

الفصل السابع

طريقتا البحث التجريبي

والبحث المحظور لتصميم شبكة الجي بي اس في سيشيلز

1.7 مقدمة

يُوضح هذا الفصل تطبيق طرق الجي بي اس التقريبيّة على تصميم شبكة الجي بي اس في جمهورية سيشيلز ذات الشكل المضلع الخطي المفتوح (Traverse). تمّ تطوير طريقة جديدة لاستطلاع العمل الميداني الخاص بالجي بي اس التقريبي ومن ثم تطبيقها على شبكة سيشيلز والحصول على النتائج المبيّنة أدناه. تمّ تعريف عناصر كل من طريقتي التلدين التجريبي والبحث المحظور المستخدمين في هذه الدراسة وتمّ عرض تطبيقاتهم على شبكة الجي بي اس في سيشيلز. وسيتم تنفيذ التجارب الحاسوبية من أجل تقييم القيم الجيدة لكل من معامل التلدين والحظر. سيتم دراسة واختبار الاستراتيجية المتبعة في تغيير تلك القيم خلال تنفيذ طرق الجي بي اس التقريبيّة، وسوف تُناقش النتائج الحسابية ومقارنتها مع النتائج التي تمّ الحصول عليها في الفصل 6.

2.7 صياغة البرمجة الرياضية لشبكة الجي بي اس في سيشيلز

قام فريق من المساحين من مدرسة المساحة في جامعة شرق لندن في آب عام 1998 بالتعاون مع شعبة الأراضي والمساحة في وزارة استخدام الأراضي والموائل بتنفيذ مشروع لتكثيف نقاط المراقبة المساحية في سيشيلز. كان

المطلب الرئيسي إنشاء شبكة تكثيف نقاط مساحية في الجزر التالية: ماهي (Mahe)، براسلين (Praslin)، لاديغ (La Digue) (الجزر الداخلية) باستخدام أجهزة استقبال الجي بي اس. تمّ الانتهاء من العمل الميداني لهذا المشروع خلال فترة ثلاثة أسابيع، وتمّت معالجة البيانات لهذا المشروع في جامعة شرق لندن. يُنظر إلى مصفوفات الكلفة الأساسية والفعلية في (Dare 1999). وسوف يستند هذا الفصل على جزيرة ماهي (Mahe) فقط، كونها تُشكل أكبر الشبكات الثلاث إلى حد بعيد.

قامت شركة (Geosystems MAPS) في أيار عام 1988 بمساعدة الموظفين ودعمهم من شعبة مسح الأراضي في وزارة استخدام الأراضي والموائل بتنفيذ مشروع إعادة تأهيل شبكة النقاط المساحية الرئيسية كجزء من مشروع رسم الخرائط المُصححة (Orthophoto Mapping). تتألف هذه الدراسة من تحديد 50 نقطة مساحية رئيسية باستخدام نظام تحديد المواقع (الجي بي اس) على العديد من الجزر التي تُشكل جمهورية سيشيلز. لقد تمّ تصميم هذه الشبكة الرئيسية الجديدة لتشمل بعض النقاط المساحية الرئيسية الموجودة فعلياً. من أجل الحصول على فوائد مباشرة بأقصى حد ممكن، كان من الضروري والمناسب الاستفادة من هذه الشبكة الرئيسية الجديدة في تكثيف النقاط المساحية لهذه الشبكة على المستوى المحلي باستخدام نظام الجي بي اس. سيؤدي مشروع شبكة التكثيف إلى إدخال نقاط رئيسية جديدة في المناطق التي هي من المصالح ذات الأولوية.

في الشكل المبسط التجميعي، يُمكن صياغة شبكة الجي بي اس في سيشيلز رياضياً على النحو التالي:

