

الفصل الأول

مقدمة

1.1 مقدمة

تمَّ استخدام النظام الجي بي اس (Global Positioning System, GPS) أو نظام تحديد المواقع باستخدام الأقمار الصناعية للأغراض العسكرية بهدف الاستطلاع والمراقبة من قبل وزارة الدفاع الأمريكية. يتكون هذا النظام من 24 قمراً صناعياً. ويزود المستخدم على مدار الـ 24 ساعة بالموقع ذي الإحداثيات الثلاث بدقة عالية جداً وبالمعلومات الزمنية لأي مكان من الكرة الأرضية. إضافة لما ذكر آنفاً، يمتلك هذا النظام تأثيراً فعالاً على كافة المجالات الهندسية والجيوفيزيائية وخاصة الأعمال المساحية في تحديد المواقع والتغيرات الحاصلة فيها بدقة متناهية وبكلفة قليلة وخلال فترات رصد قصيرة. يمكن تحقيق ذلك دون الحاجة لتأمين شرط الرؤيا بين النقاط المساحية الذي يُعدُّ أساسياً باستخدام الطرق المساحية التقليدية. من ناحية أخرى إن استخدام أجهزة نظام الجي بي اس مكلف جداً بالمقارنة مع الطرق الأخرى، وهذا يصبح مهماً جداً عندما تزداد كمية الأعمال (مثلاً، الشبكات الكبيرة). للحصول على الفائدة العظمى من استخدام ميزات نظام الجي بي اس، فإن التنظيم المتناسق لمكونات العمل الحقلية مهم وضروري لشبكة الجي بي اس (GPS Surveying Network)، وخاصة مع ازدياد عدد أجهزة الاستقبال (Receivers). وتتكون مركبات العمل الحقلية لنظام الجي بي اس (GPS Field-Work) من جميع المتغيرات (Variables) التي يُمكن التحكم بها (Controllable) والتي لا يمكن

التحكم بها (Uncontrollable) كالزمن، والكلفة، والموظفين، ومواقع النقاط (Stations)، والأقمار الصناعية (Satellites) المراد استخدامها، والأشعة الزمنية (Sessions) المراد رصدها، وطولها، وبرنامج تنظيم العمل الحقلية لتصميم الشبكة ورصدها (Schedule) باستخدام جهاز الاستقبال (أي الترتيب المتسلسل (Order) الذي سيتم به رصد هذه الأشعة). إن الجوهر الأساسي هنا هو البحث عن البرنامج المثالي (Optimal Schedule) لتنظيم العمل الحقلية (أو القريب منه) الذي يُمكن من تحقيق تخفيضات كبيرة في الكلفة الإجمالية للأعمال المساحية باستخدام المساحة الفضائية والتي تجعل من السهولة القيام بتنفيذ العمل في أقصر زمن ممكن.

2.1 حول ماذا يدور هذا الكتاب؟

إن عمليات التنظيم في الإدارة كالتسلسل (Sequencing) وبرمجة الأعمال وجدولتها (Scheduling) تلعب دوراً حاسماً في تنظيم العمل الحقلية لنظام الجي بي اس. في البيئة الاقتصادية التنافسية الحالية، وإن تنظيم مركبات العمل الحقلية في برنامج فعال لتصميم الشبكة أصبح مرغوباً جداً. فالمساحون المستخدمون لنظام الجي بي اس يعملون على تخفيض أزمدة الرصد والحصول على برنامج تنظيم العمل الحقلية لاستخدام أجهزة الاستقبال بطريقة أكثر فعالية، وهكذا فإن تنظيم القدرات تُشكل الآن التركيز الأهم للحصول على ميزة تنافسية. كما إن تطوير الطرق ذات الفعالية الحسابية التي يمكنها تلبية متطلبات تصميم شبكات الجي بي اس (شبكة كبيرة، الخدمات اللوجستية) لا تزال متأخرة مقارنة بالتطورات التكنولوجية الأخرى في مجال نظام تكنولوجيا الجي بي اس وفي تخفيض أزمدة الرصد. لذلك، فإن الحاجة إلى إجراء برمجة وجدولة فعالة للأعمال المساحية باستخدام نظام الجي بي اس أصبح في غاية الأهمية. فالهدف الرئيسي من هذا الكتاب نمذجة مكونات العمل الحقلية باستخدام الطرق التقريبية (Heuristic)، ضمن مجال بحوث العمليات ((Operational Research (OR) والذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence)، من أجل تحديد أفضل تصميم ممكن لشبكة الجي بي اس التي تأخذ بالحسبان القيود الهندسية والكلفة.

