

## الفصل الثامن

### التطبيقات المهمة المبنية على البحث العلمي والتطوير التقني لمنظومة الإنذار المبكر للكوارث باستخدام الخوارزميات الجينية

#### 1.8 مقدمة

يهدف هذا البحث إلى التعريف بأهمية استخدام هذه المنظومة المتطورة في إدارة الكوارث حيث إن الأخطار التي تحدث باستمرار يمكن أن تتحول إلى كوارث مدمرة. وإن معظم هذا التدمير والتخريب يحدث بسبب الجهل بالتعامل مع هذه الكوارث أو لعدم التهيؤ لمواجهتها في أي لحظة، ولهذا يجب التعرف على أنواع المخاطر المختلفة وتصنيفها ومتى يكون الحدث الطبيعي خطراً وكيف يمكن أن يتحول الخطر إلى كارثة أو أزمة، ومتى تمت معرفة ذلك فإنه بالإمكان فهم الحاجات العملية للاستعداد وعمل الاحتياطات والتدابير اللازمة لحالات الطوارئ ومواجهة الكوارث وإداراتها ودرء خطرهما المتزايد والتأثيرات المؤثرة الناجمة عنها. يعالج هذا الفصل مفهوم البحث العلمي وسماته ومقوماته، وضرورة تبني البحث العلمي والتطوير التقني في معالجة الكوارث. أيضاً يشرح المبدأ العام لعمل النموذج الديناميكي لمنظومة البحث العلمي والتطوير في تسريع عمليات البحث عن البيانات المختلفة والضرورية ومعالجتها ديناميكياً للحصول الآني على الحلول الناجعة لإدارة الكوارث. يعرض الفصل أيضاً التطبيق المفصل لمنظومة البحث العلمي والتطوير التقني في دراسة مراحل

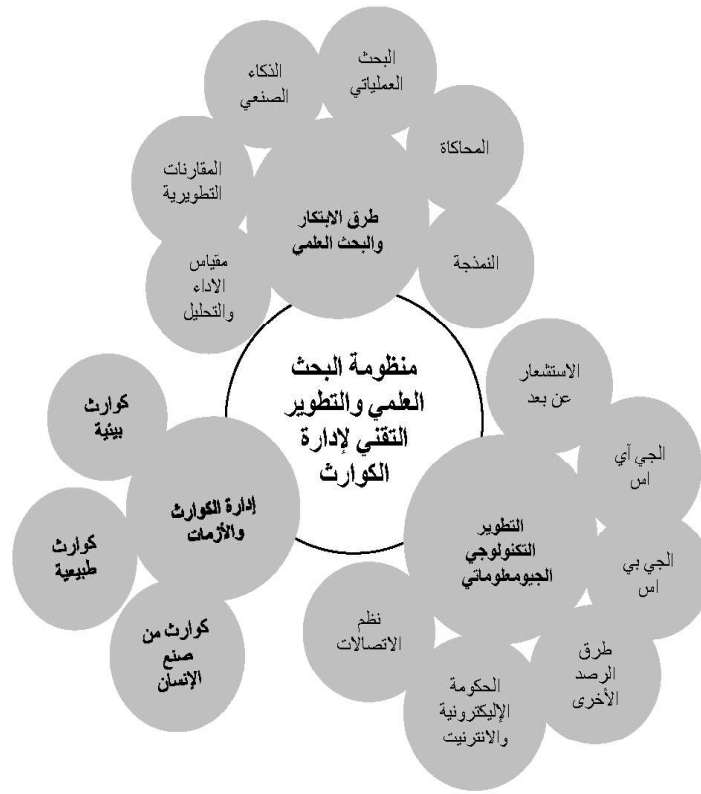
حدوث التسونامي وكيفية تطبيق الخوارزمية الجينية في تسريع الحصول على المعلومات وتصغير الوقت الحسابي لمعالجة البيانات وزيادة وقت الإنذار والتجارب مع خطر التسونامي ومن ثم تعميمها على حالات دراسية أخرى.

## 2.8 منظومة البحث العلمي والتطوير التقاني لإدارة الكوارث

يُعرف البحث العلمي وفقاً لمفهوم إدارة الكوارث بأنه عبارة عن عملية دقيقة ومنظمة لتقصي كافة الحقائق والمفاهيم المتعلقة بالكارثة والدراسة العميقة والحقيقية الناقدة لتصنيفها وتحليلها لإظهار مسبباتها والتغلب على الصعوبات التي يمكن مواجهتها ووضع ما يناسبها من حلول وذلك باتباع أفضل الأساليب العلمية الصحيحة والتقنيات الحديثة. أيضاً يمكن تعريف البحث العلمي بأنه استقصاء منهجي في سبيل إجراء التعديلات الجديدة للمعلومات السابقة عن تطورات وتحولات الكارثة بهدف تصحيحها واستمرار تطورها أو زيادة مجموع المعرفة والنشاطات التي تعتمد المعارف والخبرات والأفكار كمدخلات تكون مخرجاتها أو نتائجها معرفة جديدة أو توسيع لمعرفة قائمة أو تطوير لأدوات وتقنيات لمعالجة الكارثة وتحقيقها تحقيقاً علمياً دقيقاً وبالتالي تطويرها للوصول إلى اكتشافات جديدة أو تفسير الظواهر الطبيعية والتنبؤ عنها. فالخلاصة يمكن تعريف منظومة البحث العلمي المبنية على التطوير التقاني والابتكار لإدارة الكوارث كما هو موضح في الشكل 1.8 بأنها الاستخدام المنظم والدقيق للفكر البشري لمعالجة أسباب حدوث الكوارث بكافة أنواعها ومن ثم التوصل إلى حلول عملية مبنية على أحدث الأجهزة والتقنيات لمواجهتها أو للتخفيف من آثارها. فالباحث يستخدم المنهج والتفكير العلمي في دراسة الظواهر المختلفة للكارثة ويجمع بياناتها ثم يصنفها ويحللها في ضوء كافة المعطيات والنظريات والفروض المحددة ليستطيع الإحاطة الشاملة بمعرفة كل الجوانب المختلفة للكارثة واتباع المنهج العلمي بما يتسم به من موضوعية ودقة وصحة والتي تسمح بالتأكد تتبع إمكانية التنبؤ عن التصرف الفعلي للكارثة خلال كل مراحل إدارتها وإيجاد الحلول الناجعة والطرق العلمية لمعالجتها على أسس قويمية.

تتسم هذه المنظومة بعدة سمات: (1) جمع المعلومات من المصادر الأولية والثانوية واكتشاف العلاقات السببية بين متغيرات الكارثة بما يساعد على فهم

وإيجاد الحلول المناسبة لها، 2) التوصل إلى تعميمات أو مبادئ أو نظريات تساعد علي فهم ظواهر حدوث الكوارث والتنبؤ عنها، 3) استخدام أحدث الأجهزة والتقنيات للتجريب في الحوادث التي تسمح بذلك (كالدراستات المخبرية لتصرفات الزلازل) والملاحظة الدقيقة والوصف الموضوعي واستخدام القياس الكمي والنوعي فالبحث العلمي يبدأ بخطوة وينتهي بنتائج تجيب عن تساؤلاته. 4)



الشكل 1.8: المنظومة المتكاملة للبحث العلمي والتطوير التقني والابتكار في إدارة الكوارث

الإلمام بأدبيات ومصطلحات ومفاهيم البحث العلمي والموضوعية والالتزام بالمنطق لإثبات صحة فروضه ويتطلب صبراً ومثابرة من القائمين عليه. أما أهم المقومات الأساسية لهذه المنظومة فتتكون من: أفراد علميون ومؤهلون وقادرون على ممارسة البحث العلمي، التجهيزات الضرورية

والمخابر والمعاهد البحثية والموارد والخامات، المعلومات العلمية المتصلة بنتائج البحث وغيرها من الاكتشافات والابتكارات وما يتطلبه ذلك من توافر مصادر المعلومات والتمويل اللازم والتنظيم الإداري المتحرر الذي يساعد على أداء الأعمال ويكفل الإثابة والحوافز المادية الملائمة ويهيئ مناخاً سليماً للعمل والعطاء بكفاءة.

يحتل البحث العلمي والتطوير التكنولوجي في مجال إدارة الكوارث وتوطئتهما ودعمها مادياً ومعنوياً مكانة مهمة في سلم الأولويات والاهتمامات لجميع الدول وخاصة الدول المعرضة للكوارث كاليابان وذلك لان التقدم في هذا المجال تنعكس نتائجه بشكل مباشر أو غير مباشر على مستوى التقدم في مواجهة الكارثة وتخفيف آثارها. فاليابان كمعظم دول العالم تعطي أهمية خاصة للبحث العلمي من خلال توفير الإمكانيات المادية والبشرية اللازمة وإعداد الكفاءات المؤهلة وتدريبها على أحدث الأساليب العلمية والتقنية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة الشاملة التي تلعب العامل الرئيسي في إدارة الكوارث. تنتهج هذه الدول المتقدمة المعالجة المثالية لإدارة الكوارث التي تركز على كل من مجتمعي المعلومات والمعرفة ودور الآليات المتطورة في إدارة الكوارث كتحديد دور مكونات المقارنات التطويرية الإلكترونية للأداء بالأساليب الرقمية، إلخ. حيث تساعد هذه المقارنات جميع العاملين في مجال الكوارث بما فيهم أصحاب القرار في إدارة الكارثة على الفهم الدقيق للعلاقات بين الأسباب والنتائج، والتمييز بين الأهداف الإستراتيجية والأهداف الفرعية وتحليل الفجوة في الأداء بين النموذج المثالي والأداء المحلي للكارثة، وتوفير الأطر العامة الموحدة لاقتراح العلاجات والمانعات للكوارث المستقبلية، إلخ. تتمثل الآليات المعروفة في إدارة الكوارث بمبادئ وأساليب متعددة ومتنوعة: كمبدأ التجربة والخطأ، ومبدأ ردود الفعل، ومبدأ المحاكاة والنمذجة، ومقياس محدد للأداء (e-Benchmarking) بمعايير متفق عليها وهو عبارة عن منهج إلكتروني فوري لاختبار أسلوب معالجة الكوارث مع النموذج المثالي، ومقياس وتحليل الفجوة فوراً، وتحديد مجالات التحسينات والتطويرات. أما مجتمع المعلومات ودور ومبدأ الحكومة الإلكترونية والحكومة الإلكترونية، في إدارة الكوارث فيتمثل بثورة الإنترنت التي توفر معلومات عن الكوارث في أي مكان وفي أي وقت من خلال تأمين: قاعدة بيانات عن الكوارث وقاعدة



بيانات أخرى خاصة بالخبراء والمعاونين في مجال إدارة الكوارث، إلخ. في حين يتمثل دور مجتمع المعرفة بالمقارنات التطويرية الإلكترونية في الإنذار المبكر ومرشدات وتكنولوجيا معلومات إدارة الكارثة من خلال بناء وتحديث قواعد بيانات وتكوين نظام معلومات الكوارث واستخدام الإنترنت وإنشاء موقع على الإنترنت لتبادل المعلومات لدعم التوجهات، واستخدام البريد الإلكتروني واستخدام الشبكات المحلية للمعلومات (LAN)، ودعم القرارات وإجراء التحسينات المستمرة في علاجات الكوارث، والتنبؤات والنماذج والمؤشرات، إلخ. يؤكد هذا البحث على أهمية وضرورة الإستراتيجية العملية المبنية على البحث والتحليل العلمي والتطوير التقني والابتكار في دعم إدارة الكوارث وتخفيف آثارها من خلال استخدام النموذج الإلكتروني للمقارنات التطويرية، وتحديد معايير الأداء النمطية (Best Practices)، وتبني التفكير العلمي، واتباع المنهج المنطقي للحصول على النتائج الصالحة للتعميم ومن ثم إيجاد الحل المثالي لإدارة الكوارث. إن الإدارة السليمة لمنظومة البحث العلمي والتطوير بما تتضمنه من تخطيط وتنظيم وآليات عمل، تشكل نقطة التلاقي بين المكونات الجوهرية للأسس أو الدعائم لإدارة الكوارث بشكل مثالي وهي البحث والباحث وأداة البحث.

