

الفصل التاسع

التطبيقات المهمة للشبكات الجيوماتيكية الداعمة لمنظومة الإنذار المبكر للكوارث باستخدام منظومة خوارزمية منظومة عمل النمل

1.9 مقدمة

إن التطور الهائل في عمليات التخطيط والتنظيم الشامل للبيئة المبني على استخدام أحدث الطرق والنظم المعلوماتية والجيوماتيكية قد ساعد بشكل فعال في تطوير وتحقيق عمليات التنمية المستدامة التي تلعب دوراً مهماً في تخفيف الأخطار الناجمة عن الكوارث البيئية والطبيعية. يبين هذا الفصل نظرياً وعملياً مبدأ عمل خوارزمية منظومة عمل النمل مع بعض تطبيقاتها المهمة في الحياة العملية وكيفية التحقق من صحة النتائج الحاصلة ومن ثم تعميمها على حالات دراسية في الحياة العملية. أيضاً يعالج هذا الفصل دور هذه الخوارزمية في عمليات صنع واتخاذ القرار وتسريع معالجة البيانات للحصول على المعلومات الضرورية في دعم منظومة الإنذار المبكر.

2.9 مبدأ عمل خوارزمية منظومة عمل النمل في إدارة الكوارث (Ant Colony Optimization ACO)

تعالج هذه الفقرة مبادئ عمل خوارزمية منظومة عمل النمل (Ant Colony)

(Optimization ACO) للحصول على التصميم المثالي للشبكات الجيوماتيكية وكيفية التحقق من صحة النتائج الحاصلة. لقد تم تصميم هذه الخوارزمية من قبل الباحث الايطالي ماركو دوريكو (Marco DORIGO) وتم تطبيقها بنجاح على إيجاد حلول ناجعة لمسائل معقدة في الحياة العملية كتصميم شبكات الاتصالات الضخمة وجدولة تنظيم حركة المرور في المدن الكبرى وإيجاد المواقع المثالية لمحطات ومخازن الطاقة وغيرها. في هذا الفصل، تعتبر عملية تصميم الشبكات الجيوماتيكية باستخدام خوارزمية منظومة عمل النمل الحالة الأولى والفريدة من نوعها على مستوى العالم حيث تم تعديل عناصر وعمل خوارزمية منظومة عمل النمل من قبل الباحث حسين عزيز صالح لتناسب الطبيعة الديناميكية لتصميم الشبكات الجيوماتيكية وتم تطبيقها بنجاح لإيجاد التصاميم المثالية لشبكات ضخمة في جمهورية مالطا وجمهورية سيشيلز. يعتمد التصميم الفعال للشبكة الجيوماتيكية على عدة عوامل كعدد القياسات الزمنية في خطة العمل الأولية ونوع الخوارزمية الميتاهيروستيكية المستخدمة لإنشاء وتحسين هذه الخطة والشكل الهندسي للشبكة وأبعادها والغرض المراد من تصميمها، إلخ.

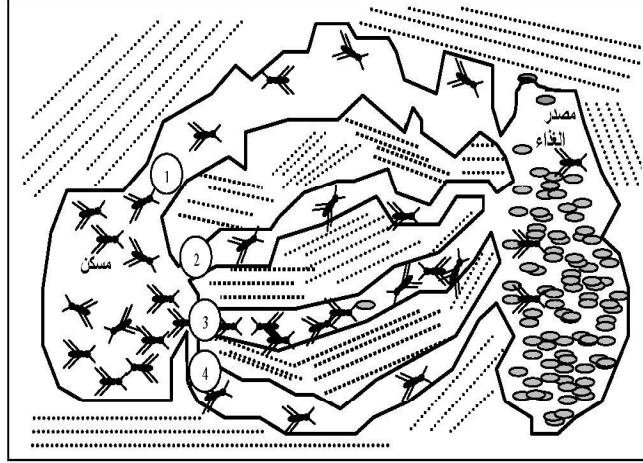
المبدأ الطبيعي لعمل مجموعة النمل:

النمل كائنات حية شبه عمياء وعديمة الذاكرة وذات دورة حياة قصيرة الأمد ومع ذلك تتمتع بالقدرة العظيمة على تشكيل شبكة نموذجية من المسالك بين مساكنها وأماكن تواجد الغذاء. في البداية يسلك النمل عشوائيا المسارات 1، 2، 3، و4 كونه لا يملك أي معلومات عن المسار الأفضل كما هو موضح في الشكل 1.9. تتواصل النملة الطبيعية مع بقية أفراد مجموعتها خلال عمليات البحث عن مصادر الغذاء باستخدام مادة كيميائية (Pheromone) تفرزها على المسار الذي تسلكه. تتحسس بقية أفراد منظومة عمل النمل المنتشرة عشوائيا هذه المادة وتتبع المسار الحاوي عليها لتصل بذلك إلى مكان وجود النملة التي اكتشفت المصدر الغذائي أولاً. كلما زاد حجم المادة الكيميائية المفروزة على هذا المسار ازداد انجذاب النمل إليه وهذا يعني أن حركة النمل على هذا المسار كبيرة ومتزايدة كونه المسار المثالي (الأقصر والأسهل) بين المسكن ومصدر الغذاء كما هو موضح في الشكل 2.9 (المسار 3)

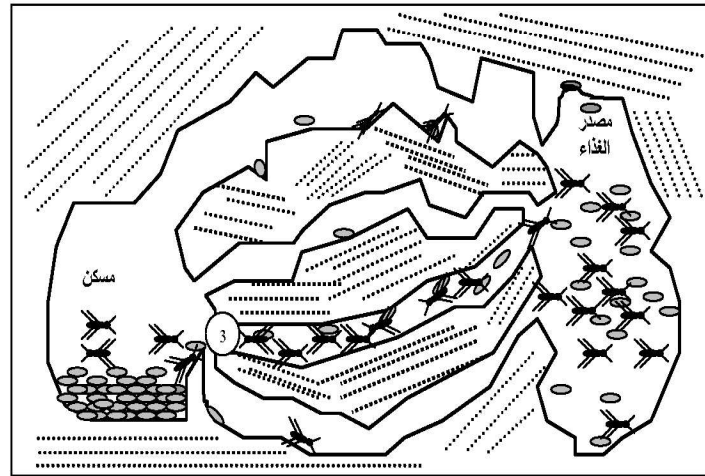
المبدأ الميتاهيروستيكي لنمذجة عمل منظومة عمل النمل:

لشرح مبدأ نمذجة عمل منظومة عمل النمل في تصميم الشبكات الجيوماتيكية، تم استخدام شبكة صغيرة مكونة من خمس نقاط تسوية (i, j, k, l,)

(m) كما هو موضح في الشكل 3.9. تختار النملة المتمركزة على النقطة i الانتقال إلى النقاط المجاورة باستخدام مصدرين للمعلومات.



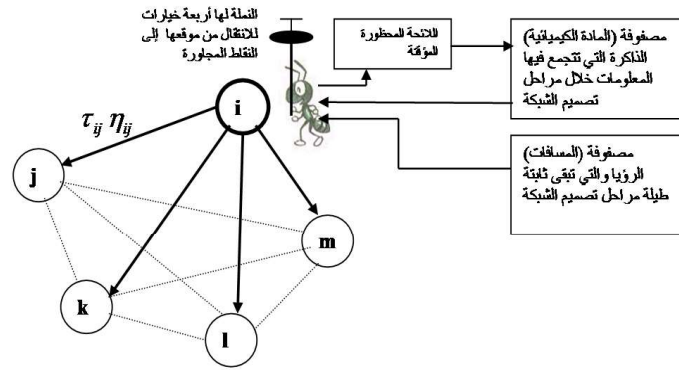
الشكل 1.9 مجموعة النمل تبحث بشكل عشوائي عن أماكن وجود الغذاء



الشكل 2.9 مجموعة النمل تتبع المسار المثالي رقم 3 بين مصدر الغذاء والمسكن

يمثل المصدر الأول مصفوفة الرؤيا المكونة من المسافات الفاصلة بين نقاط الشبكة والتي تبقى ثابتة طيلة مراحل التصميم وهدف هذه المصفوفة مساعدة النملة على اختيار أقرب النقاط المحيطة بموقع وجود هذه النملة. يُمثل

المصدر الثاني مصفوفة الذاكرة المكونة من قيم المادة الكيميائية المفروزة على المسارات الواصلة بين نقاط الشبكة والتي تتغير خلال عمليات التصميم وهدف هذه المصفوفة مساعدة النملة على معرفة مدى استخدام هذه المسارات في مراحل التحسين السابقة. فالنملة أصبحت الآن وفقاً للمبدأ الميتاهيروستيكي تتمتع بصفتي الرؤيا والذاكرة اللتين تساعدها بسرعة على معرفة وإيجاد المسارات الأكثر فعالية. عند تطبيق خوارزمية منظومة عمل النمل يتم تحديد عدد المحاولات التكرارية (Iterations) اللازمة للحصول على أفضل تصميم ممكن. تُعرف المحاولة التكرارية بالزمن اللازم الذي يحتاجه الحاسوب لإيجاد التصميم المناسب خلال الدورة الواحدة لعمل البرنامج (Loop).