3.1 البحث العملياتي

في معظم تطبيقات البحث العملياتي، يكون الاهتمام الأكبر للباحثين هو للحصول على الحل الجيد بما فيه الكفاية (Good Enough) أكثر من إثبات وتحقيق المثالية (Optimality). وإن الحل الجيد بما فيه الكفاية يعني طبعاً الحل الجيد جداً (Very Good Solution) والأفضل بكثير من الحل الذي يمكن الحصول عليه بوسائل أخرى. عند مناقشة مثالية حل ما فإنه من المهم جداً تحقيق ما هو هدف عمليات التحسين (Optimization). هل السعي للحصول على أرخص أو أسرع حل؟، أو، ذاك الحل الأكثر قابلية للاستخدام، أو، ببساطة أي حل يلي شروط محددة؟ إن الهدف من برمجة وجدولة عمليات تصميم الشبكة المساحية بالجبي بي اس السعي للحصول على البرنامج الممكن لعمليات تصميم الشبكة الأقل كلفة (Cheapest Schedule) والذي يلبي كلاً من متطلبات نظام الجبي بي اس والطرق التقريبية. كما إن صيغة أو معيار القبول الذي سيعتمد في هذه الدراسة يشمل المفاهيم مثلاً (كم هو جيد برنامج تنظيم العمل الحقلي لتصميم الشبكة الذي تمّ الحصول عليه؟) و(كم هي مقدار التكلفة (الزمن في سياق هذه الدراسة) الذي سيتم توفيرها؟) واعتمدت الجمعية البريطانية للبحث العملياتي (Operational Research Society ORS) التعريف التالي للبحث العملياتي: «علم صنع القرار في العمل والصناعة والحكومة والمجتمع»

“The Science of Decision Making in Business, Industry, Government and Society”.

إن القسم الأكبر من الباحثين في بحوث العمليات يعملون في مجال مسائل التحسين التوافقي أو التجميعي (Combinatorial Optimization Problems, COPs)، وعلوم الإدارة (Management Science MS)

4.1 مسائل التحسين التجميعي التوافقي (Combinatorial Optimisation Problems COPs يعرف التحسين التجميعي التوافقي (Combinatorial Optimization CO) (Lawler 1976) بما يلي:

“Combinatorial Optimisation (CO) is the mathematical study of finding an optimal arrangement, grouping, ordering, or selection of discrete objects”.

(التحسين التوافقي هو الدراسة الرياضية لإيجاد التنظيم، والتجميع، والترتيب أو الاختيار المثالي للأشياء المنفصلة)

عند دراسة تطبيقات من واقع الحياة العملية على أساس مسألة تحسين توافقية، فإن النموذج الرياضي الموافق لهذه التطبيقات يمكن أن يكون كبيراً جداً وهذا يمكن أن يؤدي إلى صعوبات. فبعض مسائل التحسين: التوضع الأمثل للأجهزة في مواقع معينة، تجميع أفضل للزبائن (The Best Ggrouping of Customers)؛ الترتيب المثالي لإنجاز مجموعة من الأعمال على أجهزة (Optimal Ordering of Jobs on Machines). إن هدف مسألة التحسين التوافقي هو بحث وتحديد الحل الأنسب لتحسين (تصغير أو تكبير) مجموعة من الحلول الممكنة لمسألة ما في الحياة الواقعية. مثلاً، في الهندسة الميكانيكية يرغب المهندس بتصميم سيارة بمواد مركبة، فهو بذلك يهدف إلى تحديد الشكل الأكثر مناسب من خلال دمج وربط مجموعات متنوعة من هذه المواد المركبة لكي يُكبر أو يعظم من متانة السيارة. فالمهندس الميكانيكي، باستخدام التحسين (التكبير أو إيجاد الحدود العظمى في هذه الحالة) سوف يصمم بشكل مصور سيارة مركبة أخف وأقوى، وأكثر جاذبية.