### 3.8 الأخطار والكوارث وضرورة تبني منظومة البحث العلمي والتطوير التقني في معالجتها

تتنوع مصادر الخطورة (Hazards) التي تتعرض لها البلاد وفقاً لشدتها ونوعيتها وحجمها كما تختلف طبقاً لتأثير قطاعات البلاد بها ولذا يمكن تعريف الخطر (Risk) بأنه حدث نادر أو مفاجئ أو محتمل لكن بالغ الشدة يؤثر بشكل ضار على الأرواح والممتلكات إلى درجة التسبب في كارثة (Disaster). أما درجة التعرض للخطر أو الهشاشة أو قابلية الإصابة (vulnerability) فهي مقدار الخسائر الناتجة عن حدوث خطر ما. وبالتالي فالكارثة هي مجموع الخطر ودرجة تعرض للخطر. يمكن تصنيف المخاطر بشكل عام حسب أسبابها الطبيعية أو البشرية إلى مخاطر طبيعية (Natural Hazards) كالهزات الأرضية والبركانية والفيضانات وغيرها من الكوارث والأحداث الطبيعية التي تحدث نتيجة لعوامل طبيعية فقط، ومخاطر بيئية (Environmental Hazards)

تحصل نتيجة للتفاعل بين الإنسان والبيئة، ومخاطر من صنع الإنسان (Man-Made Hazards) تحدث نتيجة لتصرف الإنسان ونشاطاته المختلفة كالتسرب الإشعاعي من محطات الطاقة النووية. يمكن تصنيف الأخطار الطبيعية إلى نوعين رئيسيين: (1) الأخطار الجيوفيزيائية كالجيولوجية والجيومورفولوجية (كالانهيارات الثلجية والزلازل والانزلاقات الأرضية، إلخ)، والمناخية والميتورولوجية (كالعواصف الثلجية والجفاف والفيضانات والموجات الحارة والحرائق، إلخ). (2) الأخطار البيولوجية كالنباتية (كصدأ القمح ومرض الصنوبر والذباب البيضاء، إلخ)، والحيوانية (كالفيروسات والبكتيريا الضارة والقوارض، إلخ). إن الفرق في المفهوم بين الأزمة والكارثة يؤدي إلى معالجات غير سليمة لكل منهما وهذا يتطلب توضيحاً لهذه المفاهيم المختلفة. فالأزمة (Crisis) هي خلل مفاجئ نتيجة لأوضاع غير مستقرة يترتب عليها تطورات غير متوقعة نتيجة عدم القدرة على احتوائها من قبل الأطراف المعنية وغالباً ما تكون بفعل الإنسان ويمكن التنبؤ عنها وإن عنصر المفاجأة فيها تصاعدي. أما الكارثة (Disaster) فهي حادثة كبيرة ينجم عنها خسائر كبيرة في الأرواح والممتلكات وتلوث البيئة وقد تكون طبيعية (Natural Disaster) أي مردها فعل الطبيعة مثل الفيضانات والزلازل، وقد تكون كارثة فنية (Technical Disaster) ومردها فعل الإنسان سواء كان إرادياً (عمداً) أو لا إرادياً (باهمال) وتتطلب لمواجهتها معونة الوطن أو على المستوى الدولي إذا كانت قدرة مواجهتها تفوق القدرات الوطنية وذلك وفقاً لحجم الكارثة ومدى الخسائر التي تنجم عنها ومن الصعوبة التنبؤ عنها وإن عنصر المفاجأة فيها كامل (تسونامي 2004). فمثلاً الزلازل هي ظاهرة طبيعية (أو عملية جيولوجية) مرتبطة بطبيعة الأرض وتكوينها الداخلي. يمكن قياس الكوارث على أساسين: الأول فيزيائي كقياس قوة الطاقة الناتجة عن الحدث مثل مقياس الانزلاقات الأرضية وقياس ريوفورد لقياس قوة الرياح ومقياس ريختر لقياس قوة الزلازل (Richter, 1958)، والثاني على أساس موضوعي لقياس آثار الكارثة على الإنسان وممتلكاته وبيئته كمقياس شيهان وهيوت ومقياس برادفورد (المدهري 1429هـ). يجب استخدام كلا المقياسين في إدارة الكوارث لأنهما يكملان بعضهما البعض وهذا لا يمكن تحقيقه إلا في منظومة متكاملة للبحث العلمي والتطوير التقني.

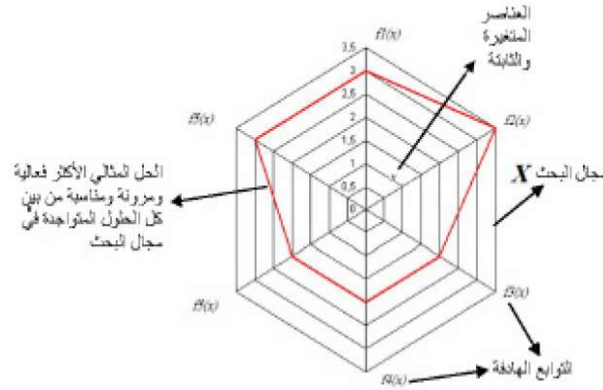
## ضرورة استخدام المنظومة في إدارة الكوارث

إن آثار الكوارث وتعاقبها تتزايد باستمرار في شتى أنحاء العالم، مع ما يصحب ذلك من أن البلدان المتأثرة تتحمل أعباء مفرطة من حيث الخسارة في الاستثمار وتكاليف الأعمار وفقدان الدخل واضطراب النشاط الاقتصادي، ناهيك عن ذكر الخسائر في الأرواح. بيد أنه من الممكن الحد من الخسائر المقترنة بالكوارث المقبلة، وذلك بتضمين منظومة البحث العلمي والتطوير التقاني في صلب التخطيط الإنمائي الشامل وأي تدبير من تدابير الحد من الكوارث سيكون قاصراً ما لم يقترن بالمنظومة. فأهمية البحث العلمي والدور الفعّال الذي يلعبه العلم والتكنولوجيا بدءاً من تحديد الكارثة ووصفها وتقييمها بشكل إجرائي واختيار منهج وأسلوب جمع المعلومات وتحليلها واستخلاص النتائج التي تستخدم لتغذية قواعد البيانات يساعد على إضافة المعلومات الجديدة وإجراء التعديلات للمعلومات السابقة بهدف تصحيحها وتحديثها واستمرار تطويرها بغية رفع الأداء وتقليل الكلفة. فمثلاً يجب إجراء الدراسات العميقة والتحليلية لمعرفة الدول الزلزالية في الوطن العربي وذلك لأن الصحيفة العربية يحيط بها العديد من الأحزمة الزلزالية الناتجة عن تحرك الصفائح وإن معظم دول الخليج العربي تُعتبر من المناطق التي لا تتوفر فيها معلومات أو دراسات زلزالية كافية، وعلى الرغم من قلة النشاط الزلزالي في معظم المناطق إلا أن قربها من المناطق النشطة زلزالياً في إيران وتركيا والبحر الأحمر يتطلب إجراء دراسات زلزالية مستفيضة لتحديد مكامن الخطورة الزلزالية بدقة متناهية وهذا ما تحققه المنظومة. أما بالنسبة للفيضانات فتتعرض معظم الدول العربية سنوياً لها نتيجة موقعها الجغرافي والمناخ السائد بها والتقلبات الجوية الناتجة عن ذلك. لقد تم تسجيل 54 فيضاناً خطيراً ضرب العديد من دول العالم العربي بين سنوات 1964 و 2001 (كالجزائر وتونس والمغرب والسودان واليمن إلخ) وقد خلفت هذه الكوارث الطبيعية لوحدها ما يقارب 180.000 ضحية بشرية هذا فضلاً عن الخسائر المادية التي تقدر بعشرات المليارات من الدولارات. حتى الوقت الحاضر، تعتبر مواجهة كارثة الفيضانات والحد من تأثيرها ومراقبة التحكم بتلوث المياه الجوفية والسطحية في أثناء الفيضان عمل معقد وصعب حيث تتم بالوسائل اليدوية ونصف آلية ومعظم البيانات والمعلومات يُحصل

عليها من المواقع الثابتة ومحطات المراقبة الأرضية (Terrestrial Monitoring Stations) والتي تزود فقط صورة جزئية عن الوضع العام لتلوث المياه بسبب نقص التمثيل الفراغي (Spatial Representation) لمصادر تلوث المياه بالإضافة إلى أن عملية المراقبة مكلفة جداً وإن كثافة نقاط المراقبة محدودة في بعض أجزاء الإقليم. إن المعالجة المثالية والفعالة تتطلب إجراء دراسات وأبحاث جديدة مبنية على مفاهيم منظومة البحث العلمي والتطوير من خلال تحليل أسباب وتأثير والحد من خطورة هذه الفيضانات حيث يمكن للمنظومة أن تعالج كافة هذه الأسباب مجتمعة.

وعلى المستوى العالمي، فإن ظاهرة تغير المناخ ومفهوم التغيرات المناخية ومظاهرها التي أصبحت حقيقة واقعة تتطلب الاتجاه نحو البحث والاثار التي تؤدي إلى كوارث ومخاطر على الإنسان والبيئة. يوصف التغير المناخي بأنه «حدوث تغير أو تحول في الخصائص المناخية العادية أو السائدة في منطقة ما مما يؤدي إلى حالة غير طبيعية يمكن أن يترتب عليها آثار ضارة بالبيئة والإنسان» أو بأنه حدوث خلل في توازن مكونات الغلاف الجوي وهنا تتبين أهمية منظومة البحث العلمي في تأمين كافة سيناريوهات التغير المناخي كسيناريو الجفاف وسيناريو الرطوبة التي لا يمكن تأمينها إلا بالبحث العلمي. أما فيما يخص عملية التحكم بتلوث الهواء أو الماء، فمن الواضح أنها تتطلب فهم التغير الجغرافي للملوثات والحصول على المعلومات حول مستويات التلوث الآني والمباشر (Real Time) في المواقع غير المزودة بنقاط المراقبة وهذا يتطلب التقاطع الخارجي للبيانات (Extrapolation The Data) من محطات المراقبة إلى أبعد منطقة في الإقليم لكي يتم نمذجة ورسم التغيرات الفراغية (Spatial Distributions) للتلوث. بالإضافة، فإن عمليات التنبؤ عن العناصر الفيزيائية (Physical Parameters) وتأثير التلوث تكون بشكل رئيسي محلية وغالباً متغيرة بشكل على مسافات قصيرة. فالمعرفة التفصيلية للمساهمة النسبية لكافة مصادر التلوث المختلفة (كالزراعية والمنزلية والصناعية والمخلفات الأخرى، إلخ) تكون مهمة جداً في الحصول على الفائدة القصوى من استخدام الوسائل المتنوعة والمختلفة في عمليات ضبط تلوث المياه حيث إن عمل كل وسيلة يتم تصميمه واستخدامه وفقاً لكل نوعية وطبيعة كل مصدر. تتناول الفقرة التالية الخصائص الرئيسية للنموذج الديناميكي لمنظومة البحث

العلمي والتطوير التقاني المتكاملة للحصول السريع على المعلومات الضرورية وتأمين الحلول المثالية لمعالجة كافة الكوارث بما فيها التلوث البيئي بأنواعه.