الشكل 3.9 اختيار النقاط الواجب رصدها باستخدام مفهوم مبدأ نمذجة عمل منظومة عمل النمل

تساعد المحاولات التكرارية النملة على امتلاك دورة حياة أطول لإيجاد أفضل تصميم ممكن (حتى نهاية عمل البرنامج للاستفادة من المحاولات السابقة). لتوجيه عمليات البحث بشكل فعال تزود كل نملة بوحدة مؤقتة لحزن وتجميع المعلومات الناتجة من كل محاولة. تُسمى هذه الوحدة باللائحة المحظورة وهدفها مساعدة النملة على تجنب المرور على النقطة أكثر من مرة واحدة خلال كل محاولة تكرارية. على افتراض أن النملة اختارت النقطة j لتنتقل إليها وبالتالي يتم إضافة هذه النقطة إلى اللائحة المحظورة لتجنب هذه النملة من الانتقال ثانية إلى j خلال المحاولة التكرارية الحالية. تستمر النملة باستخدام نفس المبدأ عند التنقل بين النقاط الأخرى حتى رصد كافة نقاط الشبكة وبالتالي فاللائحة المحظورة تكون ممتلئة بالنقاط الخمس في نهاية المحاولة التكرارية الأولى. بعد نهاية كل محاولة تكرارية يتم تفريغ اللائحة المحظورة من محتوياتها ومن ثم يتم تجميع هذه المعلومات في مصفوفة الذاكرة ليتسنى بعدها

للنملة البدء بمحاولة تكرارية جديدة. عندما تبدأ النملة المحاولة التكرارية الثانية فإنها تتبع نفس الأسلوب الذي انتهجته في المحاولة التكرارية الأولى وتستمر في تنفيذ جميع المحاولات التكرارية المحددة مسبقاً حتى نهاية البرنامج والحصول على التصميم الأمثل. في نهاية عمل البرنامج (وبعد الانتهاء من تنفيذ جميع المحاولات التكرارية) يتم تجميع كل المعلومات الناتجة في مصفوفة الذاكرة التي تحوي كل المسارات المتشكلة وعندها يتم اختيار التصميم النهائي المكون من المسارات المثالية.

تختلف مدخلات (Inputs) ومخرجات (Outputs) خوارزمية منظومة عمل النمل وفقاً لحجم وطبيعة المسألة المراد معالجتها. فعند نمذجة خوارزمية النمل في حال تصميم الشبكات الجيوماتيكية يجب اختيار المدخلات بعناية كبيرة وذلك وفقاً لحجم وشكل الشبكة المراد تصميمها حيث إن المدخلات تتكون من العناصر الأساسية للشبكة وعوامل التحكم لعمل الخوارزمية. تقوم العناصر الأساسية بتحديد الأسلوب الواجب تطبيقه لنمذجة الشبكة الجيوماتيكية لكي تتناسب مع إطار عمل خوارزمية النمل وتتألف من مصفوفة المسافات وعدد النمل المستخدم ومواقع نقاط الانطلاق البدائية لعمل النمل واللوائح المحظورة الخاصة بكل نملة. أما عوامل التحكم فتعتمد بشكل رئيسي على المعلومات المتعلقة بالمادة الكيميائية لضبط عمل الخوارزمية وتتألف من عامل الكثافة وعامل الجودة وعاملي التعديل المحلي والشامل وصيغة إيقاف عمل الخوارزمية. أما المخرجات فتتكون من كلفة خطة التصميم النهائي وعدد المحاولات التكرارية وقيمة الزمن الحسابي اللازمين لإيجاد هذا التصميم. يتم تصميم الشبكة الجيوماتيكية وفق المراحل التالية:

مرحلة إنشاء التصميم الأولي

ابتداء من النقطة i تختار النملة m الانتقال إلى النقطة j وفقاً للمبدأ الاحتمالي P للمعادلة التالية:

(1)

$$P_m(i, j) = \begin{cases} \frac{[\tau_{(i,j)}]^\alpha \cdot [\eta_{(i,j)}]^\beta}{\sum_{k \in S_m(i)} [\tau_{(i,k)}]^\alpha \cdot [\eta_{(i,k)}]^\beta} & \text{if } j \in S_m(i) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

تُمثل η_{ji} المسافة الفاصلة بين j و i ، قيمة τ_{ji} قيمة المادة الكيميائية المتراكمة على المسار ij والمشابهة لمفهوم الذاكرة (Memory) في علم البرمجة. تمثل α عامل التحكم بكثافة المادة الكيميائية المفروزة خلال عملية انتقاء النقاط المراد رصدها ويقصد بالكثافة هنا بأن المسار ij مرغوب كثيراً كونه تعرض لحركة سير كثيفة من قبل النمل. إذا كانت قيمة α مساوية للصفر فهذا يعني أنه لا يوجد أي اتصال بين النمل وعندها يتم انتقاء أقرب النقاط لرصدها وفقاً لمصفوفة الرؤيا. أما إذا كانت قيمة α غير مساوية للصفر فهذا يعني وجود اتصال بين النمل وعندها يتم اختيار النقاط لرصدها وفقاً لمصفوفتي الرؤيا والذاكرة معاً. أما β فتمثل عامل التحكم بجودة المسار ij المتناسبة مع قصره وكمية المادة الكيميائية المتراكمة عليه ويقصد بالجودة هنا أن النقاط الأكثر مناسبة للرصد يجب اختيارها باحتمالية عالية. تمثل $Sm(i)$ مجموعة النقاط الباقية الواجب رصدها من قبل النملة m المتمركزة على النقطة i .

مرحلة تعديل المادة الكيميائية

في البداية يتم توزيع القيم الأولية للمادة الكيميائية بشكل متساوٍ على كافة المسارات الواصلة بين نقاط الشبكة ويُفضل أن تكون قيمتها صغيرة جداً (تتراوح بين الصفر والواحد). يقوم النمل في كل انتقال بتعديل مستوى هذه المادة على المسارات التي تم المرور عليها ويُسمح للنملة التي تجد المسار المقبول بإفراز المادة لزيادة التأثير على بقية النمل وتوجيه عمليات الاستكشاف نحو المسارات المناسبة في حين يُمنع القسم الآخر من النمل الذي يجد المسارات غير المناسبة من متابعة إفراز وتعديل المادة (أي يتم تخفيض مستوى الذاكرة على المسارات غير المناسبة لتقليل استخدامها). فالغاية من زيادة تأثير المادة الكيميائية على المسارات المناسبة هو جذب باقي النمل إليها وتركيز عمليات البحث حولها للإسراع في إيجاد التصميم المثالي. تمثل كمية المادة الكيميائية المفروزة آلية الاتصال بين مجموعات النمل للمشاركة بالمعلومات المفيدة والتعاون في إيجاد التصميم المثالي. يقوم النمل بتعديل المادة الكيميائية على مرحلتين:

مرحلة التعديل المحلي (Local Updating): تقوم كل نملة بإجراء عملية التعديل الجزئي لمستوى المادة الكيميائية على المسارات المجاورة لها باستخدام المعادلة التالية:

(2)

$$\tau_{(i,j)} \leftarrow (1-\varphi) \cdot \tau_{(i,j)} + \varphi \cdot \tau_0$$

تمثل φ عامل التعديل المحلي للمادة الكيميائية، τ_0 المستوى البدائي لهذه المادة حيث تُعطى قيمة ثابتة إيجابية موزعة بشكل متساوٍ على كافة مسارات الشبكة. إن الغاية من عملية التعديل المحلي هو مساعدة النملة على توسيع عملية البحث والتفتيش عن المسارات المناسبة في كل مرحلة جزئية.

مرحلة التعديل الشامل (Global Updating) : عندما ينتهي النمل من بناء التصميم الأولي للشبكة فإنه يتعاون مع بعضه البعض بتبادل المعلومات عن المسارات الجيدة ويقوم بإجراء التعديل الشامل للمادة الكيميائية على جميع المسارات التي تنتمي لأفضل تصميم ناتج باستخدام المعادلات الآتية:

(3)

$$\tau_{(i,j)} \leftarrow (1-\rho) \cdot \tau_{(i,j)} + \rho \cdot \Delta\tau_{(i,j)}$$

(4)

$$\Delta\tau_{(i,j)} = \begin{cases} (C_m)^{-1} & \text{if } (i,j) \in \text{Global - Best - Schedule} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

تمثل ρ عامل التعديل الشامل للمادة الكيميائية و C_m قيمة أفضل تصميم تم الحصول عليه منذ البداية من قبل النملة m . إن الغاية من مرحلة التعديل الشامل السماح فقط للنملة التي وجدت المسارات الجيدة بإفراز المادة الكيميائية على المسارات التابعة لأفضل تصميم ناتج عليه بغية تركيز عمليات البحث حول هذه المسارات.

3.9 التطبيقات العملية لخوارزمية منظومة عمل النمل في دعم منظومة الإنذار المبكر لإدارة الكوارث

تحتاج الشبكات الجيوماتيكية الكبيرة ذات الأشكال المختلفة زمنياً حسابياً طويلاً لتصميمها حيث إن المبدأ العملي المتبع للتصميم كما هو موضح في الفقرة الثالثة يتم بتطبيق خوارزمية منظومة عمل النمل عمليات التحسين المتتالية على

خطة العمل البدائية للتصميم الأولي للشبكة حتى إيجاد التصميم النهائي. تم استخدام خوارزمية منظومة عمل النمل في تصميم شبكتين كبيرتين ومختلفتين في الشكل في مالطا و سيشيلز. تتألف شبكة مالطا المثلثية (Triangulation) من 38 قياساً زمينياً تصل 25 نقطة تسوية موزعة على كامل الشبكة كما هو موضح في الفصل السادس. تم رصد هذه القياسات على مرحلتين: المرحلة الأولى تتكون من 22 قياساً زمينياً رُصدت باستخدام جهازين استقبال وأما المرحلة الثانية فتتكون من 16 قياساً زمينياً رُصدت باستخدام ثلاثة أجهزة استقبال. لتقييم فعالية عمل هذه الخوارزمية وإجراء المقارنة الفعلية تم تطبيق هذه الخوارزمية على الخطة العملية للتصميم الأولي ذات القيمة 1405 دقيقة. إن قيمة خطة العمل النهائية للتصميم الأكثر مناسبة لشبكة مالطا قد انخفضت بعد 80 محاولة تكرارية (Iterations) إلى 895 دقيقة وخلال زمن قدره 425 ثانية.