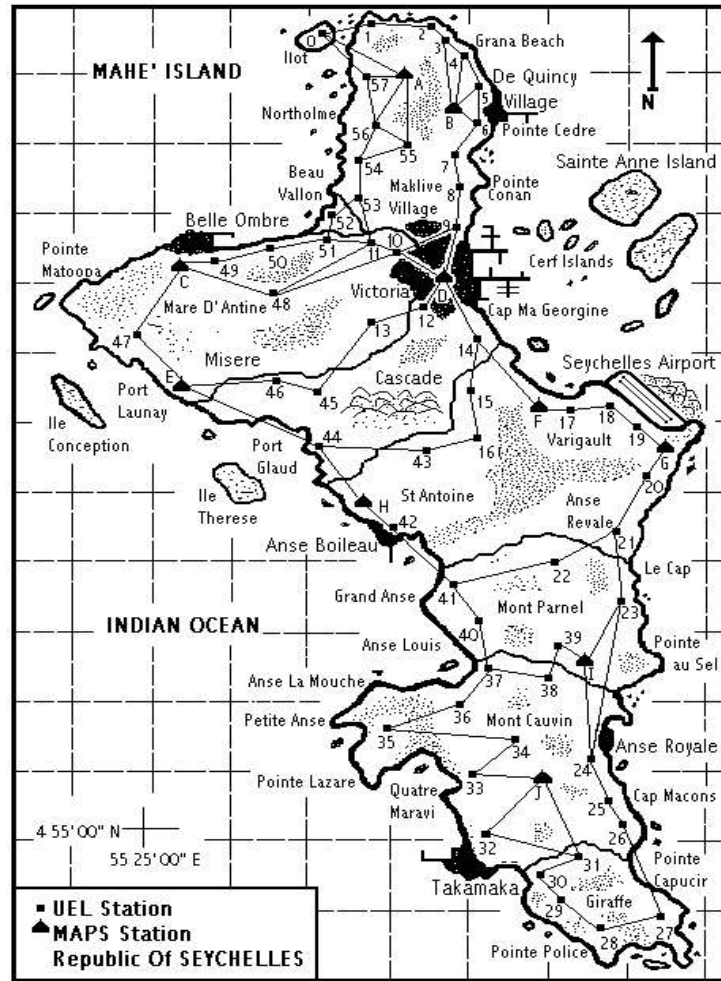
Minimize C (VINT) تخفيض قيمة كلفة البرنامج الأولي:

بشرط أن يكون هذا البرنامج ضمن مجموعة البرامج المجاورة للبرنامج الأولي $VINT \in I(VINT)$

حيث إنّ (I) هي مجموعة الجداول والمجاورة للبرنامج الأولي (VINT).

في هذا التطبيق، إن المسألة المراد مناقشتها إيجاد البرنامج الأقل

كلفة لتنظيم العمل الحفلي (VBFS) الذي يُخفض الزمن التراكمي (C) ((VINT)) للتنقل بين 67 نقطة مساحية (N=67) بهدف رصد 71 شعاع (U=71) باستخدام ثلاثة أجهزة استقبال (3=R) في جزيرة ماهي. بشكل إجمالي، توجد 57 نقطة مساحية جديدة يطلب إيجاد إحداثياتها بالاعتماد على عشر نقاط مساحية لشركة ماب و 71 شعاع كما هو مبين في الشكل 1.7. إن العدد الأعظمي لأجهزة الاستقبال المستخدمة هو ثلاثة أجهزة.



الشكل 1.7. تصميم شبكة الجي بي اس في سيشيلز.

أهداف تصميم شبكة الجي بي اس الجديدة

نظراً لتدهور حالة شبكة النقاط المساحية الرئيسية، وجد من الضروري إعادة إنشاء شبكة رئيسية جديدة تمتد على كامل الجزر الكبيرة لجمهورية سيشيلز وخاصة جزيرة ماهي (Mahe)، جزيرة براسلين (Praslin) وجزيرة لاديغ (La Digue) باستخدام نظام الجي بي اس. كانت الأهداف الرئيسية لتطوير وتكثيف الشبكة الحالية من قبل الفريق المساحي من جامعة شرق لندن كما يلي:

إنتاج شبكة جديدة مكثفة أولية تغطي الجزر الداخلية.

تكثيف عدد من النقاط المساحية من أجل تسريع وتسهيل الأعمال المساحية العقارية (وأنواع أخرى من الدراسات المساحية).

التخلص من كافة المفارقات والتباينات المتأصلة في الجملة الإحداثية الحالية بهدف تأمين الخدمات بشكل سريع وفعّالية أكثر.

إنتاج نتائج أسرع مما كان عليه سابقاً، بالإضافة إلى تأمين البنية التحتية المساحية على المدى الطويل.

الأعمال اللوجستية والاستطلاع الميداني المساحي (Logistics and Reconnaissance)

خلافًا لما هو عليه في مالطا، تمّ تجميع البيانات لتمكين تقييم الكلفة في الزمن ذاته الذي تمّ فيه تنفيذ الاستطلاع المساحي (Reconnaissance) لأعمال الجي بي اس، وهذا ساعد في تجنب كل المشكلات مثلاً في تعديل برنامج عمليات رصد شبكة مالطا (كما هو موضح في الجزء 6.4) لإنتاج برنامج أولي جيد. إن الميزة الأخرى هي أنه بسبب الطوبولوجيا وطبيعة الأرض (الوديان والجبال) فإنه يمكن تحديد البرنامج الفرعي لكل يوم عمل بشكل تقريبي. بأخذ كل ما سبق بالحسبان، وقد تمّ اتباع الطريقة التالية وتنفيذها لعمليات الاستطلاع التقريبي للجي بي اس عند إنشاء شبكة الجي بي اس في جمهورية سيشيلز:

تمّ تقسيم الفريق إلى ثلاث مجموعات ولكل منها مسار خاص بها.