الشكل 2.8 المعالجة المثالية لدراسة الكارثة وفق منظومة البحث العلمي والتطوير التقاني

#### 4.8 النموذج الديناميكي لمنظومة البحث العلمي والتطوير في إدارة الكوارث

إن استخدام التقنيات الحديثة والمنهج العلمي يعتبر أحد الأساليب التحليلية لتقييم وطرح الحلول البديلة والكفيلة برفع الأداء وتقليل التكلفة. تُعرف الكوارث وفقاً لمفهوم التحسين الميتاهيروستيكي الديناميكي بأنها مشاكل أو مسائل آنية (Real Time Problems) مكونة من دالات هادفة متعددة (multi-objectives) ومتناقضة وغير متجانسة ومتداخلة فيما بينها لتؤلف مجموعة غير متناهية من الحلول الموزعة على مجال بحث معقد (Complex Search Domain). علاوة على ذلك، فإن الكم الهائل من البيانات المجمعة لمعالجة هذه الكوارث يتزايد باطراد وهذا ما يستلزم البحث عن طرق البحث المتقدمة والآلية لنمذجة هذه البيانات بأسلوب فعال ومتناسب واقتصادي وسريع بنفس الوقت. تستطيع منظومة البحث العلمي والتطوير التقاني في أثناء معالجة هذه الكوارث وبنفس الوقت استخدام عدد كبير من التوابع الرياضية (functions) القادرة وبمرونة مناسبة على تشكيل الحلول المثالية بشكل سريع مع الأخذ بالحسبان باستمرار الحالة المتغيرة للبيانات تحت التأثيرات

والظروف المتغيرة المواكبة لهذه الكوارث. يتم صياغة هذه المسائل لمعالجتها كما موضح تخطيطيا في الشكل 2.8 وتفصيلياً بالنموذج الديناميكي للمنظومة الممثل بالمعادلة الرياضية (1) كمايلي:

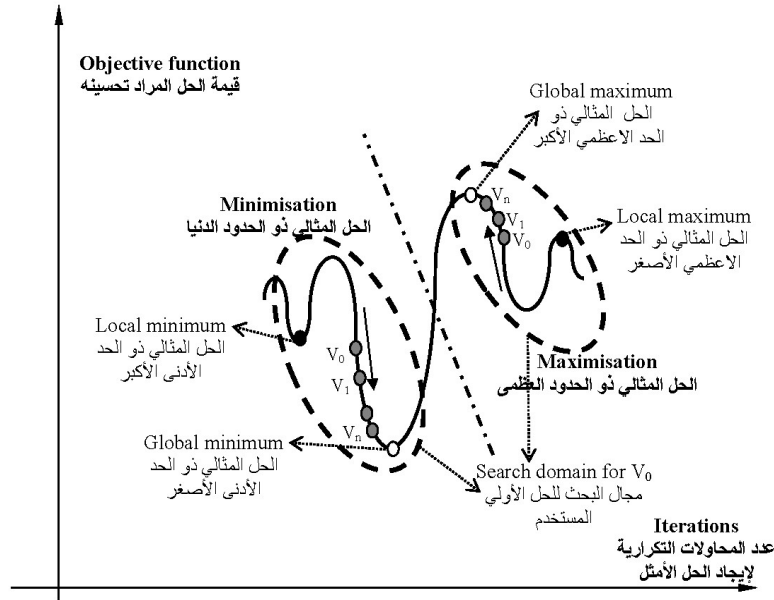
(1)

$$Network_{MOP} = optimize : f(x) = \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)\} \text{ subject to } x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X$$

يمثل  $fi(x)$  عدد التوابع الهادفة المراد تحسينها (زمن الإنذار أو التجاوب أو الكلفة أو الدقة، إلخ) والتي يمكن دراستها سوية بنفس الوقت باستخدام المنظومة التي تعطي النظرة العامة والواضحة عن الوضع العام لمعالجة الكارثة بعكس الطرق التقليدية الحالية التي تكون معالجتها جزئية وتقتصر على تابع واحد. أما  $(X)$  فتمثل مجال أو فضاء البحث (Research Domain) الذي يحوي كافة الحلول المحتملة والذي فقط باستخدام المنظومة يمكن الحصول عليها بهذه الوضعية الشاملة، و  $(x)$  مجموعة العناصر أو العوامل المتغيرة (Variables) التي تتحكم بعمل التوابع الهادفة (كالعناصر المتعلقة بالزلازل مثل الشدة والاتجاه والسرعة والعوامل الأخرى كالجيولوجية، إلخ). والهدف المراد من عملية التحسين (Optimise) هو دمج جميع العوامل الثابتة والمتغيرة للتوابع الهادفة في النموذج الديناميكي للمنظومة لإيجاد الحل المثالي الأكثر فعالية ومرونة ومناسبة من بين كل الحلول المتواجدة في مجال البحث والمكون من عدد غير متناهي من الحلول. كما هو موضح في الشكل 3.8 يبدأ النموذج عمله باختيار أو تشكيل الحل الأولي  $(V0)$  من مجموعة الحلول المحتملة ثم يقوم بتطبيق عمليات التحسين بتقاطع وتبادل عناصر الحل مع بعضها البعض بغية إيجاد حل جديد  $(V1)$  أفضل من الحل السابق  $(V0)$ . يُكرر النموذج تطبيق عمليات التحسين على الحل الجديد الناتج في كل مرحلة بهدف إيجاد أفضل حل نهائي  $(Vn)$  ممكن لهذه الكارثة. تتوقف عمليات التحسين فور الحصول على الحل الأكثر مناسبة للشروط المحددة مسبقاً. فالهدف الرئيسي للنموذج الديناميكي لعمل المنظومة تكوين الصيغة الفعالة لتطبيق عمليات البحث المحلي (Local Search) على الكارثة المراد معالجتها بغية تحسينها وإيجاد الحل الأكثر مناسبة من بين مجموعة الحلول الممكنة ومن ثم تحسين فعالية هذا الحل إلى أقصى حدود الإمكانية.

إن الصفة الأكثر تميزاً لنموذج المنظومة هو إحاطته الشاملة للحالة التكاملية

لتجميع البيانات البيئية والجغرافية وأدوات تنظيم البيانات مع أدوات القرار والمحاكاة في المعالجة المثالية لإدارة الكارثة وتخفيف خطرها وهذا يُسمح للشخص المبرمج (Modeller) بأن يطور المواصفات الدقيقة وغير المبهمة التي ستساعده بقوة في تقدير وتقييم كافة تأثيرات الكارثة والتي من غير الممكن حتى للمصمم المحترف أن يجد الحل المثالي بالطرق الحالية التقليدية غير القادرة على تأمين التمثيل الفراغي لكامل الوضع وتنقصها القدرة على اختيار البيانات الضرورية لتحسينها. تسمح المنظومة المطورة في هذا البحث للعامل التقني (Technical User) بالقدرة على اختيار أفضل حل ممكن من بين مجموعة الحلول الناتجة آخذاً بعين الاعتبار جميع العوامل الثابتة والمتغيرة وتناقضاتها، وإن الحل النهائي يجب أن يتمتع بالصفات الآتية: (1) أن يكون آلياً أو أوتوماتيكياً (Robust) بحيث يقوم بكامل الوظائف المرجوة تحت تأثير جميع الشروط البيئية، (2) مستدام (Sustainable) بحيث أن لا يكون مثالياً فقط تحت تأثير الشروط الحالية، بل أيضاً باعتبار التغيرات المحتملة حدوثها والمنتبئ عنها، (3) مرن (Flexible) بحيث يسمح بسهولة قبول التعديلات بعد تغير البيئة خلال وبعد حدوث الكارثة.

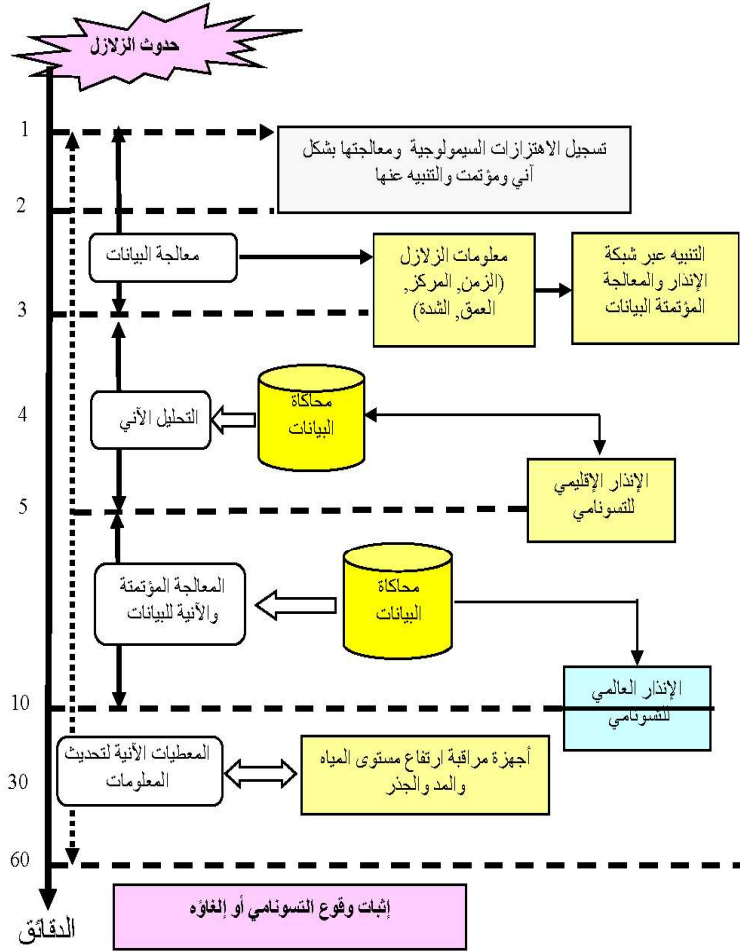


الشكل 3.8 مفهوم البحث المحلي والتحسين (ذو الحدود العظمى والدنيا) في إيجاد الحلول المثالية

يعتمد النموذج الديناميكي (Dynamical Model) على التقنيات المعلوماتية المستندة على طرق البحوث العملية (Operational Research) ومبادئ الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence وطرق التحسين المثالي للمعطيات (optimization) والنمذجة (modelling) والمحاكاة (simulation)، إلخ. تتصف هذه التقنيات بقدرتها الديناميكية ومرونتها المناسبة على التعامل مع العوامل الثابتة والمتغيرة الخاصة بمعطيات قاعدة البيانات المركزية (discrete and continuous parameters) حيث تساعد هذه التقنيات النموذج الديناميكي في أثناء عمليات التصميم على الانتقاء السريع والفعال للبيانات الأساسية (من بين مجموعة البيانات الكثيرة المكونة لقاعدة البيانات) ومن ثم تقاطع وتبادل هذه البيانات فيما بينها وتنقيتها للحصول على الحل المثالي واستمرارية الحفاظ على فعاليته خلال جميع مراحل إدارة ومراقبة الكارثة (كالفيضانات). وبالتالي إنتاج السيناريوهات المتنوعة التي تعكس آنياً وباستمرار الوضع الحقيقي (continuous and real time) والتمثيل الفراغي لشكل الفيضان والخطر المتوقع علماً أن الطرق التقليدية بوضعها الحالي تفتقر وتنقصها القدرة على ذلك.

