي وتذليل جموح الأفكار الغريبة وعدم التسليم باستحالتها والبحث عن وسائل لتحويرها أو بدائل لتنفيذها. ويجب أن لا ينتهي دور هذه الجلسات عند

إنتاج مجموعة من الأفكار المبعثرة وغير المرتبة، بل عليها أن تنظمها في شجرة للأفكار مسترشدة بأدبيات الموضوع وبالنتائج الأولية التي أوردناها في الفصل الرابع، وعليها أيضا أن تزيد البعد الرأسي للشجرة باستعمال طريقة محفزات أوسبورن التي تولد أفكارا شبيهة بالأفكار السابقة، وأن تزيد البعد الأفقي للشجرة باستعمال طريقة التحفيز العشوائي (الاستثارة العشوائية) التي تولد أفكارا تختلف اختلافا جذريا عن الأفكار السابقة.

إن إشراك الشباب في حل مشكلة المياه لايستهدف فقط الاستفادة من حدة عقولهم وما يمكن أن يقدموه من وجهات نظر جديدة (fresh perspective)، بل هو ضرورة حتمية لأنه يتوقع امتداد المشكلة عبر الأجيال فلا يستأثر بحلها جيل واحد (van der Helm, 2003). وأقل نفع يتأتى من إشراك الشباب هو توعيتهم بالمشكلة وبحلولها وتعلمهم ممارسة استراتيجية إبداعية لحل المشاكل، فضلا عن اضطلاع الشباب بمسؤولياتهم في خدمة قضية ترشيد الاستهلاك.

### 6. تعدد الحلول ومعيار المفاضلة بينها

تتعامل استراتيجية حل المشاكل الهندسية عادة مع قضايا تتسم حلولها بكونها خيارات وبدائل متنافية (mutually-exclusive alternatives)، ولذلك يتعين عليها أن تفرد واحدا من بينها بوصفه الحل الأمثل (optimal) يوضع وحده موضع التنفيذ. تتميزالمشكلة الرئيسة لشح المياه بأنها تسمح وتحتاج في آن واحد إلى حلول متعددة (multiple solutions) هي بطبيعتها غير متنافية (Zeman et al. 2006; Ahmed, 2001). وبتعبير آخر، يجب ألا يكون الحل الأمثل لمشكلة شح المياه حلا منفردا بسيطا، بل يتعين جعله حلا مركبا من عدة حلول غير متنافية. ويبقى السؤال: كيف نختزل مجموعة الحلول الكلية الممثلة في شجرة الأفكار إلى مجموعة جزئية (subset) من حلول يتم تنفيذها؟ يمكننا اختيار الحلول التي تؤدي إلى تعظيم دالة مرغوبة مستهدفة (objective function) مثل كمية المياه التي يوفرها الحل لكل وحدة تكلفة مطروحا منها مؤشر مناسب يدل على مدى خطورة ورجحان المخاوف التي تكتنف الحل.

ويجدر بالذكر هنا أن بلدان المناطق الجافة وشبه الجافة قد استخدمت واستحدثت حلولا عديدة لمشكلة نقص المياه خلال العقود الماضية، وأن التوجه العام لها ينسجم مع إعطاء الأولوية للحلول الأعظم نفعا التي توفرمياه أكثر بتكلفة أقل، وهذا هو ما يجعل حلول الترشيد مقدمة على (وإن كانت غير مستغنية عن) غيرها من الحلول الأخرى (Hutchinson, 2008).

## 7. خاتمة

من المقولات الدارجة على الألسنة هذه الأيام "إن جميع المسائل والمشاكل السهلة قد تم حلها، ومن الآن فصاعدا سوف تكون جميع المسائل والمشاكل المطروحة أشق وأصعب". نحن نختلف جزئيا مع هذه المقولة لما فيها من تعميم متشدد متسرع. ولكن علينا أن ندرك أن التزايد المضطرد في تعقيد وصعوبات الحياة سوف يفرض تزايدا تدريجيا في عدد ما يواجهنا من مسائل ومشاكل، مع تناقص تدريجي في نسبة ما هو مذلل ومطوع منها.

ناقشنا في ورقة البحث هذه كيفية تطبيق الطريقة الهندسية معدلة لتوليد مجموعة الحلول (solution set) للمشكلة الرئيسة لنقص المياه في دولة كالمملكة العربية السعودية واقعة داخل الإقليم الجاف وشبه الجاف. يجب ملاحظة أن مجموعة الحلول هذه هي مجموعة فوقية (superset) من مجموعة حلول نفس المشكلة لهذا الإقليم ككل، وهذه المجموعة الأخيرة بدورها تحتوي مجموعة حلول المشكلة لكوكب الأرض. كذلك ألمحنا إلى كيفية التعامل مع المشاكل الجزئية والفرعية التي تنبثق عن المشكلة الرئيسة. وقد أولينا اهتمامنا بتوضيح موقع وأهمية حلول الترشيد بالنسبة للحلول الأخرى.