تمّ قيادة السيارات بسرعة عادية.

قام أعضاء كل مجموعة بقياس الزمن بشكل فردي من نقطة إلى أخرى وتمّ اتخاذ المتوسط.

تمّ أخذ متوسط كافة المجموعات كقيمة نهائية.

تمّ ترقيم النقاط بطريقة متناسقة.

يمكن تعميم الطريقة المذكورة أعلاه وتطبيقها على أي شبكة مرصودة بالجي بي اس، والتي سوف تلبى كل متطلبات الجي بي اس والمفاهيم التقريبية وتجعل العمل سهلاً. يبين الشكل 7.2 العمليات الاستطلاعية لأحد هذه النقاط وتنفيذ توصيف النقطة، في حين يبين الشكل 3.7 موقع إحدى النقاط المرصودة وصعوباتها.

البرنامج الأولي ((The Initial Schedule (VINT))

إن البرنامج الأولي لتنظيم العمل الحقلي لتصميم شبكة الجي بي اس في سيشيلز تمّ إنتاجه يدوياً باستخدام الخبرة العملية وشكل الشبكة كما هو مبين في الشكل 1.7. يتألف هذا البرنامج من سلسلة مكوّنة من 71 شعاعاً، وكل شعاع يستخدم ثلاثة أجهزة استقبال (Ra, Rb, Rc). على أي حال، مهما كانت المعايير التي اعتمدت لاختيار البرنامج الأولي، إن ميزات طرق الجي بي اس التقريبية قادرة على إيجاد البرامج الأقل كلفة لتنظيم العمل الحقلي لتصميم الشبكة.

3.7 التطبيق العملي لطريقة التلدين التجريبي في تصميم شبكة الجي بي اس في سيشيلز

إن خطوات تطبيق طريقة التلدين التجريبي في تصميم شبكة سيشيلز هي ذاتها بالنسبة لشبكة مالطا.

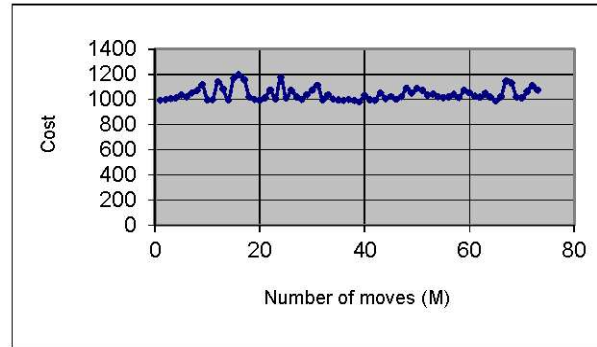
التحقق من معامل التلدين

في محاولة لتحسين معامل التلدين وتطبيقها في تصميم شبكة سيشيلز، فمن الضروري أن نأخذ بعين الاعتبار أن الاستنتاجات بالنسبة للشبكات الأخرى مثلاً في شبكة مالطا لا تنطبق بالضرورة على كل تطبيق لمعامل التلدين، كما إنها ليست قابلة للتطبيق حتى إذا كانت الشبكات بأحجام مختلفة أو بنية معينة.