أما شبكة سيشيلز الخطية (Linear) فتتألف من 71 قياساً زمينياً تصل 75 نقطة تسوية موزعة على كامل الشبكة كما هو موضح في الفصل السابع. تم رصد هذه القياسات الزمنية باستخدام ثلاثة أجهزة استقبال. بتطبيق خوارزمية منظومة عمل النمل على خطة العمل الأولية ذات القيمة 994 دقيقة فإن قيمة تنفيذ خطة العمل النهائية للتصميم المثالي انخفضت بعد 100 محاولة تكرارية إلى 853 دقيقة بزمن حسابي قدره 1700 ثانية. في كلا الشبكتين أنتجت خوارزمية منظومة عمل النمل المبرمجة بلغة ++C تصاميم مثالية بأقل كلفة وزمن حسابي ممكنين مقارنة مع الخوارزميات الأخرى التي تم تطبيقها على نفس الشبكات المذكورة. لتقييم فعالية خوارزمية منظومة عمل النمل في تصميم الشبكات الكبيرة يجب تحديد مقدار التخفيض النسبي (Relative Reduction of the Cost RRC) في قيمة كلفة خطة العمل الأولية بالنسبة لخطة العمل النهائية لنفس الشبكة المرصودة. تُحدد قيمة التخفيض النسبي في تابع الكلفة باستخدام المعادلة الآتية:

(5)

$$RRC = \left\{ \frac{\text{Cost of the Initial Design} - \text{Cost of the Best Found Design}}{\text{Cost of the Best Found Design}} \right\} \times 100$$

كلفة التصميم الأولي Cost of the initial Design

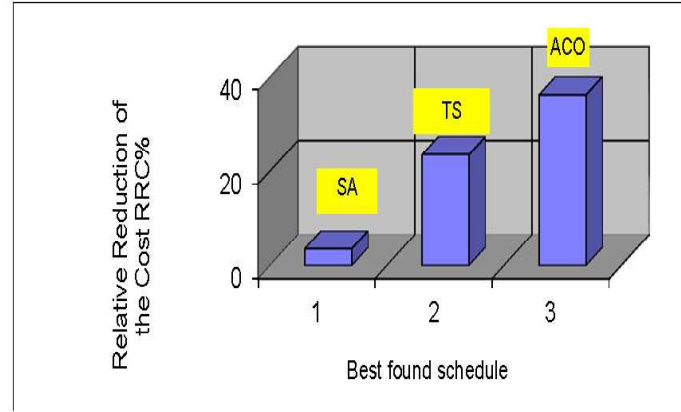
كلفة التصميم النهائي Cost of the Best Found Design

إن المبدأ العملي لتصميم هذه الشبكات يتم بتطبيق عدة خوارزميات على نفس الشبكة ومن ثم إجراء المقارنة بين جودة التصميم الناتجة من كل خوارزمية والسرعة الحسابية للحصول على هذه التصميم. يوضح الشكل 4.9 قيمة التخفيض النسبي في كلفة الخطوة الأولية للتصميم المثالي لشبكة مالطا، أما الشكل 5.9 فيوضح قيمة التخفيض النسبي في كلفة الخطوة الأولية للتصميم المثالي لشبكة سيشيلز. كما هو موضح من الشكلين السابقين لقد أعطت خوارزمية منظومة عمل النمل (ACO) أفضل النتائج للحصول على تصاميم جيدة مقارنة مع الخوارزميات الأخرى كالبحث المحظور TS والتلدين التجريبي SA. يبين الجدول 1.9 القيم العددية للنتائج الحاصلة من تطبيق هذه الخوارزميات على شبكتي مالطا و سيشيلز.

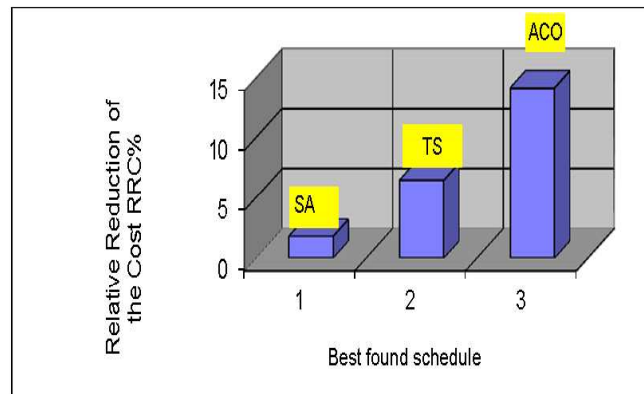
معلومات الشبكة الجيوماتيكية			الخوارزميات الميتاهيروستيكية								
			GPS-SA			GPS-TS			GPS-ACS		
الشبكة	N	Cos	C _{SA}	K	ET	C _{TS}	K	ET	C _{ACS}	K	ET
مالطا	38	1405	1355	14880	425	1075	28	6	895	80	44
المثلثية		min	min		sec	min		sec	min		sec
سيشيلز	71	994	976	115920	1700	933	20	40	853	100	153
الخطية		min	min		sec	min		sec	min		sec

جدول 1.9 النتائج الحاصلة من تطبيق الخوارزميات الميتاهيروستيكية على شبكتي مالطا و سيشيلز

تمثل N عدد القياسات الزمنية، COS كلفة خطة التصميم الأولي، CSA كلفة خطة التصميم الأكثر مناسبة الناتج من تطبيق خوارزمية التلدين التجريبي، CTS كلفة خطة التصميم الأكثر مناسبة الناتج من تطبيق خوارزمية البحث المحظور، CACO كلفة خطة التصميم المثالي الناتج من تطبيق خوارزمية منظومة عمل النمل، K عدد المحاولات التكرارية و ET قيمة الزمن الحسابي اللازم (بالثانية) لإيجاد التصميم المثالي. إن الاختيار المناسب للقيم الأولية لعوامل التحكم في بداية عمل الخوارزمية يساعد جداً في تسريع عمليات البحث والحصول على التصميم المثالي. تتغير طبيعة وقيم هذه العوامل وفقاً لأبعاد وشكل الشبكة المرصودة حيث إنه لا يوجد قانون أو قاعدة عامة يمكن تعميمها لتحديد القيم الفعلية لهذه العوامل وإنما بالتجربة والخبرة العملية والهدف المراد من التصميم.



الشكل 4.9 مقدار التخفيض النسبي في كلفة تصميم شبكة مالطا بتطبيق الخوارزميات الميتاهيروستية



الشكل 5.9 مقدار التخفيض النسبي في كلفة تصميم شبكة مالطا بتطبيق الخوارزميات الميتاهيروستية

يتم حالياً تطبيق الخوارزميات الميتاهيروستية في وضع المنهجية العملية لمعالجة بيانات الخرائط التكتونية والمعطيات الزلزالية في سوريا والدول المجاورة (كنشاط الفوالق والتحركات الأرضية وتحديد سلوكها وتوقع حدوث الزلازل الكبيرة ومدى تأثيرها على السكان والمنشآت، إلخ). تؤمن هذه المنهجية المرونة المناسبة لمعالجة الحجم الهائل للبيانات المجمعة بشكل سريع واقتصادي ومن ثم إيجاد الحلول العملية لمعالجة تأثيرات هذه الفوالق. تؤمن هذه المنهجية الحصول السريع

على جميع المعلومات المتعلقة بمنطقة الدراسة عن طريق جمع البيانات اللازمة (كالزلائية، والتكتونية، والطبوغرافية، والجيومورفولوجية، 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 الزلائية وتحديد قيم تنبؤ النشاط الجيوديناميكي لمناطق الفوالق النشطة والصدوع الموزعة على المنطقة المدروسة وتحديد العلاقة الدقيقة بين درجة الاهتزاز الأرضي وحجم الزلزال المتوقع والأضرار الناجمة. أيضاً تساعد هذه المنهجية في تأمين الدعم الفعال لاتخاذ القرار في اختيار المواقع المناسبة لإقامة المواقع الحيوية والمشاريع الإستراتيجية كالسدود ومحطات توليد الطاقة وتمديد أنابيب النفط والغاز، إلخ. يمكن تعميم هذه المنهجية بنجاح لتشمل منطقة فالتق الانهدام العربي والفوالق الأخرى في الوطن العربي وهذا يدعم المساهمة الفعالة لتحقيق النظام المتكامل الذي يقود إلى تخفيف أضرار وخطر الكوارث المختلفة التي تتعرض لها بلادنا العربية كالزلازل والفيضانات وغيرها.