يدعم هذا النموذج الديناميكي للمنظومة أصحاب ومتخذي القرار عند إدارة كارثة الفيضان من خلال: (1) تكامل المعلومات والعلم والتكنولوجيا، (2) استخدام الأنظمة المعلوماتية والجيومعلوماتية المتطورة في عمليات الرصد وجمع البيانات وتصنيفها واستنباطها وتحليلها لمراقبة المؤشرات وتقييم الشروط البيئية وبالتالي تعيين تقديرات درجة التعرض للخطر، (3) استخدام تقنيات البحث الذكية في العمليات الاحتمالية والتنبؤ عن تصرف الفيضان وبالتالي تحديد الأساليب الفعالة لمواجهة وتقليل الخطر إلى حدود الإمكانية، (4) اعتماد شبكات اتصالات متطورة في نقل وإيصال المعلومات آنياً لاتخاذ القرارات في الزمن والمكان المناسبين. تتناول الفقرة الآتية تطبيق هذه المنظومة في دراسة كارثة أخرى وهي التسونامي وذلك باستخدام كافة العناصر والتوابع المتعلقة بكارثة التسونامي في النموذج الديناميكي لمعالجة البيانات.



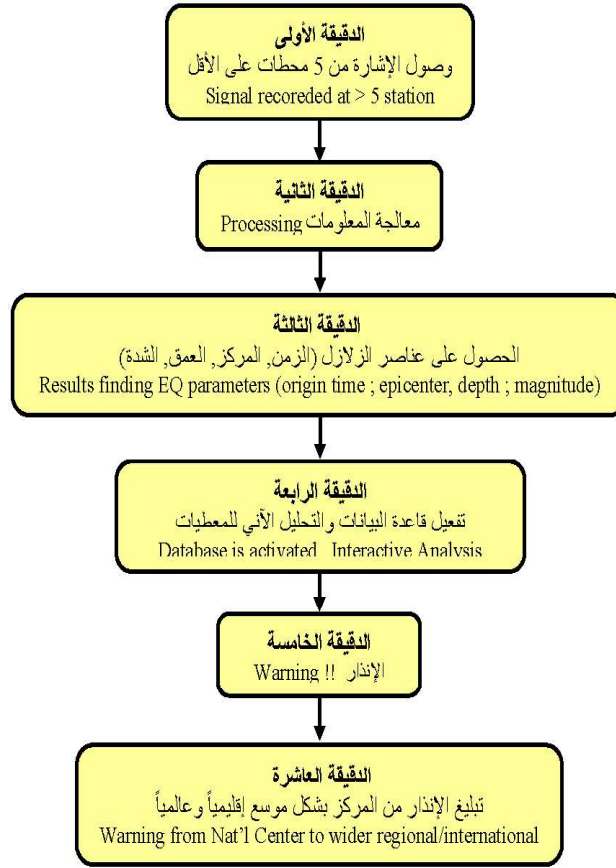


الشكل 4.8 المراحل العملية لحدوث كارثة التسونامي وتجميع ومعالجة البيانات للإنذار المبكر.

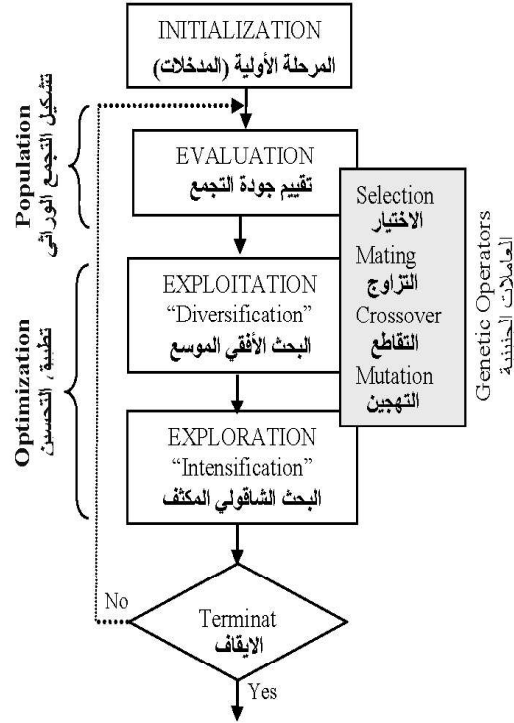
## 5.8 الدراسة المثالية لكارثة التسونامي باعتماد الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms GAs)

كما هو معلوم فإن بعض الزلازل التي حدثت في عرض البحار والمحيطات قد أنتجت مدّاً ألحق المناطق البعيدة بمئات الكيلومترات بأضرار كبيرة ففي حوض البحر الأبيض المتوسط سجل 10 ٪ من هذا الخطر الذي يمس مصر 1350، لبنان وسوريا 551، الجزائر 2003 حيث وصلت أضرار الزلازل إلى إسبانيا والمغرب 2007. فالوضعية الطبيعية لمعظم دول العالم العربي الموازي

لخط الزلازل المتجه من أغادير غرباً إلى خليج العقبة شرقاً وحتى الأقطار العربية الأخرى الخارجة عن تأثير هذا الخط، تقع في محيط تأثيرات خطوط زلازل أخرى كما هو الحال بالنسبة لبعض دول الخليج التي تتأثر بالهزات التي تقع بشرق القارة الآسيوية أو بجنوبها. لهذا يجب تحقيق الدراسة الشاملة لكامل المنطقة الجغرافية التي يُمكن أن يعصف بها التسونامي لدرء كافة الأخطار المحتملة. تشرح الفقرة الآتية مراحل تطبيق البحث العلمي والتطوير التقني باستخدام الخوارزميات الجينية لإيجاد الحل المناسب للتحكم بالمخاطر في أثناء مراحل إدارة التسونامي (الشكل 6.8).



الشكل 5.8 الوقت المطلوب (بالدقائق) لمعالجة بيانات الإنذار عن التسونامي.



الشكل 6.8 المخطط التوجيهي لعمل الخوارزمية الجينية في إيجاد الحل المثالي للتخفيف من حدة الكارثة

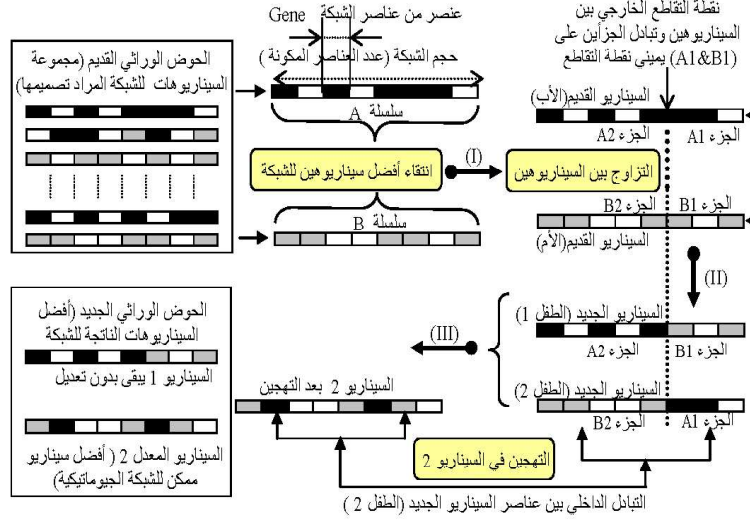
تسبب الزلازل القوية البحرية في حركة اهتزازية عنيفة للأرض بمركبات أفقية ورأسية مترامنة يصطحبها اهتزاز والتواء وتشوهات في الأرض حيث تتألف الدراسة الميكانيكية للتسونامي من ثلاث مراحل فيزيائية متتابعة تبدأ بتوليد الموجة من جراء أي إزاحة عمودية مفاجئة في قاع البحر نتيجة حركة تصدعية عنيفة وبعدها تنتشر الموجة ثم تتلاشى. باستخدام النموذج الديناميكي للمنظومة يمكن تحليل هذه الدراسة ونمذجة العناصر المؤثرة على التسونامي والمؤلفة من: قوى الزلازل (magnitude)، وموقع وتكرار الزلازل (frequency and location)، وعمق بؤرة الزلازل التي تؤثر على حجم أمواج تسونامي المتولدة، وتأثير مسار موجة الطاقة الزلزالية (seismic energy)، ومتوسط الإزاحة الأرضية حيث يصاحب حدوث الزلازل عادة تحرك رأسي أو أفقي لأحد جانب الصدع مما يتأثر حجم الموجات البحرية بالزيادة تبعاً لزيادة الإزاحة، واتجاه الحركة على سطح الفالق كالتحرك الرأسي لجانبي الفالق بالنسبة لبعضهما البعض أو التحرك الجانبي

أو الإزاحة المائلة على سطح الفالق، ودرجة مساهمة الظروف الجيولوجية في الدمار، إلخ. تتطلب دراسات المخاطر الزلزالية لأي منطقة بالتعرف بدقة على معاملات اضمحلال الموجات الزلزالية، وتستخدم عادة معادلات الاضمحلال (attenuation relations) لتقدير الحركات القوية في دراسات المخاطر الزلزالية لتلك المناطق، وهي عبارة عن علاقات رياضية مبسطة تربط معامل معين للحركة الأرضية (كالسارع والسرعة الأرضية العظمى) (ground-motion parameter) في مكان ما بعدة عوامل سيزيمية للزلازل مثل مقدار الشدة، وبعد الموقع عن بعد الزلازل، ونوع الصدوع، وحالة المكان المحلية. لقد شهدت السنوات الماضية تطوراً مضطرباً في الدراسات الخاصة بالموجات الزلزالية وطراً تحسن كبير في تعيين قيم الاحتكاك الداخلي للموجات الزلزالية كعامل النوعية (quality factor) وهذا ما تناوله منظومة البحث والتطوير في مواكبتها لأحدث التقنيات.

للتخفيف من مخاطر التسونامي يلزم الاستعانة بالنموذج الديناميكي المتكامل لانجاز كافة مهام رصد وتسجيل عدد الظواهر الأرضية الطبيعية المتعاقبة المساعدة على تولد هذه الأمواج. تتكون هذه المهام من: رصد وتسجيل النشاط الزلزالي العملاق والقوى في المناطق البحرية العميقة، ومراقبة تولد أمواج تسونامي في مياه البحار والمحيطات وطبيعتها وأنماط انتشارها إلى المناطق الشاطئية ضحلة الأعماق. يعتمد النموذج في عمله على عدد من أجهزة الرصد والتسجيل الموزعة على اليابسة والشواطئ وفي المناطق البحرية أو من الفضاء الخارجي مثل: أجهزة رصد وتسجيل النشاط الزلزالي والنشاط البركاني، وأجهزة رصد الأمواج والتيارات البحرية في البحار والمحيطات، وأجهزة الرصد والتصوير الفضائي للمناطق البحرية، وأجهزة قياس ضغط مياه أعماق البحار والمحيطات، وأجهزة قياس المد والجزر والتغير في مستوى مياه البحار والمحيطات، إلخ. يتكون النموذج من منظومة شبكية تضم كافة هذه الأجهزة وتنقل بياناتها إلى مركز تجميع البيانات والتحليل الفوري لها للاستفادة منها كوسيلة فعالة للإنذار المبكر عن التسونامي حيث إن حدوث هزة أرضية عميقة في المناطق البحرية تعتبر إشارة أولية عن احتمالية حدوث التسونامي، أما الإشارة الواضحة فهي الارتفاع المفاجئ للمياه في الخلجان البحرية وعلى امتداد الشواطئ الذي يمكن أن تسجله أجهزة الإنذار المبكر. إن الطرق المستخدمة حالياً غير قادرة على تأمين التمثيل الصحيح والمفصل للوضع العام للمخاطر

الزلزالية والتكتونية، وينقصها القدرة على اختيار المعلومات الضرورية من قاعدة البيانات. يستطيع النموذج الديناميكي الجيومعلوماتي: (1) إيجاد الدراسة الفعالة لمعالجة المعطيات من خلال التأمين السريع والفوري لجميع المعلومات الضرورية حول مستويات الهزات الآني لكامل مساحة المنطقة الزلزالية وخاصة الأجزاء غير المجهزة بنقاط المراقبة، (2) فهم سلوك البؤر الزلزالية وتوزيعها، (3) طرح عدة سيناريوهات عن التأثيرات الزلزالية التي تساعد في تقييم وتقدير الخطر الناتج وكيفية معالجة تأثيراته المختلفة قبل وبعد وأثناء الكارثة.