الحرارة الأولية

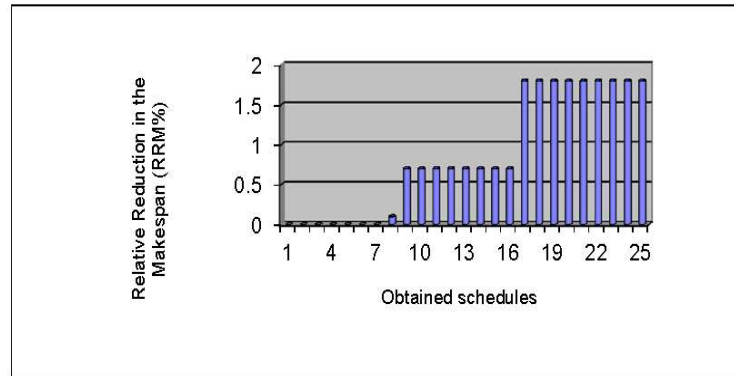
تمّ الحصول على درجة الحرارة البدائية والنهائية لشبكة الجي بي اس لجمهورية سيشيلز بالأسلوب ذاته الذي تمّ تطبيقه بالنسبة لشبكة الجي بي اس في مالطا. كما تمّت مناقشته سابقاً في الفصل 6، إن الطريقة المذكورة أعلاه لتحديد درجة الحرارة الأولية لا تعمل بالنسبة الشبكات الكبيرة ذات الطوبولوجيا الوعرة (Bumpy Topology) لدالة الكلفة كما هو مبين وبياناً في الشكل 2.7. للحصول على درجة الحرارة الأولية تجريبياً، تمّ اتباع الأسلوب ذاته المطبق على شبكة الجي بي اس في مالطا في هذا الفصل.

تبدأ طريقة التلدين عملها بقيمة أولية لدرجة الحرارة البدائية ($T_i=100$) يتم اختيارها كيفياً وذلك بتشكيل عشرات الانتقالات لتحديد نسبة القبول ($P_{accp}=0.92$). إن عدد الانتقالات المقبولة (m_{accp}) هو 138، فيما بلغ العدد الإجمالي للانتقالات المنفذة ($m_{total}=150$) وذلك عند درجة الحرارة ($T_i=100$). لتحديد التغير في قيم الكلفة (Δ)، إن الكلفة الإجمالية لتنفيذ هذه الانتقالات هو 1305 دقيقة ($C_{total}=1305$ minutes) لمتوسط لتلك الانتقالات التي أنتجت زيادة إيجابية في قيمة دالة الكلفة 79 دقيقة ($m_{post}=79$ minutes). لتحديد درجة الحرارة التجريبية الأولية للبدء، تمّ تنفيذ العمليات الحسابية التالية على النحو التالي:

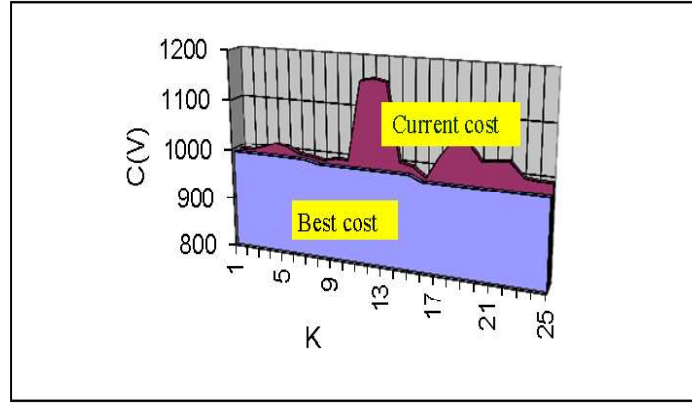


الشكل 2.7. التطور الطوبولوجي لدالة الكلفة لشبكة الجي بي اس في سيشيلز.

تبدأ طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس عمليات التبريد باستخدام درجة الحرارة الأولية 198 ($T_i=198$) التي تم حسابها ومن ثم تُخفض تدريجياً لطول ثابت لسلسلة ماركوف 2415 ($L=2415$)، والتي تساوي إلى حجم مجموعة البرامج المجاورة ($I(VINT)$)، وتخفيض معدل التبريد 0.85 ($F=0.85$) حتى الحصول على أفضل برنامج (VBFS). يتم التصريح بتجمد عمليات التبريد عندما تتوقف طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس عن العمل وذلك عندما تكون آخر عشر خطط عمل متطابقة وهذا حصل عندما كانت درجة الحرارة التوقف 12 ($T_{stop}=12$). تم تقييم النتائج الحسابية للجداول التي تم الحصول عليها بمراحل مختلفة لعملية التبريد باستخدام مقياس التخفيض النسبي للكلفة الإجمالية بالنسبة للبرنامج الأولي كما هو مبين تخطيطياً في الشكل 3.7. مع تقدم عمليات التبريد فإن مقياس التخفيض النسبي للكلفة الإجمالية يصبح (0.1%) بعد 26 عملية تبادل و(0.7%) بعد 27 عملية تبادل. تتوقف طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس عن العمل عند درجة الحرارة التوقف 12 ($T_{stop}=12$)، وإن أفضل برنامج تم الحصول عليه بقيمة 976 ومكوّنة من 71 شعاع تم تبادل مواقعها بشكل تسلسلي وإن قيمة الانحراف لمقياس التخفيض النسبي للكلفة الإجمالية عن البرنامج الأولي لتنظيم العمل الحقلي لتصميم شبكة الجبي بي اس في مالطا هو (1.8%) بعد 1242 عملية تبادلية.