منظومة الإنذار المبكر

تُعرف منظومة الإنذار المبكر عن الكوارث (Disaster Warning Network DWN) وفقاً لمفهوم التحسين الميטהيروستيكي بالتصميم المكون من مجموعة العناصر الأساسية التي يمكن نمذجتها في معادلات الدقة ومعايير الأمان لمجموعة الأقمار الصناعية المرتبطة بنقط المراقبة الموزعة على كامل الشبكة الجيوماتيكية التي تغطي منطقة الكارثة. تتكون هذه العناصر من محطات الرصد الثابتة، محطات المراقبة، مجموعة الأقمار الموجودة في مجال هذه المحطات، زوايا الميول لهذه الأقمار، إلخ. يتم إيجاد الحدود العظمى لتحسين فعالية عمل كامل المنظومة بدمج عوامل الدقة والأمان بالنموذج الديناميكي الميטהيروستيكي الذي يحدد الجودة النسبية لعمل هذه المنظومة والمعطى بالمعادلة الآتية:

(6)

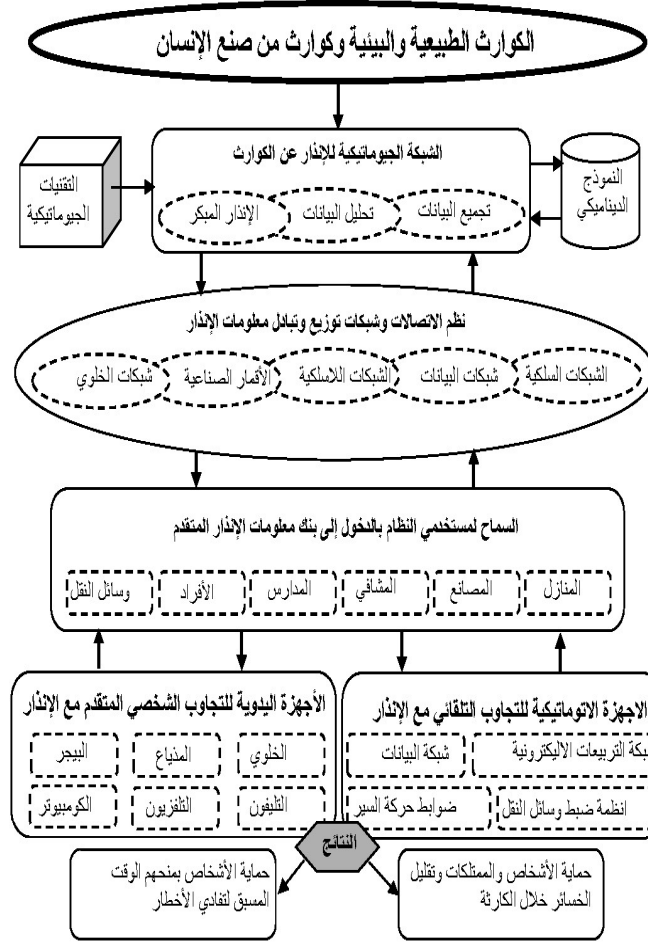
$$F_{DWN}(n) = \sum_{s=1}^M P_s (f_{acy}^s - f_{ing}^s)$$

تمثل F_{DWN} النموذج المتكامل للمنظومة و P_s عامل قياس حجم العمل المراد تنفيذه عند الموقع S من منطقة الكارثة و f_{acy}^s عامل الدقة عند الموقع S و f_{ing}^s عامل الأمان عند الموقع S و M عدد المواقع العملية في منطقة الكارثة و n عدد المحاولات التكرارية الواجب تطبيقها على النموذج لإيجاد التصميم الأمثل للمنظومة. تهدف هذه المقالة إلى تصميم وتطوير أدوات دعم اتخاذ القرار المبنية على الخوارزميات الميتاهيبروستيكية وطرق المحاكاة الحاسوبية لتحسين الصيغة العملية للحصول على الحلول المثالية التي تساعد في تخفيف مستوى التشويش في الإنذار وتسريع عملية إيصال المعلومات إلى فرق الإنقاذ في الوقت المناسب. تتصف هذه الخوارزميات بقدرتها الديناميكية على التعامل مع العناصر الثابتة والمتغيرة الخاصة بالكارثة بالإضافة إلى انتقاء المعلومات المهمة من قاعدة البيانات الأساسية الضخمة المرتبطة بمنظومة الإنذار المبكر والحاوية على كل المعلومات الضرورية. تم تجميع هذه البيانات باستخدام وسائل القياس والرصد المختلفة كالاستشعار عن بعد وأجهزة الرصد الزلزالي ونظم المعلومات الجغرافية والإنترنت وتقنيات معاينة الهواء والماء والتربة، إلخ. على سبيل المثال، إن دراسة ومراقبة تلوث الهواء عملية مكلفة ومعقدة وتتطلب أعداداً هائلة من نقاط المراقبة كون تأثير تلوث الهواء محلي غير متجانس ويتغير بشكل واضح وكبير من مسافة إلى أخرى. إن التقنيات المستخدمة حالياً غير قادرة على تأمين التمثيل الفراغي للوضع البيئي العام المتلوث ومصادر هذا التلوث، وينقصها أيضاً القدرة على اختيار المعلومات الضرورية من قاعدة البيانات الأساسية. لتأمين الإدارة المتكاملة لمراقبة الوضع الكارثي الناتج عن تلوث الهواء فإنه من الضروري فهم التغير والتوزيع الجغرافي لبواعث وتوزع هذه الملوثات وامتلاك كل المعلومات حول مستويات التلوث الآني لكامل مساحة منطقة التلوث وخاصة الأجزاء غير المجهزة بنقط المراقبة لكي يتم تبيان الانتشار الفراغي الدقيق لتلوث الهواء. إن هذه المنظومة المزودة بقاعدة البيانات الرئيسية والمرتبطة بالنموذج الديناميكي الميتاهيبروستيكي تستطيع بشكل فعال: (1) إيجاد الحدود العظمى لتحسين مراقبة وضبط عملية التلوث (مقارنة مع الطرق التقليدية المعمول بها حالياً) وذلك بالحصول السريع على جميع المعلومات الدقيقة الخاصة بانبعاث الملوثات، (2) إيجاد الوصف المفصل للوضع

الراهن باستخدام التمثيل الفراغي والتحليل البياني للنتائج الحاصلة، (3) تأمين عدة سيناريوهات متعددة ومختلفة لمستوى التلوث والتي تساعد في تقييم جودة الهواء وتقدير الخطر الناتج. تؤمن هذه الإستراتيجية المتكاملة لإدارة وتنظيم الكوارث بشكل علمي الحلول التي ليست مثالية فقط فيما يتعلق بالوضع الحالي لإدارة الكارثة، بل أيضاً فيما يتعلق بالتغيرات المتوقعة للبيئة بعد حدوث الكارثة.

4.9 النموذج الديناميكي للمنظومة المتكاملة للإنذار عن الكوارث

حتى الوقت الحاضر، لم تستطع الجهود المبذولة في مجال الأبحاث العلمية والتقنيات المتقدمة لإدارة الكوارث وتخفيف آثارها أن تجد الحلول الناجعة لتدارك العواقب ومواجهة أخطار الكارثة قبل حدوثها. فمعظم الناس في منطقة الكارثة والذين تجاوبوا مع أعراض الكارثة قد أثبتوا بأن الدقائق القليلة الأولى التي تلي حدوث الكارثة مباشرة تُعتبر الوقت الأكثر أهمية لتخفيف التأثير على الناس والأماكن حيث إن المعلومات الصحيحة والتجاوب السريع هما العاملان المهمان جداً للتجاوب مع تأثيرات الكوارث بعد حدوثها. ولكن من الخبرة الميدانية لفرق الإنقاذ وعمال الإغاثة فقد تبين إن الدقائق الأخيرة التي تسبق مباشرة بدء حدوث الكارثة تتسم بأهميتها القصوى بتخفيف حدة الأضرار على الناس والأماكن حيث إنه في هذه الدقائق الحرجة يتم اتخاذ الإجراءات الوقائية والضرورية التقليدية (كالإنذار والإسعاف وإخلاء المواقع وإيواء المنكوبين، الخ) لتجنب وتخفيف الأضرار إلى أبعد حدود الإمكانية (UN/SIDR، 2006). تعرض هذه الفقرة المفهوم الجديد لعمل منظومة الإنذار المبكر (Disaster Warning System) المتكاملة والمواكبة للتقدم التكنولوجي الذي يسمح بتكامل التقنيات الحديثة في إيصال الإنذار إلى موقع الكارثة بالسرعة القصوى والتجاوب مع تأثيراتها بأسلوب فعال يضمن تقليل الخسائر في الأرواح بشكل كبير. فنظام الإنذار الحديث المطلوب حالياً يجب أن يحقق سوية مجموعة الشروط المتضمنة وجوب إيصال الإنذار المبكر بشكل فعال إلى كافة الأجهزة والأدوات القادرة على تخفيف تأثير حدة جميع أنواع الكوارث الطبيعية والبيئية ومن صنع الإنسان وإيصال معلومات الإنذار إلى الناس في كل المواقع والأوقات.