لقد قمنا بعمل تصنيف أولي أو صياغة تقريبية لشجرة الأفكار التي تعد وسيلة منظمة لترتيب عناصر مجموعة الحل، حيث تجتمع الحلول المتقاربة والمتآلفة والمتشابهة في مجموعات عمودية تمثل أفرع شجرة الأفكار. كما أوضحنا كيفية تنقيح وتضخيم هذه الشجرة باستقصاء البحث في أدبيات الموضوع، وبتعاون الخبراء والشباب في استعمال طريقة العصف الذهني وتابعتيها طريقة محفزات أوسبورن للتفكير الرأسي وطريقة التحفيز العشوائي للتفكير العرضي. ولاشك أن الشجرة الناتجة سوف تمثل أداة تعليمية فعالة ومرشدا لجهود الباحثين وعونا لصانعي القرار ومسؤولي إدارة الموارد المائية.

وختاما، نود أن نؤكد على كون ورقة البحث هذه دعوة جادة إلى استعمال الطريقة الهندسية واستراتيجيتها الإبداعية بصورتيها الأصلية والمعدلة في مناقشة العديد من المشاكل والقضايا العلمية والاقتصادية والاجتماعية واللغوية الهامة. وكثيرمن هذه المشاكل يشابه مشاكل المياه من ناحية تعدد الحلول وعدم تنافيها، وعدم توفر حل وحيد أمثل، وأيضا من ناحية الحاجة إلى الجمع بين الحلول النمطية والإبداعية.

## المراجع


[1 ] **Ahmed**, **I.**, 2001, Futures of Water in South Asia, *Futures*, Vol. **33**, pp. 683–687.

[2 ] **Al-Rashed**, **M. F.**, and **M. M. Sherif**, 2000, Water Resources in the GCC Countries: An Overview, *Water Resources Management*, Vol. **14**, pp. 59–75.

[3 ] **Al-Turbak**, **A. S.**, and **F. F. Al-Muttair**, 1989, Evaluation of Dams as a Recharge Method., *Water Resources Development*, Vol. **5**, No. 2, pp. 119–124.

[4 ] **Amabile**, **T.**, 1998, How to Kill Creativity, *Harvard Business Review*, Vol. **98**, pp. 77-87.

[5 ] **Amin**, **A. A.**, 2004, The Extent of Desertification on Saudi Arabia, *Environmental Geology*, Vol. **46**, pp. 22–31.

[6 ] **Boyle**, **C.** and **G. T. K. Coates**, 2005, Sustainability Principles and Practice for Engineers, *IEEE Technology and Society Magazine*, Vol. **24**, No. 3, pp. 32-39.

[7 ] **Fogler**, **H. S.**, and **S. E. LeBlanc**, 2008, *Strategies for Creative Problem Solving*, 2nd Ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.

[8 ] **Frosch**, **R. A.**, and **N. E. Gallopoulos**, 1989, Strategies for Manufacturing, *Scientific American*, Vol. **261**, No. 3, pp. 144-152.

[9 ] **Frosch**, **R. A.**, 1995, The Industrial Ecology of the 21st Century, *Scientific American*, Vol. **273**, No. 3, pp. 178-181, Arabic Translation Available at http://www.oloommagazine.com/ Home/Default. aspx.

[10 ] **Hutchinson**, **C.**, and **S. M. Herrmann**, 2008, *The Future of Arid Lands – Revisited: A Review of 50 Years of Drylands Research*, UNESCO, Paris, France, and Springer, Dordrecht, The Netherlands.

[11 ] **Jeffrey**, **P.**, 2007, Perspectives on Alternative Water Sources in Europe and The Middle East, in *Integrated Water Resources Management and Security in the Middle East*, C. Lipchin et al. (Editors), Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 201–211.

[12 ] **Koen**, **B. V.**, 1987, *Definition of the Engineering Method*, American Society of Engineering Education, Washington D. C., USA.

[13 ] **Kunifuji**, **S.**, **N. Kato**, and **A. P. Wierzbicki**, 2007, Creativity Support in Brainstorming, *Studies in Computational Intelligence (SCI)*, Vol. **59**, Springer-Verlag, Berlin- Heidelberg, Germany, pp. 93–126.

[14 ] **Lindemann**, **S.**, 2008, Addressing the Need for Water Service Delivery in Fragile States, in *Water Politics and Development Cooperation*, W. Scheumann et al. (Editors), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, Germany, pp. 353-373.