الشكل 3.7. مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية يقابل برامج تنظيم العمل الحقلي الناتجة عند درجة حرارة الإيقاف 12 ($T_{stop}=12$)

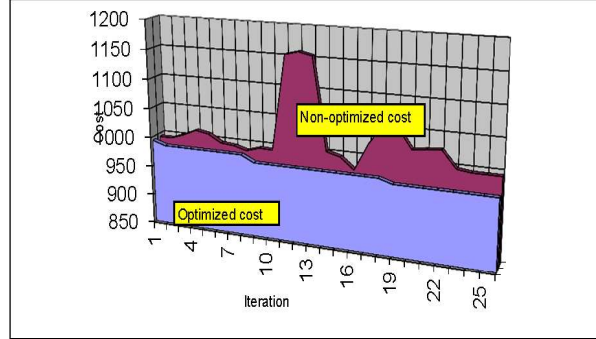


الشكل 4.7. جودة برنامجي العمل الحالي والأفضل الناتجين خلال دورات البحث للتبريد المتتالي

بطريقة التلدين التجريبي للجزي بي اس المطبقة على شبكة الجزي بي اس في سيشيلز .

يمكن مشاهدة أفضل برنامج تم الحصول عليه (VBFS) في الشكل 4.7 الصورة التخطيطية لتقارب (Convergence) طريقة التلدين التجريبي للجزي بي اس من هذا البرنامج. للبحث فيما إذا كان قد حصل أي تخفيض في كلفة أفضل برنامج تم الحصول عليه، تم تطبيق مخطط مقياس تحسين التبريد المقترح على شبكة سيشيلز. يُبين الشكل 5.7 إن مخطط مقياس التحسين يؤدي إلى تحسين في الكلفة بقيمة 969 دقيقة والتي تنحرف عن أفضل برنامج تم الحصول عليه بطريقة التلدين التجريبي للجزي بي اس بنحو 0.72 بالمئة. إن معامل التلدين الأخرى المستخدمة في الحصول على برنامج تنظيم العمل الحقلية القريب من المثالي، كما سيظهر لاحقاً في مناقشة الجزء التالي، هي ($F = 85.0$) و ($L = 1242$).

للحصول على قيمة درجة الحرارة الأولية، يعرض هذا الجزء نتائج تطبيق طريقة التلدين التجريبي للجزي بي اس في حالات مختلفة وذلك للتحقق في معامل التلدين الأخرى. كما هو الحال في شبكة مالطا، فقد تم صياغة طريقة التلدين التجريبي للجزي بي اس كتابع لكل من معدل التبريد وسلسلة ماركوف وتم تحليل تقاربها (Convergence) ضمن هذا النطاق.



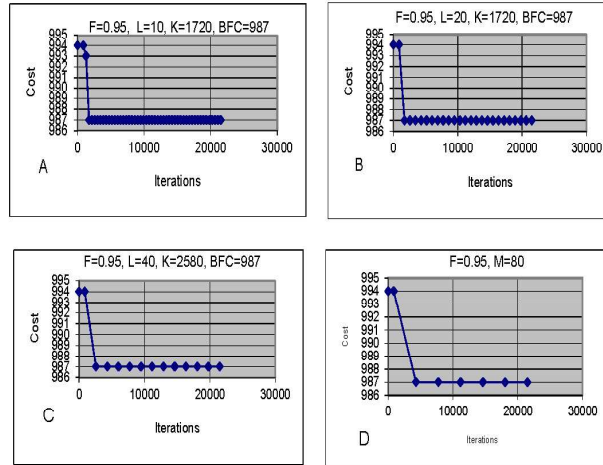
الشكل 5.7. جودة برنامجي العمل الحالي والأفضل الناتجين بطريقة التلدين التجريبي ذات الحرارة المثالية.

لتأمين مقارنة عادلة، تمّ هنا اتباع الأسلوب ذاته الذي اعتمد لشبكة الجي بي اس لمالطا للتحقق في العلاقة بين معدلات التبريد وطول سلاسل ماركوف. يستخدم هذا الأسلوب العدد ذاته من التجارب لتغير قيمة معدل التبريد من 0.95 إلى 0.70 وتغير طول سلسلة ماركوف وفقاً للمعادلة 6.5. يوضح الشكل من 9.7 سلوك طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس باستخدام الأسلوب المذكور أعلاه. تُظهر كل من هذه الأشكال قيماً مختلفة لطول سلسلة ماركوف مع القيمة الثابتة لمعدل التبريد واللازمة للوصول إلى برامج تنظيم العمل الحقلي القريبة من المثالي.