الشكل 6.9 الإطار العام لعمل منظومة الإنذار المبكر عن الكوارث

يقوم النموذج الديناميكي المُعشق بخوارزميات الذكاء الاصطناعي والنمذجة (Modelling) والمحاكاة (Simulation) بربط أجزاء المنظومة بشبكات اتصالات حديثة وأنظمة بحث واسترجاع ذات سرعات عالية وواسعة النطاق تُيسر للعاملين التقنيين (Technical Users) الوصول إلى البيانات وتحليلها بغية استخدامها في صنع القرار ومساندة متخذي القرار. يجب أن تتوفر في المنظومة العناصر الضرورية والمتكاملة الآتية:

أ) استخدام أجهزة البث من نقطة إلى نقاط متعددة (Point To Multipoint) في كل الأوقات والأمكنة والتي تؤمن أفضل الطرق الموثوقة لبث الإنذارات عبر الشبكة اللاسلكية (Wireless R/F) حيث إن اسلاك شبكة مقاطع الدارات العامة (Public Switched Network) تفتقد ميزة البث الآني (Real Time) والآلي (Robustness) المهمتين في الإيصال السريع لمعلومات الإنذار وإن شبكات الإنترنت (Internet) والإيثرانيت (Ethernet) تخضع للحمل الزائد (Overload) وانقطاع الطاقة (Power Failures) وتأخر كبير (Latency) في انجاز العمليات في أثناء مراحل الكارثة.

ب) قدرة أجهزة استقبال الإنذار على استقبال الإشارات الموثوقة بشكل مستمر ودائم لتؤمن بأسرع ما يمكن دعم عمليات التجاوب والطوارئ حيث إن الإشارات المنقولة بالشبكات اللاسلكية تصل إلى موقع الكارثة قبل غيرها من أجهزة الاتصالات الأخرى. يجب أيضاً أخذ كافة الاحتياطات اللازمة لتزويد أجهزة الاستقبال بالمولدات الخاصة بإنتاج الطاقة (Battery Power Capability) خلال أوقات انقطاع التيار الرئيسي لتزويد الكهرباء.

ج) تحتوي المنظومة على مجموعة واسعة من أجهزة الاستقبال القادرة تلقائياً على تشكيل كافة التجاوب البشري والمؤتمت (Human And Automated Responses) حيث إن الكوارث المختلفة تتطلب نماذج ومستويات مختلفة من التجاوب، فكارثة الزلازل ذات وقت الإنذار القصير (Very Short Warning Time) تتطلب تجاوب كامل وترابط أوتوماتيكي بين الحساسات (Sensors) والمحرضات (Activators) وأجهزة تحكم الحواسيب لتؤمن بشكل فعال عملية تخفيف الأضرار دون الحاجة إلى تدخل العنصر البشري. أما التجاوب البشري فيتطلب دعماً مسبقاً بأجهزة التجاوب المبرمجة (Pre-Programmed Responses) لاستخدامها في الحالات التي يكون فيها التجاوب البشري غير متوفر ولا يمكن أن يعول عليه (فمثلاً الناس نائمون أو غير متواجدين أو ينسون التجاوب أو ببساطة يتم تجاهل الإنذارات).

د) تقوم المنظومة آنياً عبر أجهزة الحواسيب الثابتة والمحمولة والمرتبطة بالشبكة اللاسلكية بكافة عمليات تجميع البيانات والتحليل النموذجي للكارثة لتأمين مصدر وحيد لإيصال معلومات الإنذار المبكر عن كافة التهديدات الخطرة (All Hazard Warning)، ومنع حدوث الازدواجية في استخدام أجهزة الإنذار، وتنظيم التجاوب ضمن معايير ثابتة تحقق بشكل أكثر جدية التواجه المباشر مع

الناس (human interface)، وتسمح بشكل أكثر فعاليةً توضع مصادر الإنذار (efficient allocation of resources) وتقليل الكلفة الإجمالية بالنسبة للشبكة ولمستخدمي الشبكة.

هـ) تزيل المنظومة الإنذارات الوهمية وغير الحقيقية (failed and false warnings) لتزيد بذلك دقة معلومات الإنذار وبالتالي زيادة ثقة الناس بمصداقية وجدية عملية الإنذار وعدم تجاهلها أو الاستخفاف بها والتعامل والتجاوب معها كونها الوسيلة الوحيدة لحماية الأرواح والأموال. أيضاً يجب أن تُرسل المعلومات باستمرار إلى الناس في منطقة الخطر الفعلي للكارثة التي تتزايد حدتها وتأثيراتها مع الوقت وهذا سوف يزيد من ثقة الناس وقناعتهم بعمل المنظومة.

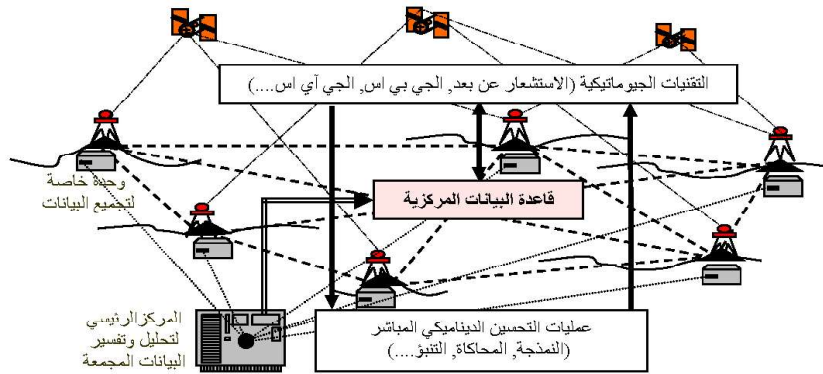
ولتحقيق النقاط المذكورة أعلاه، يجب أن تستخدم المنظومة بفعالية كل التقنيات المتاحة مجتمعة وضمن شبكة وحيدة متكاملة تحقق الميزات التالية:

- 1) المعرفة الآنية والمباشرة لكافة معلومات الكارثة كالشدة والموقع والسرعة والاتجاه وتغير هذه المعلومات مع تطور الكارثة والتحليل التفصيلي لها باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، 2) المعرفة الآنية والمباشرة للموقع الجغرافي (الطول والعرض) (Long/Lat) لمستخدمي للمنظومة وكيفية القيام بالوسائل الضرورية لتخفيف حدة الكوارث باستخدام تقنيات تحديد المواقع ونظم المعلومات الجغرافية، 3) قدرات المعالجة الآنية للمعلومات والمعطيات (Real Time Processing Capability) المتوفرة لتحديد مستخدمي الإنذار قبل بدء تأثير الكارثة وخاصة المتواجدين في دائرة الخطر الفعلي. يتم عمل الشبكة الجيوماتيكية للإنذار عن الكوارث ضمن ثلاث مراحل عملياتية:

I) مرحلة التحسس والتقاط إشارات الإنذار (detection): في بداية عمل الشبكة تقوم كافة أجهزة التحسس والملاحقة (sensors and detectors) آتياً وباستمرار في تحديد وتجميع بيانات الموقع والسرعة والشدة للكارثة، ومن ثم تقوم أجهزة الإرسال (transmitters) ببث هذه المعلومات إلى المركز المركزي (central processing site) لمعالجتها وتحليلها آتياً. تتم عملية التحسس وتجميع الإشارات لكل إقليم بشكل مستقل بتزويده بالحساسات المناسبة التي يتم تشبيكها مع أجهزة عمل شبكة والمكونة من رادار دوبلر (land based Doppler radar) وحساسات الرعد (lightning sensors) وحساسات مراقبة مياه الأمطار (rainfall monitoring sensors) وحساسات السيزموميتر (seismometers) وحساسات المد والجزر في المحيطات.

(II) مرحلة تحليل البيانات (analysis): في هذه المرحلة يقوم مركز المعالجة المركزي آنياً ومباشرةً بتحليل كافة البيانات المجمعة من كل أقاليم المنطقة الواقعة تحت تأثير الكارثة باستخدام برامج الحواسيب والنمذجة وقاعدة البيانات ومن ثم التحديد الفوري لكافة معلومات الكارثة كطبيعة ودرجة شدتها واتجاهها والحدود الجغرافية للمنطقة الواقعة تحت تأثيرها وعدد الناس المعرضين للخطر الفعلي والواجب إنذارهم الفوري بالخطر وموقعهم الجغرافي مع تحديث معلومات الإنذار باستمرار بالنسبة لقاعدة البيانات ولمستخدمي المنظومة.

(III) مرحلة الإنذار (Warning): تتضمن هذه المرحلة النهائية بث معلومات الإنذار المُحدثة على شكل إشارات مشفرة (Encoded Instruction Signals) عبر شبكة الاتصالات اللاسلكية إلى جهات واسعة ومتنوعة في المنطقة المعرضة لخطر الكارثة. حيث يتم الاستقبال التلقائي والمبرمج لإشارات الإنذار والتجاوب معها أوتوماتيكياً من قبل المنشآت المهمة والمزودة بأجهزة التنبيه كإغلاق خطوط نقل البترول (fuel shutoffs) وضبط وإقفال أنظمة الحواسيب (Control Or Shutdown Of Computer Systems) وأنظمة الرعد (Lighting Systems) وأنظمة البث الإلكتروني (Electrical Transmission Systems) ومخارج الطوارئ، إلخ، موفرةً بذلك الوقت لفرق الإنقاذ والطوارئ لتحضير الترتيبات العاجلة في تخفيف الخطر إلى حدوده الدنيا. تستخدم المنظومة أدوات الإنذار المرئية والمسموعة (Audible Or Visible Warning Devices) كأجراس الإنذار (Disaster Warning Sirens) وأجهزة الراديو الخاصة بالطوارئ (Emergency Disaster Radios) والتلفزيون وأجهزة الخلوي والتنبيه الشخصي، إلخ.