عند تطبيق النموذج الديناميكي يتم تحديد عدد المحاولات التكرارية (Iterations) اللازمة للحصول على أفضل تصميم ممكن. تُعرّف المحاولة التكرارية بالزمن اللازم الذي يحتاجه الحاسوب لإيجاد التصميم المناسب خلال الدورة الواحدة لعمل البرنامج (Loop). فالغاية من المحاولات التكرارية في أثناء عمل النموذج هو إجراء عمليات التفتيش والبحث الواسع ضمن المجال البحثي (Search Domain) لكارثة التسونامي المراد تحسينها بغية إيجاد أفضل حل ممكن (حتى نهاية عمل البرنامج للاستفادة من المحاولات السابقة). لتوجيه عمليات البحث بشكل فعال، يتم تزويد النموذج بخزان ذاكرة صغير ومؤقت لحزن وتجميع المعلومات الناتجة من كل محاولة تكرارية وبالتالي تساعد هذه الوحدة النموذج على تجنب دراسة نفس الحل في أثناء عمليات البحث أكثر من مرة واحدة خلال كل محاولة تكرارية. بعد نهاية كل محاولة تكرارية يتم تفريغ الخزان المؤقت من محتوياته ومن ثم يتم تجميع هذه المعلومات في خزان ذاكرة كبير ودائم ليتسنى بعدها للنموذج البدء بمحاولة تكرارية جديدة. البدء بالمحاولة التكرارية الثانية فإنه يتم اتباع نفس الأسلوب في المحاولة التكرارية الأولى ويستمر النموذج في تنفيذ جميع المحاولات التكرارية المحددة مسبقاً حتى نهاية البرنامج والحصول على التصميم الأمثل المطابق للشروط المحددة. في نهاية عمل البرنامج (وبعد الانتهاء من تنفيذ جميع المحاولات التكرارية) يتم تجميع كل المعلومات الناتجة في الخزان الدائم الذي يحتوي على كافة الحلول المتشكلة لدراسة كارثة التسونامي وعندها يتم اختيار الحل النهائي الموافق لجميع شروط معالجة التسونامي.



شكل 7.8 مراحل تطبيق الخوارزمية الجينية لإيجاد أفضل سيناريو ممكن لشبكة الإنذار عن التسونامي

## تطبيق الخوارزميات الجينية لإيجاد الحل المثالي للتحكم بكارثة التسونامي

تتناول هذه الفقرة مراحل تطبيق الخوارزمية الجينية في إيجاد الحل المثالي للتحكم بالمخاطر والأضرار في أثناء مراحل إدارة كارثة التسونامي. تعتمد هذه الخوارزمية على مبادئ الهندسة الوراثية لانتقاء أفضل المورثات (من الحوض الوراثي الممتلئ بالمورثات ذات الأعداد الضخمة والمتنوعة الجودة) وتأمين إستمراريتها من جيل إلى آخر عن طريق التزاوج والتهجين. تتألف مراحل التطبيق العملي لهذه الخوارزمية كما هو موضح تخطيطياً في الشكل 7.8 وتفصيلياً في الخطوات التالية: (I) عملية انتقاء أفضل سلسلتين وراثيتين من الخزان الوراثي (أي اختيار أفضل حلين من مجموعة الحلول الممكنة). (II) عملية التزاوج بين هاتين السلسلتين بتقاطع المعلومات والبيانات المفيدة بينهما والحصول على أفضل سلسلة وراثية تحتوي على كل المعلومات المفيدة (أي التبادل بين عناصر الحلين المختارين والحصول على حل جديد). (III) عملية التهجين الداخلي من خلال تغيير مكونات السلسلة الوراثية الجديدة بهدف البحث عن أفضل تركيب وراثي ممكن للسلسلة الناتجة (بعد الحصول على الحل الجديد لمعالجة التسونامي يتم إجراء تبادل وتقاطع العناصر والبيانات المكونة لهذا الحل للبحث

عن أفضل حل ممكن). لقد تم تطبيق الخوارزمية الجينية في وضع المنهجية العملية لمعالجة بيانات الخرائط التكتونية والمعطيات الزلزالية في سورية والبلاد المجاورة (كنشاط الفوالق والتحركات الأرضية وتحديد سلوكها وتوقع حدوث الزلازل الكبيرة ومدى تأثيرها على السكان والمنشآت، إلخ).

#### المرحلة البدائية وتعيين المدخلات

- تشكيل مصفوفة معلومات الكارثة
- تمثيل وترميز الحل
- عامل التأقلم والجودة
- حجم التجمع (خزان الحلول المقترحة)
- عاملة الاختيار (انتقاء أفضل الحلول)
- عاملة التقاطع (التبادل الخارجي)
- عاملة التهجين (التبادل الداخلي)
- عدد المحاولات التكرارية

#### مرحلة تشكيل وقبول الحل

- إنشاء خزان الحلول عشوائيا
- تقييم جودة الحلول الناتجة
- تطبيق البحث الأفقي الموسع
- تطبيق البحث الشاقولي المكثف
- إعادة عمليات البحث

#### مرحلة الإيقاف وتعيين المخرجات

- العدد النهائي للمحاولات التكرارية.
- الحل الأفضل لمواجهة الكارثة

#### - الإيقاف

الشكل 8.8 المخطط العملي الحاسوبي للخوارزمية الجينية للبحث عن الحل المثالي للكارثة.

تؤمن هذه المنهجية المرنة المناسبة لمعالجة الحجم الهائل للبيانات المجمعة بشكل سريع ومن ثم إيجاد الحلول العملية لمعالجة تأثيرات هذه الفوالق من خلال الحصول السريع على جميع المعلومات المتعلقة بمنطقة الدراسة عن طريق جمع البيانات اللازمة (كالزلازل، والتكتونية، والجيولوجية، إلخ) في قاعدة بيانات أساسية

ومن ثم تطبيق طرق التحليل المتقدمة التي تقود إلى المساهمة العميقة في فهم الوضع التكتوني الإقليمي الذي يساعد في توضيح النطاقات الزلزالية وتحديد قيم تنبؤ النشاط الجيوديناميكي لمناطق الفوالق النشطة والصدوع الموزعة على المنطقة المدروسة وتحديد العلاقة بين درجة الاهتزاز الأرضي وحجم الزلزال المتوقع والأضرار الناجمة. تختلف مدخلات (Inputs) ومخرجات (Outputs) النموذج الديناميكي وفقاً لحجم وطبيعة التسونامي حيث يجب اختيار المدخلات بعناية كبيرة والتي تتكون من العناصر الأساسية لمركبات التسونامي وعوامل التحكم لعمل الخوارزمية كما هو موضح في المرحلة البدائية في الشكل 8.8. إن الاختيار المناسب للقيم الأولية لعوامل التحكم في بداية عمل النموذج يساعد جداً في تسريع عمليات البحث والحصول على الحل المثالي. تتغير طبيعة وقيم هذه العوامل وفقاً لأبعاد وشكل كارثة التسونامي المرصودة حيث إنه لا يوجد قانون أو قاعدة عامة يمكن تعميمها لتحديد القيم الفعلية لهذه العوامل وإنما بالتجربة والخبرة العملية والهدف المراد من التصميم. أما المخرجات فتتكون من جودة الحل النهائي والمحاولات التكرارية والزمن الحسابي اللازمين لإيجاد هذا الحل.

## 6.8 الدراسة المثالية لمعالجة المعطيات الزلزالية لفالق الانهدام العربي باعتماد الخوارزميات الجينية

تواكباً مع التقدم التكنولوجي الهائل في مجال المعلوماتية والتقنيات الجيوماتيكية الحديثة المستخدمة في إجراء عمليات رصد القياسات وتحليلها ومراقبة تحركات الفوالق النشطة ومناطق البؤر الزلزالية، فإنه من الأهمية بمكان وضع المنهجية العملية لإيجاد الحلول الناجعة لكثير من المشاكل التكتونية كنشاط الفوالق والتحركات الأرضية وتحديد سلوكها وتوقع حدوث الزلازل الكبيرة ومدى تأثيرها على السكان والمنشآت، إلخ. تؤمن هذه المنهجية المرونة المناسبة في معالجة الحجم الهائل للبيانات المجمعة والتمثيل الفراغي الصحيح للمعلومات الناتجة بشكل سريع واقتصادي ومن ثم إيجاد الحلول العملية لمعالجة تأثيرات هذه الفوالق وتحديد إشكالياتها المستقبلية. تعتمد هذه المنهجية على برامج متطورة مبنية على النمذجة الديناميكية لخوارزميات الذكاء الاصطناعي وطرق المحاكاة المتقدمة والنظم الجيومعلوماتية في إيجاد الحلول المثالية التي تؤمن الحصول السريع على المعلومات المتعلقة بمنطقة الفالق النشط عن طريق جمع البيانات الضرورية (كالزلزالية، والتكتونية والتكتونية الحديثة، والطبوغرافية، والجيومورفولوجية، والجيولوجية، والليتولوجية) وتصنيفها في قاعدة بيانات مركزية

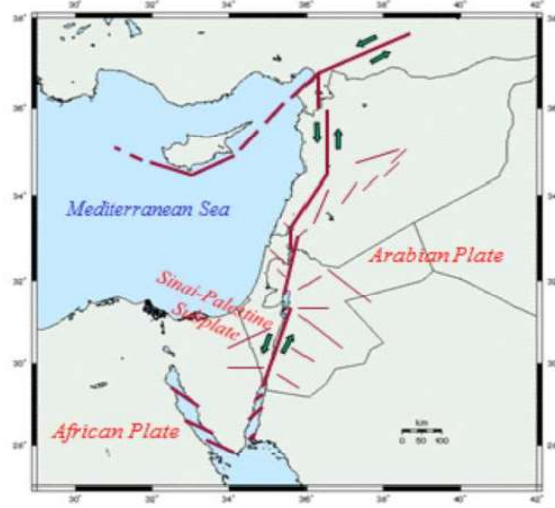


ومن ثم تطبيق طرق وعمليات تحليل البيانات المتقدمة التي تقود إلى: (1) المساهمة العميقة في فهم الوضع التكتوني الذي يساعد في توضيح النطاقات الزلزالية. (2) تحديد قيم تنبؤ النشاط الجيوديناميكي لمناطق الفوالق النشطة والصدوع الموزعة على المنطقة المدروسة وتحديد العلاقة الدقيقة بين شدة الاهتزاز الأرضي وقوة الزلزال المتوقع والأضرار والتأثيرات الاقتصادية والاجتماعية الناجمة. (3) تحديد مناطق تصادم الصفائح التكتونية والنطاقات الانهدامية التي تشكل المناطق الحرجة للزلازل المتكررة وتحديد أماكن الإزاحات الأفقية والشاقولية للطبقات الجيولوجية. (4) الدعم الفعال لاتخاذ القرار في اختيار المواقع المناسبة لإقامة المواقع الحيوية والمشاريع الإستراتيجية كالسدود ومحطات توليد الطاقة والمناطق الصناعية. يعرض هذا الفصل الوضع الحالي للزلازل في سورية والدول المجاورة والإجراءات العملية المتخذة للحد من خطورتها ومراحل العمل والخطوات المنفذة لهذه المنهجية الجيومعلوماتية في دراسة فالق الانهدام العربي.