في المساحة الفضائية، يريد المهندس المساحي تصميم شبكة آخذاً بعين الاعتبار مركبات العمل الحقلي كالزمن والعاملين، ومواقع النقاط، والأشعة الزمنية المطلوب رصدها، وطول الشعاع المرصود، وعدد الأقمار الصناعية، وبرنامج تنظيم العمل الحقلي لحركة جهاز الاستقبال... إلخ. ويرغب المهندس المساحي إلى تحديد أفضل برنامج لتصميم الشبكة آخذاً بعين الاعتبار العوامل المذكورة أعلاه لكي يخفض زمن رصد الشبكة. فالمهندس المساحي، باستخدام التحسين (التصغير أو إيجاد الحدود الدنيا في هذه الحالة) سوف يُصمم برنامج تنظيم العمل الحقلي الأكثر مناسبة والأقل كلفةً مع الحفاظ على متطلبات الدقة في نظام الجي بي اس. مما ذكر أعلاه، يمكن صياغة مسألة المساحة الفضائية كمسألة تحسين تجميعية توافقية ويمكن تحسينها باستخدام الطرق التقريبية المبنية على مبادئ الذكاء الاصطناعي.

5.1 خوارزميات الذكاء الاصطناعي

في معظم تطبيقات بحوث العمليات، سوف يضطر الباحث أو المهني عادة إلى إجراء مفاضلة قسرية (Unpleasant Trade-Off) بين ميزتين تتعلقان بجودة الخوارزمية المستخدمة وهما: أصغر الجهود الحسابية (Smallest Computational Efforts) وجودة النتيجة (Result Quality). وإن الحصول بشكل فعال على حل سريع بانحراف صفر من الحل المثالي هو عملية معقدة وصعبة جداً نظرياً وعملياً. وهكذا، فإن معرفة الحل الدقيق لمسألة تحسين توافقية عملياً هي خارج حدود الإمكانية بسبب الزمن الحسابي الضخم ومتطلبات ذاكرة التخزين اللازمة لشبكات الجي بي اس الكبيرة جداً. أيضاً، معرفة هذا الحل الدقيق غير مرغوب غالباً، أكثر من الحل القريب من المثالي (Near-Optimal) السهل الحساب، وخاصة عندما تكون عوامل (Parameters) أو معاملات (Coefficients) هذه المسألة خاضعة للأخطاء. لهذا فإن الحصول على الحل القريب من المثالي لمسألة تحسين توافقية حقيقة في وقت حسابي مقبول من شأنه أن يلي احتياجات أي مهني في مجال بحوث العمليات.

تُعرف الطريقة التقريبية بأنها عبارة عن طريقة تكرارية تقريبية لإيجاد حل ما بأعلى جودة وبشكل سريع وفعال لمسائل التحسين الصعبة. تبدأ هذه الطريقة عملها باعتماد حل أولي (Initial Solution) (في سياق هذه الدراسة، برنامج أولي لتنظيم العمل الحقلي لتصميم الشبكة ((Initial Schedule)، وتحاول بشكل تكراري تحسين الحل الحالي بتطبيق سلسلة من التغيرات تبعاً لبعض القواعد حتى يتم تحقيق صيغة إيقاف العمل. تتألف المراحل الأساسية للإطار العام لأية طريقة تقريبية من: تمثيل وإنشاء البرنامج الأولي لتنظيم العمل الحقلي، إنتاج الحلول (Generation of Solutions)، واستراتيجية قبول الحلول (Acceptance Solution Strategy)، وصيغة إيقاف العمل (Stopping Criteria). وتختلف الطرق التقريبية فيما بينها بالخيارات التي يتم تنفيذها في كل خطوة من خطوات الإطار العام المذكور أعلاه، وتقسم إلى عدة أنواع، على سبيل المثال، طريقة البحث المتقارب المحلي، وطريقة التلدين التجريبي، وطريقة البحث المحظور، والخوارزميات الجينية، وطريقة عمل النمل. وتعتمد الطريقة الأولى على مبدأ البحث والتفتيش في جوار الحل الحالي، أما الطريقة الثانية فهي مشتقة من مبادئ

العلوم الفيزيائية وبشكل أخص من الميكانيك الإحصائي، أما الثالثة فتعتمد على المبادئ العامة لحل المسألة بشكل ذكي، أما الطريقة الرابعة فهي مشتقة من العلوم البيولوجية، والأخيرة من تصرف وأسلوب عمل النمل.