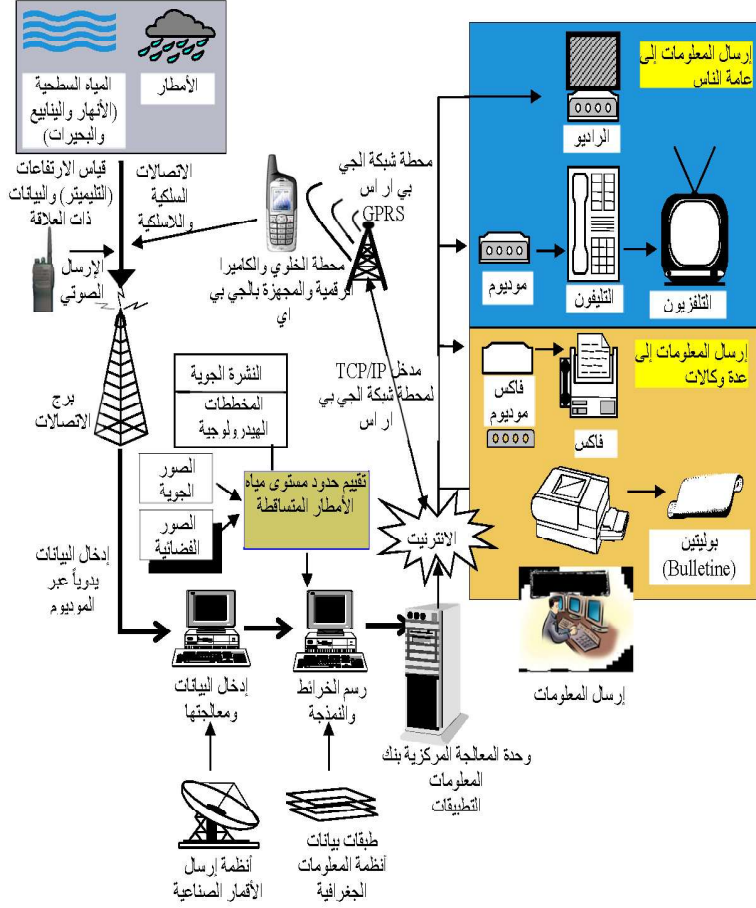
الشكل 7.9 الشبكة الجيوماتيكية التي تُشكل الأساس الفعلي لمنظومة الإنذار المبكر عن الكوارث

5.9 تكنولوجيا اتصالات المعلومات المستخدمة في منظومة الإنذار المبكر عن الكوارث

بالرغم من تزايد آثار الكوارث وتعاقبها باستمرار في شتى أنحاء العالم، إلا أنه من الممكن وبدرجة عالية الحد من الخسائر والأضرار المقترنة بها وتخفيف خطرهما في كل مراحل إدارة الكارثة من خلال تضمين تطبيقات وخدمات تكنولوجيا اتصالات نقل المعلومات (Information Communication Technology) في أنظمة الإنذار المبكر المكونة من عدة وحدات عمل رئيسية وفرعية متكامل وتتواصل مع بعضها البعض بشبكة كبيرة ومتشعبة من قنوات الاتصالات. فعلى الجهة البعيدة عن موقع الكارثة توجد السلطة المركزية لإدارة عمليات والطوارئ التي تراقب باستمرار الوضع العام لتحولات وتغيرات خطورة الكارثة ومن ثم تقوم بتبليغ الإنذارات إلى الجهة الأخرى حيث تتواجد التجمعات البشرية وعمال الطوارئ والإنقاذ في الموقع المعرض لخطر الكارثة. وبين هاتين الجهتين يكون الدور المهم والحرص لإدارة نظم الاتصالات ووسائل الإعلام (Media) بإيصال معلومات الإنذار بشكل سريع ودقيق إلى محتاجي هذه المعلومات ومن ثم تلقي ردود الأفعال والنتائج الحاصلة وإرسالها ثانية إلى الإدارة المركزية باستمرار لتقييم وتقدير الآثار الناجمة عن الكارثة ومتابعة تحسين عمليات الإنقاذ والإمداد. تستخدم هذه النظم في عملها خلال كل مراحل إدارة الكارثة تقنيات وأجهزة متعددة تقليدية وحديثة منفردة أو مجتمعة أو على التوازي وضمن إطار عمل شامل للاستفادة القصوى من تكامل الميزات القوية لكافة الأجهزة وحسر نقاط ضعفها حيث إن لكل تقنية أو جهاز نقاط ضعف وقوة. يوضح الشكل 8.9 بعض هذه الأجهزة كالتلفزيون والراديو العادي وراديو الهواة اليدوي (Amateur Radio) والراديو المتصل بالأقمار الصناعية (Satellite Radio) والتليفون الثابت والنقال، وأما التقنيات فتتمثل بإجراء التحادث المباشر بين فرق الإنقاذ في الموقع الميداني والسلطات المركزية في غرفة العمليات والنقل الحي بالصوت والصورة للحوادث وإجراء المعالجة الطبية عن بعد (Telemedicine) وتبادل المعلومات الطبية من موقع إلى آخر عبر شاشات الفيديو (Video Conferencing) وخدمات الرسائل القصيرة (Short Message Service) وشبكات البث الخلوية التي تعمل على عدة موجات تراددية (Cell Broadcasting) والبريد الإلكتروني والإنترنت للمشاركة في المعلومات بين العامة والإدارة، والإنترنت

للمشاركة فقط بين وحدات عمل المنظومة المركزية. أيضاً توجد بعض البرامج كتحويل الوثائق (file transfer) إلى مراكز عمليات تخطيط التمويل والتزويد والموارد البشرية (access enterprise resource planning) في أثناء مراحل إدارة الكارثة.

توجد حالياً بعض المنظومات العملية للاستغاثة والطوارئ المباشرة على مستوى العالم والمبنية على أحدث التقنيات المتقدمة كالجمدس (Global Maritime Disaster & Safety System Gmdss) لتزويد نظام بحث وإنقاذ على مستوى عالمي باستخدام التقنيات المتقدمة للأقمار الصناعية ونظم الاتصالات السلكية واللاسلكية الثابتة والمحمولة وشبكات اتصال عالية كشبكات الترنك اللاسلكي (TETRA) والتردد العالي والمنخفض (HF, VHF, MF). تهدف هذه المنظومة إلى ضمان كفاءة وسائل الاتصال بتنظيم وتأمين عملية الاتصال بين محطات الاتصال الرئيسية بغرف العمليات المركزية في مراكز القيادة والمحطات الفرعية في مركز البحث والإنقاذ والاستغاثة في موقع الكارثة والتأكيد على وصول إشارة الاستغاثة في الزمن المحدد وكشف ثغرات التغطية لعمليات البث وأوجه القصور التي قد تظهر في أثناء العمل ومحاولة علاجها واختبار وقياس زمن وصول إشارات الاستغاثة واستقبال إشارات المساعدة الطبية من وإلى شبكات العلاج عن بعد باستخدام سيارات الإسعاف العاملة من خلال الأقمار الصناعية بالإضافة إلى الإسعاف الطائر. إن هذه الشبكات مزودة بخاصية البحث الذاتي عن أي إشارات استغاثة حيث يمكن لهذا النظام إظهار الموقع الجغرافي لمكان الاستغاثة على خرائط رقمية وشاشات عرض وبالتالي إقامة موارد جاهزة يمكن نشرها فوراً عقب وقوع الكوارث كنشر أنظمة عالية التقنية بهدف انتشارها في الميدان خلال الساعات الأولى من وقوع أي كارثة. لإنجاح عملية الاتصالات في إدارة الكوارث يجب تبني اتفاقية تامبير (Tampere Convention) العالمية الصادرة عن الأمم المتحدة الخاصة باستغلال موارد الاتصالات السلكية واللاسلكية للحد من الآثار المترتبة على الكوارث بأنواعها وإزالة الحواجز التنظيمية أمام نشر معدات الاتصالات عبر الحدود (كما حصل مؤخراً في التسونامي) وضع وقواعد وإجراءات لتسيير استعمال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في كل مرحلة من مراحل إدارة الكارثة.



الشكل 8.9 نظم اتصالات نقل المعلومات ودورها الأساسي خلال مراحل إدارة كارثة الفيضان

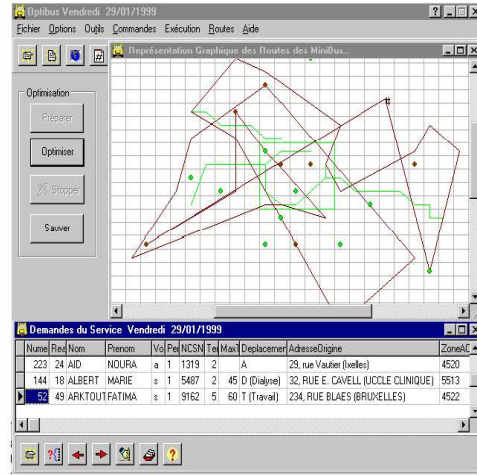
6.9 التطبيقات المهمة لخوارزميات الذكاء الاصطناعي في الحياة العملية في دعم إدارة الكوارث

تعرض هذه الفقرة بعض التطبيقات العملية لمبادئ منظومة الإنذار المبكر كإيجاد الحل الأكثر مناسبة لنقل الناس ذوي الحاجات الخاصة (والمشابهة لنقل وإسعاف الناس عند حدوث كارثة ما)، وتصميم شبكة الإنذار عن الفيضانات في منطقة الفلاندر في بلجيكا وإجراء عمليات الإنذار والمراقبة والتحكم بتلوث المياه في أثناء مراحل إدارة كارثة الفيضان.