### فالق الانهدام العربي والفوالق المتشكلة في نطاقه

يُشكل نطاق فالق الانهدام العربي الحدود الغربية للصفحة العربية ويمتد من البحر الأحمر في الجنوب ويتجه شمالاً ماراً عبر خليج العقبة ثم وادي عربة والبحر الميت وغور الأردن وبحيرة طبريا والبقاع اللبناني حيث يأخذ اتجاه شمال شرق في الأراضي اللبنانية ثم يتابع في الأراضي السورية باتجاه الشمال عبر البقعة ومصيف ووهدة الغاب حتى جنوب تركيا على امتداد أكثر من 1100 كم، حيث يستمر باتجاه الشمال والشمال الشرقي مع فوالق الأناضول.

تتفرع ثلاثة فوالق رئيسية من الانهدام إلى الشمال من سهل الحولة التي تأخذ اتجاه الشمال الشرقي، وهذه الفوالق (من الغرب إلى الشرق) هي حاصبيا وراشيا وسرغايا. يظهر فالق سرغايا بشكل معلم خطي طبوغرافي واضح بطول 120 كم ويتصل في نهايته الشمالية الشرقية مع فالق العلب المتجه شرق -غرب بطول 370 كم إلى 400 كم ويصل شرقاً حتى وادي الفرات. يتمثل الانهدام في لبنان بفالق اليمونة وتفرعاته الذي يبلغ طوله النشاط 175 كم ويتجه بشكل عام نحو الشمال الشرقي وهو مكون من عدد محدد من الفوالق النشطة المتوضعة تباعاً. يتصف هذا النطاق بحركة متنوعة بأوقات متزامنة ولكنها عادة تتميز بخصائص عكسية صغيرة.

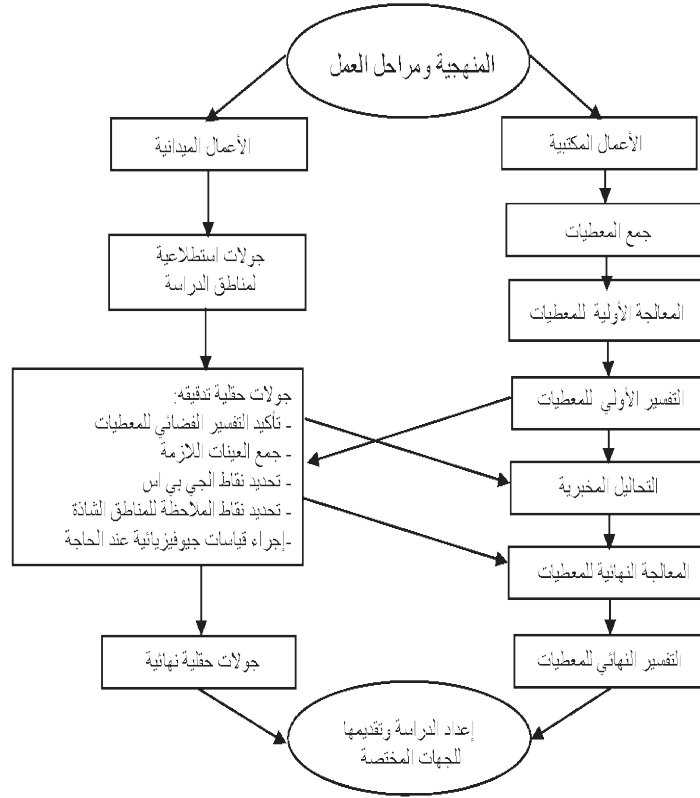


يوضح الشكل 9.8 الفوالق الرئيسية في نطاق فالق الانهدام العربي والمناطق المرتبطة به.

أما فالق الغاب فيبلغ طوله 240 كم ويتجه عموماً نحو الشمال ويشبه الأجزاء الجنوبية لفالق الانهدام في الأردن والبحر الميت. تتراوح الحركة الأفقية للانهدام بشكل عام بين 0،5 و 1 سم في السنة. تُشكل هذه الفوالق النشطة المصادر الرئيسية للزلازل والبراكين والمخاطر الجيولوجية الأخرى. يوضح الشكل 9.8 الفوالق الرئيسية في نطاق فالق الانهدام العربي والمناطق المرتبطة به.

تتعامل معظم الدراسات والأبحاث الحالية مع تأثيرات هذه الفوالق من دون البحث عن الحلول المثالية التي تؤمن الدارسة التحليلية العلمية والعملية لهذه الفوالق لكي يتم فهم تأثيرها وأبعادها وكيفية التجاوب بشكل أفضل مع آثارها الجسيمة. لذا فإنه من الضروري جداً البحث عن طرق متطورة وأساليب عملية وسريعة لمعرفة الطبيعة المتغيرة لحركات هذه الفوالق التي يتم معالجتها حالياً بالطرق التقليدية غير المتناسبة مع التقدم العلمي والتكنولوجي والتي تتطلب وقتاً طويلاً لمعالجة وتحليل البيانات الخاصة بهذه الفوالق. تتناول الفقرة التالية الخصائص الرئيسية لنظام المنهجية الجيومعلوماتية المتكاملة التي تُسهل الحصول السريع على المعلومات الضرورية وتحليلها بشكل دقيق لفهم

الحاجات العملية القادرة على درء كوارث الهزات الأرضية والتأثيرات الناجمة عنها وتقدير وتقييم المخاطر الناجمة.



الشكل 10.8 المراحل المقترحة لتنفيذ خطوات عمل المنهجية الجيومعلوماتية لمعالجة المعطيات الزلزالية.

### الخطوات المقترحة لتنفيذ المنهجية الجيومعلوماتية

أن تطوير المنهجية الجيومعلوماتية العملية لمعالجة بيانات الخرائط التكتونية والمعطيات الزلزالية بالإضافة إلى المعطيات الأخرى المساعدة يتم من خلال تأمين إطار العمل الديناميكي الشامل الذي يساعد في إيجاد الحلول الملائمة للتخفيف من أخطار الهزات الأرضية ومعالجة تأثيراتها المختلفة بشكل سريع وفعال، حيث إن معظم الدراسات الحالية المتوفرة غير كافية لتحقيق مثل هذا الأمر. يوضح الشكل 10.8 المخطط التوجيهي لتنفيذ هذه المنهجية حيث

إنه تم حتى الآن تنفيذ بعض الأعمال التي تساهم في تحقيق هذه المنهجية في سوريا. تتكون المراحل الرئيسية لتنفيذ المنهجية المقترحة مما يلي:

### إنشاء قاعدة البيانات الأساسية

تتكون قاعدة البيانات (Database) من المعطيات الأساسية للمعلومات المجمعة من الخرائط الطبوغرافية والتكتونية والسيسموتكتونية والتكتونيك الحديث، والخرائط الزلزالية التاريخية والحديثة، والخرائط الجيولوجية والهيدروولوجية، والصور الفضائية، ومعطيات الكثافة السكانية لمناطق الدراسة بالإضافة للتقارير والمذكرات والجداول الملحقة بذلك. يتم ترقيم الخرائط والمخططات اللازمة وربطها من خلال نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتأسيس القاعدة الرئيسية المتضمنة كافة البيانات الرقمية الضرورية والمعلومات المجمعة باستمرار عن طريق الإنترنت وسائل القياس والرصد المختلفة. يتم تصنيف الفوالق بشكل عام في قاعدة البيانات المركزية حسب طولها ومقدار شدتها وحركتها الأفقية والعامودية وعمقها ونوعيتها كالفالق العادي والفالق العكسي وفالق الانزياح الجانبي الأفقي (يميني أو يساري) وفالق التحميل والفالق المائل والفالق المركب والفالق السلمي. بشكل أكثر تفصيلاً، يسمح التركيب البنيوي والطبقي لقاعدة البيانات مستقبلاً بإدخال بيانات كثيرة ومتعددة وحسب أهميتها الرئيسية والثانوية كالتشوهات السطحية الممكنة والتي يمكن ربطها بالفوالق الزلزالية، والآثار الناتجة عن الانزلاقات الترابية وتميه التربة (liquefaction)، وتحديد آثار الموقع الجيولوجي والطبوغرافي والخصائص الليتولوجية الذي يساعد في فهم تغير الإشارة السيسمولوجية. تلعب نوعية الصخور دوراً مهماً في دراسة حركات الفوالق فالصخور الغضارية الطرية أشد خطراً من الصخور القاسية كما حدث في زلازل مدينة بام الإيرانية 2004. تؤثر أيضاً نوعية المنشآت المقامة بالقرب من الفوالق في تنشيط حركة الفوالق الهادئة كإنشاء السدود الضخمة التي تحجز خلفها بحيرات كبيرة تزيد من الضغط عليها وتحرك الفوالق القريبة كما حدث في زلازل تركيا 1999. إن التفصيل الموسع والدقيق لبيانات القاعدة المركزية المذكورة آنفاً سوف يدعم ويغني آليات الإنذار المبكر عن تحركات الفوالق الزلزالية.

## إنشاء خرائط التكتونيك الحديث:

يُشكل إنشاء أو وضع خرائط حركات التكتونيك الحديث (Neotectonic Map) والفوالق النشطة بالمقاييس المختلفة مادة مهمة ضمن إطار تنفيذ هذه المنهجية لأن ذلك سوف يساعد على تحديد الواحدات التكتونية المختلفة بأشكالها ومناشئها المتنوعة وعلى أنواع الفوالق وأماكن وكيفية وجودها وتحديد النشاط منها ومقدار هذا النشاط وكيفية ظهوره ومنعكساته الزلزالية.

## إنشاء النموذج الديناميكي:

يعتمد النموذج الديناميكي (Dynamical Model) على أحدث التقنيات التي تتميز بقدرتها الديناميكية على التعامل مع العوامل الثابتة والمتغيرة الخاصة بمعطيات الفوالق ومن ثم انتقاء المعلومات من قاعدة البيانات وتحليلها بشكل سريع وفعال كما هو موضح أعلاه. إن الطرق التقليدية غير قادرة على تأمين التمثيل الصحيح لتوضعات الفالق وينقصها المرونة باختيار المعلومات الضرورية من قاعدة البيانات. لهذا فالنموذج الديناميكي المقترح يؤمن الدراسة الفعالة لمعالجة المعطيات الزلزالية والتكتونية من خلال:

التأمين السريع والفوري للمعلومات الضرورية حول مستويات الهزات الآني لكامل مساحة المنطقة الزلزالية وخاصة الأجزاء غير المجهزة بنقاط المراقبة فهم سلوك البؤر الزلزالية وتوزعها،

طرح عدة سيناريوهات عن التأثيرات الزلزالية التي تساعد في تقييم وتقدير الخطر الناتج وكيفية معالجة تأثيراته المختلفة قبل وبعد وأثناء الكارثة.

## وصل النموذج الديناميكي مع الإنترنت والانترنيت:

يتم وصل النموذج الديناميكي عبر الانترانيت (Intranet) والإنترنت (Internet) ضمن إطار عمل عام مع جميع المؤسسات العامة والخاصة والجامعات ومعاهد البحوث كرئاسة مجلس الوزراء، وزارة الإدارة المحلية، وزارة البيئة، وزارة الداخلية، الدفاع المدني، هيئات الاستشعار عن بعد، المراكز الوطنية للزلازل، قيادة الطوارئ في المحافظات، واللجان المختصة.

## ربط النموذج الديناميكي بنظام الإنذار المبكر:

يتم بالإمكان إنشاء المنظومة العامة لتأمين الإدارة المتكاملة لمراقبة الوضع الكارثي الناتج عن الزلازل والتنبؤ عنه بربط النموذج الديناميكي بنظام الإنذار المبكر (Early Warning System) بواسطة شبكة جيوماتيكية ذات أقمار مراقبة وأجهزة رصد موزعة على الأماكن الخطرة والفوالق النشطة لتأمين المراقبة العملية والآنية والحصول السريع على الحلول المثالية التي تساعد في تخفيف مستوى التشويش في الإنذار وتسريع عملية إيصال المعلومات إلى فرق الإنقاذ في الوقت المناسب.