من القيم العددية الناتجة لكل من طول سلسلة ماركوف ومعدل التبريد، يمكن ملاحظة سلوك التبريد لطريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس. أيضاً، يمكن تحديد القيم المناسبة لكل من طول سلسلة ماركوف ومعدل التبريد التي تؤدي إلى التقارب السليم لهذه الطريقة نحو برامج قريبة من المثالي بزمن حسابي مقبول. إن أفضل القيم لمعدل التبريد التي تؤمن تبريد محكم بعناية وضبط سلوك طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس، تكمن في المجال من 0.80 إلى 0.90. هذه القيم، كما هو الحال في شبكة مالطا، متوافقة مع الدراسات المرجعية في هذا المجال.

بالنسبة لشبكة سيشيلز، إن الطول الأكثر عملية لسلسلة ماركوف عندما $(L_{max}=I)$ ، أي أكبر طول يساوي حجم أكبر مجموعة من البرامج المجاورة 1242 (L=1242) عندما تكون قيمة معدل التبريد 0.85 (Saleh and (F=0.85)

(Dare, 2002) وهي مبينة هنا في الجدول 3.7 عندما يكون رقم البرنامج مساوياً إلى 17 ($X = 17$). على أي حال، تُسبب هذه القيم لطريقة التلدين التجريبي بأن تحتاج إلى جهود حسابية كبيرة.



الشكل 6.7. تطور كلفة رصد شبكة الجي بي اس في سيشيلز بتطبيق طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس

بقيم متغيرة لطول سلسلة ماركوف وقيمة ثابتة لمعدل التبريد ($F = 0.95$).
يُمكن الاستنتاج بأن طول سلسلة ماركوف له تأثيراً مهماً على النتائج النهائية لشبكة الجي بي اس في سيشيلز. حيث يرتبط معامل طول سلسلة ماركوف (L) مع معدل التبريد (F) بالمعنى ذاته وهو إن التخفيض في معدل التبريد ينبغي تعويضه بزيادة في طول سلسلة ماركوف من أجل ضمان نفس الأداء لطريقة التلدين التجريبي. بالنسبة لطريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس، يُمكن توصيف خصائص التصلب وفق معامل التلدين التالية؛ الحد الأدنى لدرجة الحرارة، والحد الأدنى للتغير في دالة الكلفة، ومعدل التبريد، وطول سلسلة ماركوف. تسمح هذه المعامل بمعرفة متى تكون الشبكة (أي برنامج تنظيم العمل الحقلي) «ساخنة بما فيه الكفاية» ومتى تكون «باردة بما فيه الكفاية» خلال مراحل التصلب.

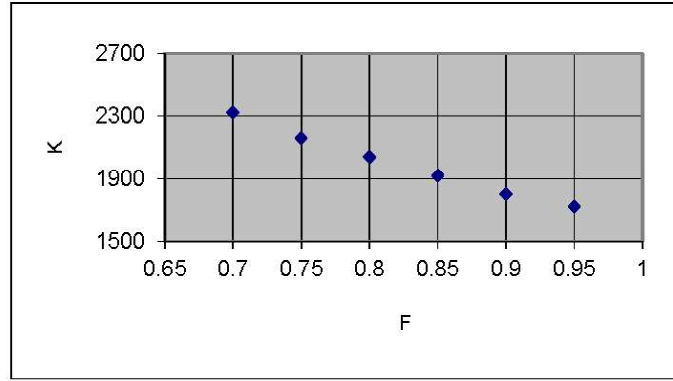
في أي حالة لتطبيق طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس، إن المعرفة الجيدة للشبكة المراد دراستها يمكن أن تحسن دورات البحث للطرق التقريبية التي تُحدد ليس فقط طوبولوجيا جيدة لدالة الكلفة، ولكن أيضاً في العديد من

النقاط الحاسمة الأخرى في تحديد معامل التبريد المناسبة.

عدد العمليات التكرارية

يمكن مشاهدة مراحل الجهد الحسابي لطرق الجي بي اس التقريبية التي تم تطبيقها على شبكة الجي بي اس في الفصل الرابع. لقد أظهرت الملاحظات التجريبية المعروضة إن أفضل البرامج التي تم الحصول عليها بطريقة التلدين التجريبي للجي بي اس تتطلب عدداً كبيراً من العمليات التكرارية ومعامل التبريد الأولية الجيدة.