تنظيم عمليات نقل الناس ذوي الحاجات الخاصة

إن أحدث التطبيقات الحالية لمفاهيم ومبادئ هذه المنظومة يتم في تنظيم عمليات نقل الناس ذوي الحاجات الخاصة (Handicapped Person Transportation) من منازلهم إلى المشافي وإعادتهم ثانية إلى بيوتهم مع الأخذ بعين الاعتبار كافة العوامل المتغيرة والثابتة كالوضع الصحي لهؤلاء الناس ودرجة عجزهم المختلفة من شخص إلى آخر، وعدد حافلات النقل المتوفرة، والرحلات اليومية لكل حافلة، وعملية نقلهم جماعياً أو فردياً مع الوقت اللازم للانتظار وركوب الحافلات، وأماكن تجميع الحافلات وبعدها عن منازل الناس من جهة وعن المشافي من جهة أخرى، والوضع الراهن لشبكة الطرق وتنظيمها وساعات الازدحام، والتوزيع الجغرافي لمساكن الناس وبعدها عن المستشفيات، إلخ. تُعتبر هذه المشكلة من أكثر المشاكل المعقدة في علوم الإدارة والتنظيم والمبنية على المفهوم العام لمسائل التجميع والإمداد (Pickup And Delivery Problems) حيث إنه في هذه المسائل يتم تعيين عدد من وسائل النقل المخصصة لتوزيع مجموعة ما من الحمولات (بضائع، أشخاص، إلخ) من أماكن التواجد الأصلي (Origins) إلى أماكن متفرقة وباتجاهات متعددة (Destination)، لمزيد من المعلومات يرجى الرجوع إلى (Dethloff, 2001). فالهدف الرئيسي للتطبيقات المطورة في هذه الدراسة إيجاد خطة السير المثالية (Ideal Transportation Request) لنقل الناس جماعياً أو انفرادياً من منازلهم إلى المشافي وإعادتهم ثانية بأسرع وقت ممكن عبر الشوارع الأكثر مناسبة وباستخدام أصغر عدد ممكن من وسائل النقل ووفق جدول زمني محدد ومعروف مسبقاً وضمن شروط مقيدة (Constraints) كأوقات النقل المحددة، وعدد الأشخاص الواجب نقلهم، والقدرة الاستيعابية لوسائل النقل، إلخ. تزداد صعوبة الحصول على خطة السير العملية مع ازدياد عدد الركاب ووسائل النقل المخصصة والتوزيع الجغرافي للمنازل والمشافي وكراجات تجمع وسائل النقل الذي يتحكم بكيفية استخدام وسائل النقل، فمثلاً مجموعة الناس التي تقطن متقاربة في نفس الحي السكني يتم نقلها بنفس السيارة بعكس الشخص الذي يقطن بعيداً عن المشفى فيتم تخصيص سيارة لنقله على شكل إفرادي وبالتالي من الصعوبة تنفيذ خطة السير بنفس السيارة ناهيك عن العوامل الجوية وازدحام السير وضيق الشوارع، إلخ. أيضاً تلعب درجة العجز والوضع الصحي للشخص المنقول عاملاً حرجاً في الحصول على خطة السير المثالية، فمثلاً الشخص

ذات درجة العجز الكبيرة يحتاج وقتاً أطول وعمال تمرّض أكثر لمساعدته في ركوب السيارة والنزول منها وأحياناً كرسي خاص لنقله (wheel chair)، بعكس الشخص ذي درجة العجز الصغيرة الذي يحتاج وقت أقل لصعود وركوب الحافلة وبإمكانه خدمة نفسه بنفسه.



الشكل 9.9 البرنامج الحاسوبي (software) لنقل الناس ذوي الحاجات الخاصة في بروكسل

9.9. البرنامج الحاسوبي (OPTIBUS) وتأمين خطط النقل العملية

يتم حالياً استخدام هذا التطبيق فعلياً لحل مشكلة الازدحام في العاصمة البلجيكية بروكسل وضواحيها من قبل شركة النقل الداخلي (Inter-Communal Transport Company Of Brussels, S.T.I.B) وتأمين خطط النقل العملية باستخدام البرنامج الحاسوبي (OPTIBUS) كما هو موضح في الشكل 9.9. يُنتج هذا البرنامج (في كافة الأحوال العادية أو عند حدوث أي طارئ يغير من طبيعة المعطيات) كافة الخطط العملية لتسيير حافلات شركة النقل بكافة أنواعها وأحجامها وبشكل أتموماتيكي ومصور (visual) حيث تحتوي خطة عمل كل حافلة: (1) شكل ونوع الحافلة وسعتها وعدد خطط السير الواجب تنفيذها ضمن فترة زمنية محددة، (2) مجموعة المواقع (bus stops) التي يجب أن تمر عليها الحافلة بما فيها نقطة البداية والنهاية حيث يجب أن تعود الحافلة

إلى نفس الكراج الذي خرجت منه بعد تنفيذها كامل الخطوة، (3) وأسماء الأشخاص والوقت الذي يناسبهم لنقلهم من منازلهم إلى المشفى وإعادتهم ثانية إلى منازلهم.

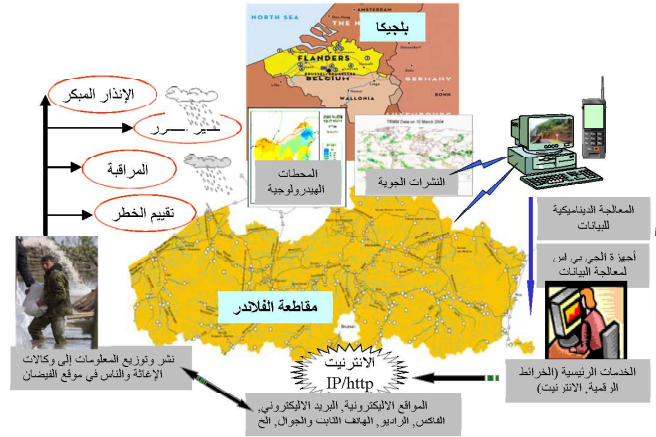
يتصل البرنامج الحاسوبي بقاعدة بيانات ضخمة تضم: (1) المعلومات الخاصة بالأشخاص كعنوان المسكن ووضعهم الصحي والأوقات التي تناسبهم والأدوات المستخدمة في عملية نقلهم (الكروسي النقل) وعدد عمال التمريض للمساعدة في عملية النقل، (2) المعلومات الخاصة بعربات النقل وسعتها وأسماء السائقين وعناوينهم واسم وموقع كراجات تجميع الحافلات وأوقات المغادرة والعودة من وإلى الكراج، إلخ، (3) الخريطة الرقمية لكامل المنطقة الجغرافية لمدينة بروكسل وضواحيها مع كل التفاصيل والعناوين للأحياء والشوارع ومواقع الكراجات والمشافي، إلخ. إن النتائج الحاصلة من تطبيق هذا البرنامج أفضل بكثير من الطرق التقليدية المعمول سابقاً من قبل شركة النقل الداخلي في بروكسل وخاصة فيما يتعلق بجودة الخدمات وباختصار الجهد الحسابي لإيجاد الحل البديل في حدوث طارئ ما. تستغرق الطرق التقليدية عادةً لانجاز الجدول الرئيسي المتضمن كافة الخطط العملية لتسيير كامل الحافلات جهد يوم كامل لثلاثة مبرمجين على الأقل، في حين تم اختصار هذا الجهد الحاسوبي باستخدام البرنامج الديناميكي المطور في هذه الدراسة (والذي يستخدم الخوارزمية الجينية في معالجته للبيانات) إلى 45 دقيقة (وفي بعض الحالات أقل من ذلك تبعاً لحجم البيانات والمعطيات) بجهد عامل برمجة واحد وبدقة ومرونة متناهية.

إن تطبيق هذا البرنامج الديناميكي في نقل الناس ذوي الحاجات الخاصة في مدينة بروكسل يشبه إلى شكل نسبي مشكلة نقل وإسعاف الناس في حالات الطوارئ والاستغاثة بعد وقوع الكارثة حيث إن درجة الإصابة والعجز مختلفة من شخص مصاب لآخر وموضعه الجغرافي والوصول إليه معقد وصعب ويخضع إلى تغيرات طارئة باستمرار وفقاً لتحولات الكارثة مع الزمن. بالإضافة إلى أن تدفق وتوزيع المساعدات والإمدادات ووسائل الإسعاف ونقل الجرحى تكون مكثفة ومتشعبة ومختلفة مع الزمن من مكان إلى آخر وتتطلب الدقة والسرعة في التخطيط والتنفيذ على كافة المستويات ولكامل المنطقة الجغرافية الواقعة تحت التأثير الآني لتغيرات الكارثة. لقد تمت دراسة وتصميم عمل البرنامج الحاسوبي لمنظومة الإنذار في هذا البحث بحيث تأخذ بالحسبان كافة الأوضاع الحرجة للناس والممتلكات والسيناريوهات المتوقعة في أثناء

وبعد انتهاء الكارثة. أيضاً يساعد هذا البرنامج في تنظيم العمليات اللوجستية للطوارئ وتأمين أفضل الحلول الممكنة لإيصال ونقل الجرحى وتأمين كافة الإسعافات الأولية بأسرع وقت ممكن.