[15 ] **Neubert**, **S.**, 2008, Strategic Virtual Water Trade – A Critical Analysis of the Debate, in *Water Politics and Development Cooperation*, W. Scheumann et al. (Editors), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, Germany, pp. 123-145.

[16 ] **Polya**, **G.**, 1985, *How to Solve It*: *A New Aspect of the Mathematical Method*, 2nd Ed., Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.

[17 ] **Quitzau**, **M.-B.**, 2007, Water-Flushing Toilets: Systemic Development and Path-Dependent Characteristics and Their Bearing on Technological Alternatives, *Technology in Society*, Vol. **29**, pp. 351–360.

[18 ] **Sallenave**, **R.**, and **D. E. Cowley**, 2004, Aquatic Resources in Arid Lands: Issues and Opportunities, *Aquatic Science*, Vol. **66**, pp. 343–345.
[19 ] **Shahin**, **M.**, 2007, *Water Resources and Hydrometeorology of the Arab Region*, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
[20 ] **Stapp**, **W. B.**, 2000, Watershed Education for Sustainable Development, *Journal of Science Education and Technology*, Vol. **9**, pp. 183–197.
[21 ] **Starfield**, **A. M.**, **K. A. Smith**, and **A. L. Bleloch**, 1994, *How to Model It*: *Problem Solving for the Computer Age*, Interaction Book Company, Edina, MN, USA.
[22 ] **Stikker**, **A.**, 1998, Water Today and Tomorrow: Prospects for Overcoming Scarcity, *Futures*, Vol. **30**, No. 1, pp. 43–62.
[23 ] **Strzalecki, A.**, 2000, Creativity in Design: General Model and its Verification, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. **64**, pp. 241-260.
[24 ] **Tonn**, **B. E.**, 2009, Obligations to Future Generations and Acceptable Risks of Human Extinction, *Futures*, Vol. **41**, No. 7, pp. 427–435.
[25 ] **Swain**, **A.**, 2001, Water Wars: Fact or Fiction? *Futures*, Vol. **33**, pp. 769–781.
[26 ] **Talozi**, **S. A.**, 2007, Water and Security in Jordan, in *Integrated Water Resources Management and Security in the Middle East*, C. Lipchin et al. (Editors), Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 73–98.
[27 ] **van der Helm**, **R.**, 2003, Will Young People Solve the Water Problems? *Futures*, Vol. **35**, pp. 267–270.
[28 ] **Vidal**, **R. V. V.**, 2009, Creativity for Problem Solvers, *Artificial Intelligence and Society*, Vol. **23**, pp. 409-432.
[29 ] **Zeman**, **C.**, **M. Rich**, and **J. Rose**, 2006, World Water Resources: Trends, Challenges, and Solutions, *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, Vol. **5**, pp. 333–346.

# Discussion of the Solutions of Water Problems in Arid Regions from the Engineering Method Perspective

Ali Muhammad Ali Rushdi
Department of Electrical and Computer Engineering,
King Abdulaziz University,
P. O. Box 80204, Jeddah 21589, Saudi Arabia, arushdi@kau.edu.sa

## ABSTRACT

The Engineering Method is defined as the strategy of using heuristics for causing the best change in a poorly understood situation using the available resources. The most famous strategy for solving engineering problems consists of five main steps. The first step is defining the real problem along with evaluating the resulting definition and ensuring that it satisfies all requirements. The second step uses brainstorming to generate as many solutions as possible without considering any constraints. The third step is a decision step that selects the best idea or solution among the available ones using two types of positive criteria: musts and wants plus one type of negative criteria: adverse consequences. In the fourth step, the selected solution is implemented, and follow-up is continued to ascertain that all solution objectives have been achieved, and to make sure that implementation is up to the desirable quality, within deadlines, and according to allocated budget. The fifth step, which intervenes as well as follows all other steps, evaluates the solution and verifies that it is a logical, ethical, and safe one that satisfies all jurisdictional, legal, economic, social, and environmental constraints. Solutions of water problems in arid regions are discussed through the application of the aforementioned strategy subjected to two modifications. The first modification duplicates the step of solution generation as it parallels the brainstorming process that seeks creative non-conventional solutions with an exhaustive literature survey that seeks published known solutions. The second modification requires that the optimal solution be not a simple one but a composite one composed of several solutions which are not mutually exclusive. This composite solution should maximize a certain objective function. This paper provides a novel organized framework for both conventional and creative thinking about water problems, and for integrating expert opinions in a unified balanced expression.

**Key Words**: Water Problems, Engineering Method, Creative and Conventional Thinking, Solution Taxonomy, Expert Opinions.