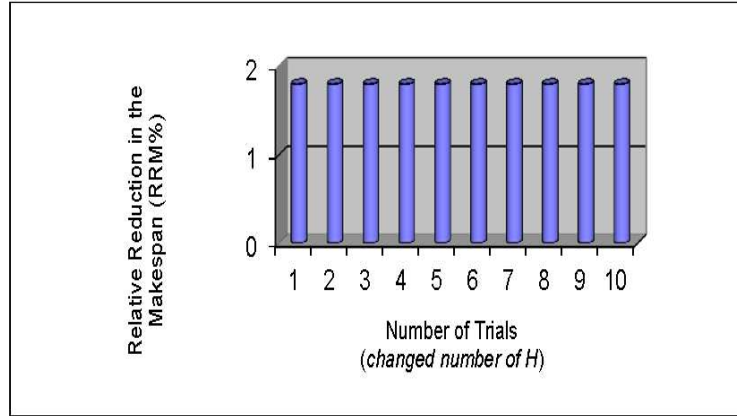
يبين الجدول 6.7 عدد العمليات التكرارية. يصور الشكل 7.7 بياناً العلاقة بين قيمة معدل التبريد وعدد العمليات التكرارية وزمن التشغيل حتى التوصل إلى برامج قريبة من المثالي لشبكة سيشيلز باستخدام طول ثابت لسلسلة ماركوف مقداره 10 ($L=10$). تمثل كل نقطة في هذا الشكل عدداً كبيراً من برامج تنظيم العمل الحقلي لتصميم شبكة سيشيلز والتي تم إنتاجها بقيمة ثابتة لطول سلسلة ماركوف وقيماً مختلفة لمعدل التبريد التي تتراوح من 0.95 إلى 0.70.



الشكل 7.7 معامل التبريد يقابل عدد العمليات التكرارية.

كما هو الحال في الدراسة التحليلية لشبكة مالطا، معظم هذه القيم تُسبب لعمليات التبريد بأن تتطلب جهوداً حسابية كبيرة. إن زمن التشغيل للحصول على أفضل برنامج ناتج كان تقريباً 1700 ثانية بتطبيق 115920 عملية تكرارية. تم إيقاف مراحل التبريد لطريقة التلدين التجريبي للجي بي اس وفقاً لصيغة

الإيقاف المعتمدة فيها وهي عندما لا تعطي التبادلات الداخلية بين الأشعة (Sessions-Interchange) أي مزيد من التحسن في قيمة دالة الكلفة لعدد محدد مسبقاً وهو عشرة برامج متماثلة متتالية ($H = 10$) كما هو مبين في الشكل 6.7.



الشكل 8.7 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل عدد المحاولات

لقيمة متغيرة لعدد برامج العمل المتماثلة والمتتالية (H) في المحور الأفقي. تمّ إنهاء زمن التشغيل لطريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس عندما حقق الزمن الحسابي لها صيغة التوقيف. يمكن مشاهدة التحسينات المكتسبة من خلال تطبيق مخطط مقياس التحسين على أفضل برنامج تمّ الحصول عليه بطريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس كما هو مبين بوضوح في الشكل 8.7. يسعى هذا المخطط لتحقيق التوزيع الممكن الأكثر انسجاماً للأشعة بالإضافة إلى تخفيض الكلفة قدر الإمكان. بقدر ما يكون التوزيع أكثر تجانساً للأشعة بعد مرحلة التبريد بقدر ما يمثل هذا أفضل تشكيل لهذه الأشعة.

في الخلاصة، تمّ تحديد قيم معامل التبريد الناتجة من خصائص شبكة سبيلز وأفضل حجم لمجموعة البرامج المجاورة لتنظيم العمل الحقلي واستراتيجيات عمليات البحث باستخدام الشكل الإنشائي المتتالي لمجموعة البرامج المجاورة (sequential neighbourhood structure). تمّ تعيين جودة معامل التبريد هذه مع إعطاء تحليل مفصل عن ذلك. تمّ التحقق من معامل التبريد بالأسلوب الذي تمّ فيه الحصول على البرامج القريبة من المثالي وذلك باستخدام استراتيجيات

تطبيق مختارة مثلاً في الخيارات المختلفة لقيم معامل التحكم.