توضح الفقرة التالية كيفية استخدام وتطبيق الخوارزميات الجينية في تسريع العمليات الحسابية للنموذج الديناميكي من خلال المعالجة العملية لبنيات قاعدة البيانات وتأمين الدراسة المثالية للفوالق النشطة.

### الخوارزميات الجينية

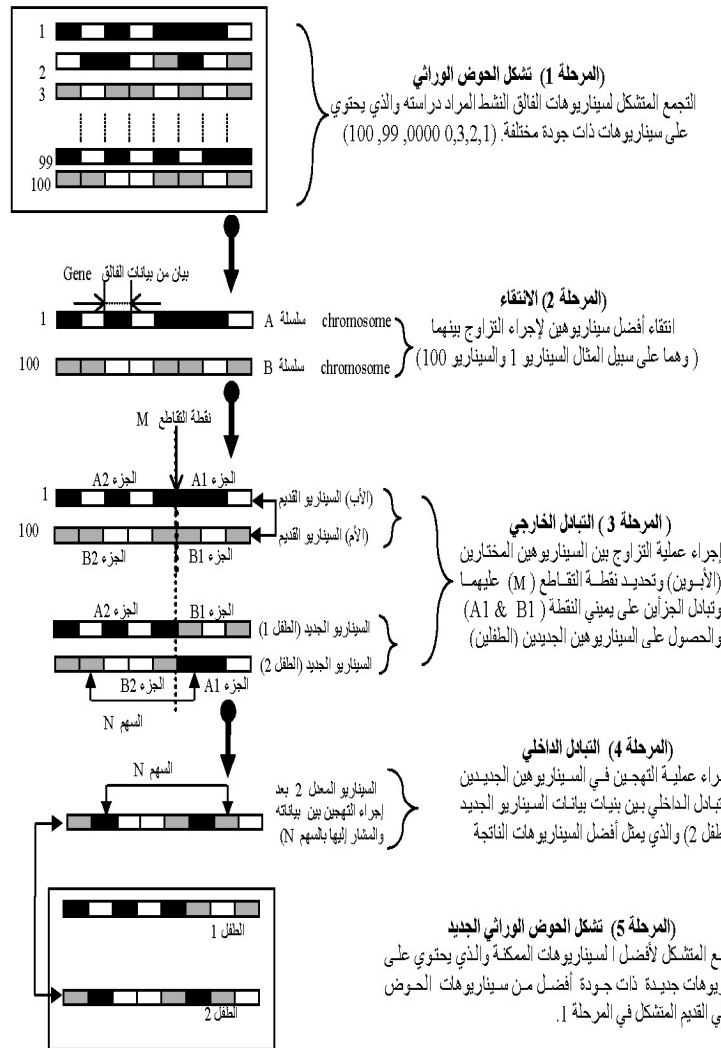
تتألف الكائنات الحية من مجموعة الخلايا المتشابهة وكل خلية تملك كروموزومات (Chromosome) ذات سلاسل مكونة من جينات متنوعة (Gene). تحتوي هذه الجينات على المعلومات البيولوجية المرمزة التي تتحكم بالصفات الوراثية عن طريق نسخ ونقل هذه المعلومات خلال عملية التزاوج بين الكروموزومات الأصلية إلى جميع الكروموزومات الجديدة. يوضح الشكل 6.8 الإطار العام لعمل الخوارزميات الجينية لانتقاء أفضل السلاسل الوراثية (أي أخطر سيناريوهات الفوالق النشطة المراد دراستها) من الحوض الوراثي (أي قاعدة البيانات الأساسية) الممتلئ بإعداد ضخمة من هذه السلاسل ذات الجودة المتنوعة (أي فوالق نشطة وفوالق غير نشطة) وتأمين استمراريتها من جيل (Generation) إلى آخر (أي استخدامها بشكل عملي وناجح خلال كل مرحلة دراسية وتفصيلية من قبل الحاسب وتدعى بالمحاولة التكرارية (Iteration)) عن طريق التزاوج والتهجين بين السلاسل الوراثية (أي تبادل وتقاطع المعلومات والبيانات فيما بينها لمعالجة المعطيات التكتونية بشكل فعال ومستمر خلال جميع مراحل إدارة ومراقبة الزلازل.

يوضح الشكل 11.8 تخطيطاً لمراحل تطبيق الخوارزميات الجينية للحصول على أخطر سيناريو ممكن حدوثه للفالق النشط المراد دراسته وفق مايلي:

(1) عملية الانتقاء لأفضل سلسلتين من الخزان الوراثي (أي اختيار سيناريوهين خطرين من مجموعة السيناريوهات الممكنة).

(2) عملية التزاوج بين هاتين السلسلتين بتقاطع المعلومات والبيانات المفيدة بينهما والحصول على أفضل سلسلة ممكنة تحتوي على كل المعلومات المفيدة (أي تبادل المعلومات والمعطيات بين عناصر السيناريوهين المختارين والحصول على سيناريو جديد أفضل من سابقه).

(3) عملية التهجين الداخلي بتغيير بنات بيانات السلسلة الجديدة بغية البحث عن أخطر سيناريو ممكن.



الشكل 11.8 الإطار العام لعمل الخوارزميات الجينية للحصول على السيناريو الخطر للفائق النشط.

## التمثيل الجيني لسيناريوهات الفوالق النشطة

تبدأ الخوارزمية الجينية عملها عند دراسة خطورة الفوالق النشطة باختيار سيناريوهين من مجموعة السيناريوهات المحتملة، ثم تُطبق عليهما عمليات التحسين كتقاطع وتبادل البيانات لإيجاد سيناريوهات جديدة أفضل (أي ذات خطورة أشد) من السيناريوهين السابقين. تُكرر الخوارزمية في كل مرحلة تُطبق فيها عمليات التحسين على السيناريوهات الناتجة بهدف البحث عن أخطر سيناريو ممكن حدوثه. تتوقف الخوارزمية فور الحصول على السيناريو النهائي الأكثر خطورة (المثالي) والموافق للشروط المحددة مسبقاً. فالهدف الرئيسي للخوارزميات الجينية تكوين الصيغة الفعالة لتطبيق عمليات البحث والتحسين (النمذجة) على الفالق المراد دراسته بهدف إيجاد السيناريو الأكثر خطورة ومن ثم تحسين فعالية استخدام معطيات هذا السيناريو إلى أقصى حدود الإمكانية.

بشكل تفصيلي يجب تحقيق النقاط الثلاث الآتية عند تطبيق هذه الخوارزميات في دراسة الفوالق:

(1) إيجاد الصيغة الدقيقة للتمثيل الجيني (Genetic Representation) لبنيات بيانات الفالق النشط المراد دراسته.

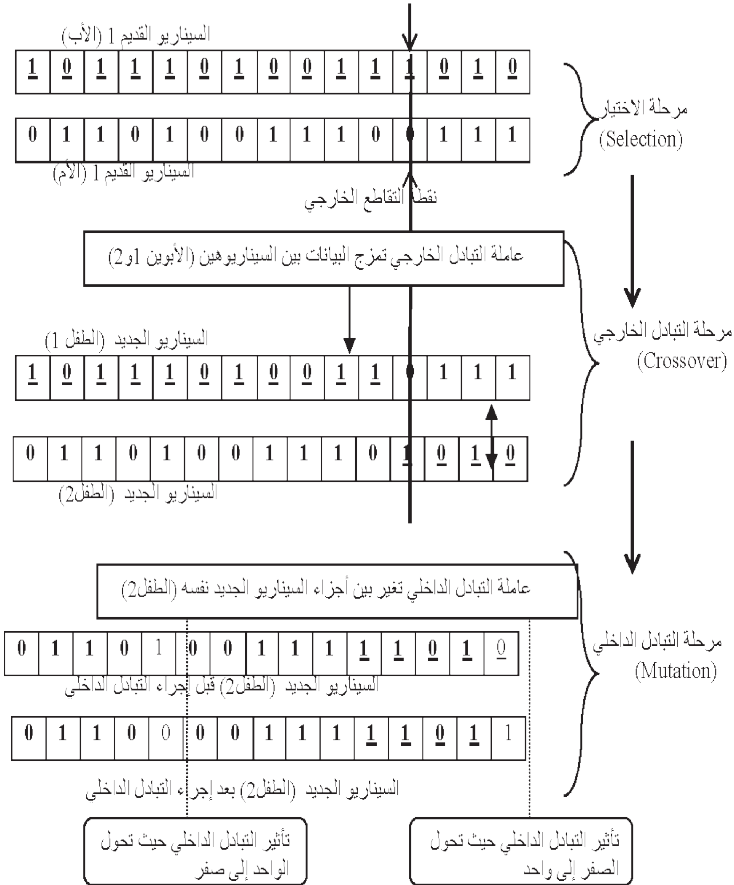
(2) تحديد الدالة الهادفة (Objective Function) أو عنصر التأقلم (Fitness Function) الذي يحدد شدة الخطورة النسبية لكل سيناريو ناتج.

(3) تطبيق العوامل الجينية (Genetic Operators) كالاختيار (Selection) والتبادل الخارجي (Crossover) والتبادل الداخلي (Mutation) على سيناريوهات التجمع المتشكل في كل مرحلة تكرارية (Iteration).

بشكل عام تُعتبر عملية التمثيل الجيني لبيانات المسألة المراد دراستها معقدة جداً وتكمن صعوبتها في إيجاد الصيغة الدقيقة لترميز (Coding) الحلول المحتملة لهذه المسألة وذلك وفقاً لإستراتيجية الخوارزميات الجينية المستخدمة. على سبيل المثال، تعتمد هذه الخوارزميات عند تطبيقها في إيجاد التصميم المثالي للشبكة الجيوماتيكية على نظام ترميز معقد ينسجم وطبيعة القياسات الزمنية (Sessions) وتسلسلها في خطة العمل (Schedule) الذي سيتم على أساسها تصميم هذه الشبكة وفقاً للشروط التقنية والهندسية والاقتصادية



(كعدد وتوزع نقاط التسوية والشكل الهندسي للشبكة وأبعادها والهدف المراد من إنشائها وعدد أجهزة الاستقبال المستخدمة والمساحين ووسائل النقل وأجهزة الاتصال اللازمة، إلخ).



الشكل 12.8 التمثيل العددي المرمز لسيناريوهات الفائق باستخدام الخوارزميات الجينية

إن المفتاح الرئيسي لنجاح تطبيق الخوارزميات الجينية في دراسة شدة خطورة الفوالق النشطة في هذه الورقة يعتمد على الترميز الدقيق والمناسب لبيانات هذه الفوالق والذي تم تمثيله في هذه البحث بسلسلة عددية مزدوجة (الكروموزوم) مكونة من أجزاء متشابهة (الجينات) ممثلة بالأصفار والآحاد كما هو موضح في الشكل 12.8. يوضح هذا الشكل خيارات التمثيل الجيني

للسيناريوهات المحتملة والتي تركز على المعطيات الثابتة والمتغيرة لبيانات الفائق المدروس (أي الجينات في الكروموزوم) وفقاً لإحدى الحالتين: الرقم (1) إذا كانت المعلومة (الجين) مستخدمة في دراسة السيناريو الحالي والرقم (0) إذا كانت المعلومة (الجين) غير مستخدمة. يتراوح عدد الخيارات المحتملة لهذه السيناريوهات وفقاً لحجم ونوعية البيانات المستخدمة في هذا التمثيل والتي تعبر عن شدة الفائق الناتج في التجمع المتشكل.