تصميم شبكة الإنذار عن الفيضانات في مقاطعة الفلاندر في بلجيكا

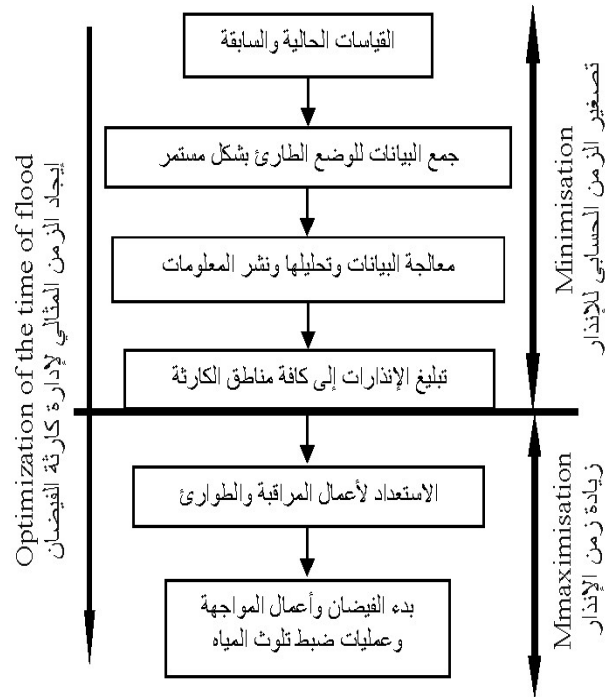
يوضح الشكل 10.9 تصميم شبكة الإنذار لمواجهة الفيضان ومراقبة تلوث المياه السطحية والجوفية المرافق للفيضان في الفلاندر (Flanders). تتألف الشبكة من محطات مراقبة موزعة على كامل المقاطعة لتأمين المعلومات الدقيقة والصحيحة باستمرار طيلة مراحل إدارة الفيضان. لضمان نظام مراقبة فعال لشبكة الإنذار، يجب أن يتعامل النموذج الديناميكي للمنظومة مع جميع العوامل الثابتة والمتغيرة (Variable And Constant Parametres) التي تأخذ بالحسبان كافة المتطلبات العملية والتنظيمية المتعلقة بعوامل الكمية والنوعية لإدارة الفيضان وتنظيم وضع المياه السطحية والجوفية.



الشكل 10.9 شبكة المراقبة والإنذار عن الفيضانات في مقاطعة الفلاندر في بلجيكا

يتكون النموذج الديناميكي من عامل تحديد الحالة الحالية لجودة المياه (Water Quality Status) وعامل مراقبة تغيير معدلات جودة المياه (Violations Of The Water Quality Standards) التي تساعد في فهم تطور التغيرات المتتالية لوضع المياه على المدى القريب والبعيد ومن عوامل أخرى كمعرفة وكشف الأسباب التي تؤثر على تحولات جودة المياه وعامل نمذجة جودة المياه (Water Quality Modelling)

في دعم دراسة وتنظيم جودة المياه. يجب تشبيك هذه العوامل بانسجام متناسق ضمن توابع رياضية أو دالات هادفة (Objective Functions) تشمل كافة تحولات وتغيرات الفيضان وخطر التلوث البيئي الناتج عنه كما هو موضح في الشكل 11.9. إن المنظومة في هذا البحث طورت التركيبية العملية والهيكلية للنظام التقليدي (Fhr-Risk Model Programme) لمراقبة الفيضان في الفلاندر وزادت من فعاليته في تحسين معالجة البيانات ديناميكياً وزيادة وقت الإنذار. تتمثل بعض نقاط الضعف في: استخدام شبكة طبوغرافية بتربيعات صغيرة وهذا يزيد زمن معالجة البيانات، التكرار المتشابه (Doubles Of Calculations) للعمليات الحسابية في بعض التوابع العملية وهذا يُبطئ عمل البرنامج ويقلل من فعاليته، لا توجد مخرجات كافية للمعلومات (Output Information) مع وجود الشك في قيم النتائج الحاصلة (Uncertainty Around The Result)، والمعرفة غير الكاملة لمدى انتشار الأخطاء والأغلاط (Propagation Of Input Errors) في هذه النتائج.



الشكل 11.9 النموذج الديناميكي لعمل شبكة المراقبة وإدارة الفيضان

تم تصميم النموذج الديناميكي للمنظومة لاستدراك وتفادي نقاط الضعف السابقة من خلال إدارة البيانات المرجعية ذات الأبعاد الثلاثية (Spatially Referenced Data) بواسطة تقنيات وأدوات متقدمة كبرامج المحاكاة والنمذجة (Computer Simulation) And Modelling، والتبصر الشكلي أو الغرافي (Graphical Visualisation)، والخوارزميات الميتاهيبروستيكية، إلخ. يتم دمج وتشبيك هذه الأدوات والتقنيات بشكل متكامل ومتناسق ضمن جميع مراحل عمل النموذج الديناميكي مع الأخذ بالحسبان تحقيق: (1) التخطيط البيئي والمكاني وتنظيم سياسة استخدام الأرض (Spatial And Environmental Planning And Land-Use Regulation) (كالإعلان عن مناطق خطر الفيضان والتطور العمراني محلياً وإقليمياً)، (2) إدارة وتنظيم المياه (Water Management) (كتحديد مناطق الفيضان وتشكيل خطط مواجهته وأساليب التحكم بالتلوث)، (3) وإدارة الخطر (Risk Management) (كالتنبؤ عن الفيضان وتنظيم خرائط التعرض لخطره وتطبيق الإنذار المبكر Flood Hazard And Vulnerability)، (4) Maps المرونة المناسبة في التعامل مع البيانات الثابتة والمتغيرة (Continuous And Discrete Parameters) وبالتالي إنتاج السيناريوهات المتنوعة التي تعكس آنياً وباستمرار (continuous and real time) الوضع الحقيقي والتمثيل الفراغي لشكل الفيضان والخطر المتوقع علماً أن الطرق التقليدية بوضعها الحالي تفتقر وتنقصها القدرة على ذلك.

تبين النتائج الحاصلة إمكانية تصميم الشبكات الجيوماتيكية مع التقنيات المتقدمة في منظومة عمل متكاملة وتطبيقها في إدارة الكوارث في جميع البلاد العربية والعالمية. ففي سورية والبلاد المجاورة يتم حالياً دراسة تطبيق ووضع المنهجية العملية لمعالجة بيانات الخرائط التكتونية والمعطيات الزلزالية (كنشاط الفوالق والتحركات الأرضية وتحديد سلوكها وتوقع حدوث الزلازل الكبيرة ومدى تأثيرها على السكان والمنشآت، إلخ). تؤمن هذه المنهجية المرونة المناسبة لمعالجة الحجم الهائل للبيانات المجمعة بشكل سريع واقتصادي ومن ثم إيجاد الحلول العملية لمعالجة تأثيرات هذه الفوالق من خلال الحصول السريع على جميع المعلومات المتعلقة بمنطقة الدراسة عن طريق جمع البيانات اللازمة (كالزلزالية، 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 الدقيقة بين درجة الاهتزاز الأرضي وحجم الزلزال المتوقع والأضرار الناجمة. أيضاً تساعد هذه المنهجية في تأمين الدعم الفعال لاتخاذ القرار في اختيار المواقع المناسبة لإقامة المواقع الحيوية والمشاريع الإستراتيجية كالسدود ومحطات توليد الطاقة، إلخ. يمكن تعميم هذه المنهجية بنجاح لتشمل منطقة فالق الانهدام العربي والفوالق الأخرى في الوطن العربي وهذا يدعم المساهمة الفعالة لتحقيق النظام المتكامل الذي يقود إلى تخفيف أضرار وخطر الكوارث المختلفة التي تتعرض لها بلادنا العربية كالزلازل والفيضانات وغيرها. أيضاً تم تطبيق هذه الدراسة في تصميم شبكة مراقبة وإنذار لإدارة المياه وضبط تلوثها في فلسطين، (Saleh And Allaert) (2007). وعلى المستوى الأوروبي يتم حالياً تصميم ودراسة المنهجية المتكاملة لمنظومة الإنذار المبكر للكوارث البيئية والطبيعية في حوض الدانوب التي تغطي معظم الدول الأوروبية حيث إن نهر الدانوب الذي يعبر أكثر من 17 دولة في الاتحاد الأوروبي وخارجه معرض لكثير من الكوارث المتنوعة كالفيضانات والتلوث البيئي وحرائق الغابات،

7.9 الاستنتاج

تُعد النظم الجيومعلوماتية الأكثر دقة بتكنولوجيتها المتطورة والمتقدمة جداً في مختلف المجالات العلمية والعملية وبالأخص في تنفيذ الشبكات الجيوماتيكية الضخمة بدقة متناهية وسرعة فائقة. إن كلفة استخدام هذه النظم باهظة وتزداد طردياً تبعاً لحجم وشكل الشبكة المراد تصميمها وهذا يستلزم إيجاد الطرق العملية والاقتصادية لاستخدام هذه النظم بشكل فعال. يُعتبر تطبيق لنمذجة خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تصميم الشبكات الجيوماتيكية الداعمة لعمليات التنمية المستدامة وإدارة الكوارث في هذا الكتاب عملاً علمياً فريداً من نوعه في جميع مجالات الهندسة الجيوماتيكية والبحث العملي والذكاء الاصطناعي وإدارة الكوارث وغيرها من العلوم الأخرى.



منظمة المجتمع العلمي العربي
Arab Scientific Community Organization