6.1 أهداف البحث والخطوط العريضة للكتاب

تمّ تنظيم محتويات الكتاب كما يلي: يتضمن الفصل الثاني شرحاً موجزاً لعملية المساحة باستخدام نظم الأقمار الصناعية المتمثلة بالنظام الأمريكي الجي بي اس (GPS) والنظام الروسي غلوناس (GLONASS) وأقسام هذين النظامين، وعرض عملية التنظيم اللوجستي لشبكات الجي بي اس. وشرح المفهوم العام لمبدأ المثالية ذات الحدود الصغرى (المحلية) والعظمى (الكبيرة) (Global and Local Optima) بالنسبة لمجال الجي بي اس وصياغة شبكة الجي بي اس كمسألة تحسين توافقية. ويتضمن الفصل الثالث تعريف وتصنيف الطرق التقريبية وتحليلها، والحاجة لها، والإطار العام لطرق الجي بي اس مع المفاهيم الأساسية لهذه الطرق. أيضاً شرح تطوير استراتيجية الطرق التقريبية في اختيار مجموعة الحلول المجاورة (Neighbourhood Selection Strategy) وكيفية تجميع المعلومات خلال عمليات البحث وإعادة إنشاء برامج تنظيم العمل المختلفة والتقريبية. أما الفصل الرابع فيتضمن الشرح النظري المفصل لمبدأ عمل طريقة التلدين التجريبي وتحليل وتصنيف مركباتها، والتحقق من صحة نتائج وعمل هذه الطريقة باستخدام شبكات ذات حلول مثالية ومحسوبة مسبقاً باستخدام الطرق الدقيقة. أما الفصل الخامس فيتضمن الشرح النظري المفصل لمبدأ عمل واستراتيجية طريقة البحث المحظور وتحليل وتصنيف مركباتها، والتحقق من صحة نتائج وعمل هذه الطريقة باستخدام شبكات ذات حلول مثالية ومحسوبة مسبقاً باستخدام الطرق الدقيقة. ويتضمن الفصلين السادس والسابع الهيكلية ذاتها، حيث يعرض الفصل السادس تصميم شبكة الجي بي اس ذات الشكل المضلع المغلق (Triangulation (Areal)) لجمهورية مالطا، مع العرض النظري والعملي لشبكة مالطا والتفصيل التحليلي لمراحل تطبيق الطرق التقريبية المتناسبة مع الشروط الهندسية لهذه الشبكة. في حين يتضمن الفصل السابع تصميم شبكة الجي بي اس ذات الشكل المضلع المفتوح (Traverse (Linear)) لجمهورية سيشيلز، والعرض النظري والعملي لشبكة سيشيلز، بالإضافة إلى

التفصيل التحليلي لمراحل تطبيق الطرق التقريبية المتناسبة مع الشروط الهندسية لهذه الشبكة. أيضاً يتم عرض التحليل النظري والعملي للنتائج الحاصلة والمقارنة بين فعالية عمل الطرق التقريبية المطبقة. ويتضمن الفصلين الثامن والتاسع الشرح النظري المفصل لمبدأ عمل واستراتيجية الخوارزميات الجينية وخوارزمية منظومة النمل وتحليل وتصنيف مركباتهما، والتحقق من صحة نتائج وعمل هاتين الطريقتين مع عرض التطبيقات المهمة المبنية على البحث العلمي والتطوير التقني لمنظومة الإنذار المبكر للكوارث باستخدام هذه الخوارزميات.



منظمة المجتمع العلمي العربي
Arab Scientific Community Organization