### 7.8 التطبيق العملي لاستخدام الخوارزميات الجينية على حالة دراسية لفائق وهمي

أن الخوارزميات الجينية المقترحة في هذه الدراسة عبارة عن نموذج حاسوبي يقوم عشوائياً بتشكيل التجمع الجيني (Population) للسيناريوهات المحتملة لتوضع وخطورة الفائق النشط ومن ثم القيام بتطبيق العمليات الجينية (Genetic Operators) على هذا التجمع لحذف أو الإبقاء على أخطر السيناريوهات الممكنة وفقاً لمقدار نسبة الخطورة التي يتم قياسها بواسطة عنصر التأقلم الخاص بكل سيناريو كما هو مبين في المراحل الأربع الموضحة تخطيطياً في الشكل 6.8.

المرحلة الأولى: إيجاد التمثيل الصحيح والدقيق لبيانات الفائق المدروس ومن ثم تشكيل التجمع البدائي للسيناريوهات المحتملة (Initialization).

المرحلة الثانية: حساب قيمة عنصر التأقلم لكافة سيناريوهات التجمع المتشكل من أجل تقييم شدة خطورة كل سيناريو في التجمع الناتج (Evaluation of fitness function).

المرحلة الثالثة: تنفيذ مرحلة البحث الأفقي الموسّع في مجال البحث الكلي لسيناريوهات الفائق المدروس (Exploitation or Diversification) وذلك بانتقاء السيناريوهات (Selection) ذات نسبة التأقلم العالية وحذف السيناريوهات ذات نسبة التأقلم الضعيفة من التجمع البدائي.

المرحلة الرابعة: تنفيذ مرحلة البحث الشاقولي المكثف على بيانات السيناريوهات المنتقاة في المرحلة الثالثة (Exploration or Intensification).

بتطبيق عمليات التبادل الخارجي والداخلي والحصول على أخطر السيناريوهات المحتملة ومن ثم استخدامها في عمليات التحسين المقبلة لتشكيل التجمعات الجديدة والأفضل من التجمعات السابقة .

يتم تطبيق المراحل الأربع المذكورة للشكل 6.8 على الخطوات المتبعة في الشكل 11.8 لإيجاد أخطر سيناريو بتمثيل بيانات الفائق بشكل مُرمّز كما هو موضح بالشكل 12.8 حيث تستخدم عاملة الاختيار مبدأً دولاب الحظ (الروليت) (Roulette-Wheel Selection) لانتقاء سيناريوهين من التجمع البدائي، وإجراء عملية التزاوج بينهما وفقاً للمبدأ الاحتمالي الذي يعتمد على التناسب بين القيمة الوسطية للتأقلم وقيم تأقلم هذه السيناريوهات، ويُحدد العامل الاحتمالي من قبل المبرمج ويُعطى عادة قيمة عالية (0.09). يتم حساب القيم الاحتمالية لعاملة الاختيار وفق العلاقة التالية والمبينة معطياتها في الجدول (1.8).

$$p_i = \frac{Fit(S_i)}{\sum_{j=1}^n Fit(S_j)}$$

السيناريو Si	تابع التأقلم Fit(Vi)	القيمة الاحتمالية pi
S <sub>1</sub>	3	3/6 = 0.5
S <sub>2</sub>	0	0/6 = 0
S <sub>3</sub>	1	1/6 = 0.17
S <sub>4</sub>	2	2/6 = 0.33
المجموع	Fit(Vi)=Σ6	1.00

جدول 13.8 القيم الاحتمالية لاختيار السيناريوهات الأربعة في التجمع البدائي

بافتراض أن التجمع البدائي مؤلف من أربعة سيناريوهات ذات قيم شدات الاهتزاز التالية:

$$f(S_3) = 6, f(S_2) = 7, \text{ the magnitude of } S_1, \{f(S_1) = 4^\circ \text{ (i.e. } f(S_4) = 5^\circ\}$$

بعدها يتم حساب قيمة التأقلم (Fitness Value) لكل سيناريو والتي تساوي

الفرق بين شدة أكبر هزة لأخطر سيناريو وقيم شدات السيناريوهات الأخرى وفقاً للعلاقة  $\{Fit(S_i) = Max(f) - f(S_i)\}$ .

$$Fit(S1) = Max(f) - f(S1) = 7-4 = 3 \text{ (now the new fitness value)}$$

is 3 for the S1

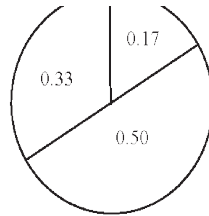
$$Fit(S2) = Max(f) - f(S2) = 7-7 = 0$$

$$Fit(S3) = Max(f) - f(S3) = 7-6 = 1$$

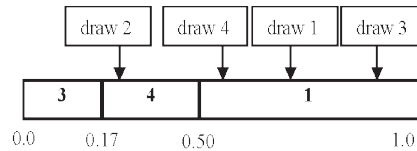
$$Fit(S4) = Max(f) - f(S4) = 7-5 = 2$$

تُعتبر قيم التأقلم المقياس النوعي لتحديد أخطر سيناريو ممكن ويعتمد تابع التأقلم  $Fit$  للسيناريو  $S_i$  على شدته وعلى القيمة العظمى لشدة هزة أخطر سيناريو في التجمع المتشكل  $(Max(f) = 7^\circ)$ .

يبين الجدول 1.8 القيم الاحتمالية لاختيار كل سيناريو  $S_i$  من التجمع المكون من أربعة سيناريوهات حيث تمثل  $Fit(V_j)$  القيمة العامة لعنصر التأقلم  $\{Fit(V_j) = 6 \text{ (the sum of } 3 + 0 + 1 + 2)\}$  وكما هو ملاحظ من هذا الجدول فإن السيناريو  $S_2$  ليس له أي حظ ليستخدم في مرحلة الإنتاج المقبلة بسبب قيمة الصفر لتابع التأقلم.



الشكل 13.8 القطاعات الدائرية المتناسبة مع قيم التأقلم لسيناريوهات التجمع البدائي.



الشكل 14.8 لتقاء السيناريوهات ذات الحظ الأوفر باستخدام طريقة دولاب الحظ الروليت

تُرسَم القيم الاحتمالية على شكل قطاعات دائرية متاخمة تناسب مساحاتها وقيم عناصر التأقلم الخاصة بها وبالتالي يشغل كل سيناريو في التجمع الحالي قطاع من دولا ب الحظ الروليت (جزء من الدائرة) بمساحة متناسبة مع القيمة الاحتمالية وعنصر التأقلم الخاصة به كما هو موضح في الشكل 13.8. بعد ذلك يتم حساب العدد العشوائي (Random Number) (حيث تتراوح قيمته بين الصفر والواحد) لتحديد مقدار قيمة التأقلم لكل سيناريو بإجراء أربع عمليات سحب للحظ كما هو موضح في الشكل 14.8 (أي أربعة دورانات لدولا ب الحظ وفقاً لعدد سيناريوهات التجمع البدائي). يبين هذا الشكل أن السيناريو S1 ذا قيمة التأقلم العالية تم سحبه ثلاث مرات (ثلاثة دورانات)، بينما لم يُسحب السيناريو S3 (ذو قيمة التأقلم الضعيفة) وبالتالي يتم انتقاء السيناريوهين S4 و S1 كأفضل مرشحين للمشاركة في عملية الإنتاج (Phase of Reproduction). بعد ذلك تقوم عاملة التبادل الخارجي بتوسيع نطاق عمليات البحث وتنفيذ مرحلة البحث الأفقي بتحديد نقطة التقاطع الخارجي على طول السيناريوهين (الأبوين) ليتم تبادل معلوماتهما الواقعة بعد نقطة التقاطع وإنتاج السيناريوهين (الطفلين) وبجودة أفضل من أبويهما ومن ثم استخدامهما في المرحلة التكرارية الثانية (الجيل الثاني). يتم بعد ذلك استخدام عاملة التبادل الداخلي لتكثيف عمليات البحث عن أخطر السيناريوهات الناتجة بتغير مواقع بنيات بيانات السيناريو الناتج (كتغير الواحد إلى صفر أو بالعكس في نفس السيناريو كما هو موضح في تطبيق عمليات التبادل الداخلي على السيناريو الجديد (الطفل 2) في الشكل 12.8) وذلك وفقاً لعامل احتمالي يتم اختياره من قبل المبرمج وعادة يعطى قيمة ضعيفة (0.01) للحفاظ على السيناريوهات الأخرى الخطرة وبالتالي فالتجمع الجديد الناتج في نهاية هذه المرحلة سوف يتضمن سيناريوهات أخطر من سيناريوهات التجمعات السابقة. وهكذا فالتجمع الأصلي يحافظ على تحسينه وتطوره بشكل عام من مرحلة إلى أخرى بتشجيع أخطر السيناريوهات الناتجة وحذف السيناريوهات الأقل خطورة « فقط البقاء للأقوى ». بتكرار العمليات التحسينية على تجمعات السيناريوهات الخطرة الناتجة فإن ازدياد مستوى التأقلم سوف يصل إلى أعلى قيمة له تبعاً لعدد معين من المحاولات التكرارية المتتالية (الأجيال المتعاقبة) حتى الحصول على أخطر سيناريو يحقق الشروط المحددة. يتم تعديل عناصر الخوارزمية في كل مرحلة تكرارية كحجم التجمعات

المتشكلة وقيم تأقلم السيناريوهات الناتجة والقيم الاحتمالية للعاملات الجينية حتى الحصول على القيم الثابتة في المرحلة النهائية.

## 8.8 خاتمة ومقترحات ودراسات مستقبلية

يؤكد هذا البحث على أهمية وضرورة اعتماد المنظومة العملية المبنية على البحث والتحليل العلمي والتطوير التقني والابتكار في إدارة الكوارث لإيجاد الحلول المثالية لمواجهتها وتخفيف آثارها. و في الختام فإن تقليص مخاطر الكوارث في دول العالم يقتضي تحقيق مشروع إنشاء مركز بحثي إقليمي يشرف على كامل الأبحاث المتعلقة بإدارة الكوارث والذي يجرى تنفيذها في جميع مراكز الأبحاث والجامعات وتنسيقها وتوحيدها والاستفادة منها في مواجهة جميع الكوارث الطبيعية والبيئية الأخرى. تشرف على هذه الهيئة مجموعة من الباحثين المتمرسين في هذا المجال ووضع خطة بحثية تتبنى التطوير المستمر والشامل لجميع منظومة البحث العلمي والتطوير التقني بحيث تقلل من البحوث النظرية وتزيد في البحوث العملية وتطبيقها على حالات دراسية على أرض الواقع والتي يتكرر حدوثها في أي مكان في هذه الدول. إضافة إلى خلق الآليات العلمية لتبادل المعطيات والخبرات ونتائج البحوث والدراسات المتعلقة بالوقاية من الكوارث الطبيعية ومواجهتها وكذلك إجراء العمليات الميدانية كالتدريبات والمناورات المشتركة في مختلف الفروع والاختصاصات لتطوير قدرات الأجهزة العربية في هذا المجال. تضمين رسم استراتيجيات من شأنها أن تساعد على تضمين تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على نحو فعال في صلب مبادرات الحد من مخاطر الكوارث ومنها مثلاً نشر تكنولوجيات منخفضة التكلفة وملائمة ويمكن تحملها والتي يمكن تعبئتها من أجل الحد من الكوارث وتخفيف آثارها. حيث إن التعامل مع الكوارث بشكل أفضل وتقليل الخسائر المادية والبشرية لا يكون إلا بتعزيز سبل التعاون والتنسيق والتضامن بين جميع الدول كافة وبتضافر جهود وقوى وإمكانيات المنظمات والهيئات الاقليمية والدولية المختصة لتخفيف الآثار السيئة للمخاطر.