4.7 التطبيق العملي لطريقة البحث المحظور في تصميم شبكة الجي بي اس في سيشيلز

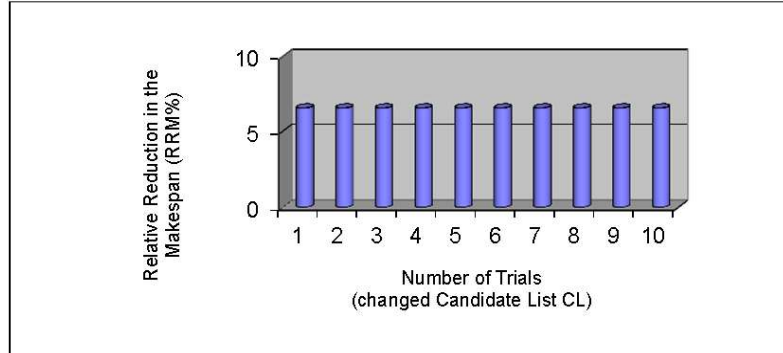
إن خطوات تطبيق طريقة البحث المحظور للجي بي اس بالنسبة لشبكة سيشيلز هي ذاتها بالنسبة لشبكة مالطا.

التحقق من فعالية معامل الحظر

سيتم في هذا الجزء، عرض النتائج الحسابية التي تم الحصول عليها من تطبيق طريقة البحث المحظور للجي بي اس على شبكة الجي بي اس في سيشيلز. وسيتم التحقق من سلوك هذه الطريقة تحت تأثير تغير قيم معامل الحظر التي تم وصفها في الجزء 2.4.5. إن معامل الحظر الرئيسي هو لائحة الحظر الثابتة (fixed TL). تم إنجاز هذه المهمة في استراتيجية الذاكرة على المدى القصير من خلال الحفاظ على الانتقالات المحظورة في بنية مصفوفية. بالنسبة لشبكة سيشيلز فإن حجم لائحة الحظر هو $(71 * 71)$ حيث بلغ عدد الأشعة المرصودة 71 شعاع $(U = 71)$. كما هو الحال في شبكة مالطا، سيتم في هذا الجزء تطبيق مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية (RRM) لتقييم تأثير معامل الحظر على النتائج الحاصلة وفقاً لجودة برنامج تنظيم العمل الحقلي لتصميم الشبكة والمتطلبات الحسابية.

القائمة المرشحة

للتحقيق في سلوك هذه الطريقة كنابع للقائمة المرشحة، تم تثبيت قيم كل من مدة الحظر (TT) وعدد العمليات التكرارية (KK). بزيادة قيمة القائمة المرشحة من 3 إلى 12، إن جودة برامج تنظيم العمل الحقلي الناتجة لم تتأثر كما هو مبين في الشكل 9.7. والسبب في هذا السلوك هو أنه لكل دورة بحث لتشكيل قيم الحظر فإن القائمة المرشحة الثابتة تتجاهل معظم الانتقالات المنجزة وتحفظ فقط بتلك التي تؤدي إلى برامج جيدة لتنظيم العمل الحقلي لتصميم شبكة الجي بي اس.

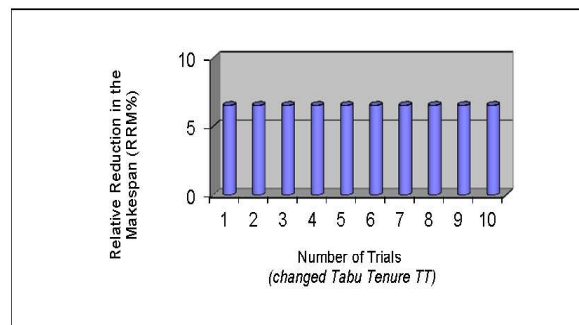


الشكل 9.7 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل عدد المحاولات

لقيمة متغيرة للقائمة المرشحة في المحور الأفقي.

مدة الحظر

تُظهر الملاحظات التجريبية بأن القيم الصغرى لمدة الحظر كانت كافية ولم يلاحظ أي دوران غير مجدي لعملية البحث (cycling). لم تتأثر جودة الجداول التي تم الحصول عليها بتثبيت كل من القائمة المرشحة وعدد العمليات التكرارية وزيادة قيم مدة الحظر التي تتراوح من 3 إلى 12 كما هو مبين في الشكل 12.7. إن السبب الرئيسي لهذا السلوك هو أن القيم الصغيرة للاثحة الحظر تُمكن الفحص الأكثر عناية وحذراً للمجال البحثي لقيمة دالة الكلفة. بالنسبة لشبكة سيشيلز، تم وضع قيمة مدة الحظر عند القيمة 3 وعندها تم تجميد الانتقالات في مكانها على الأقل لثلاثة تبادلات متتالية للأشعة.

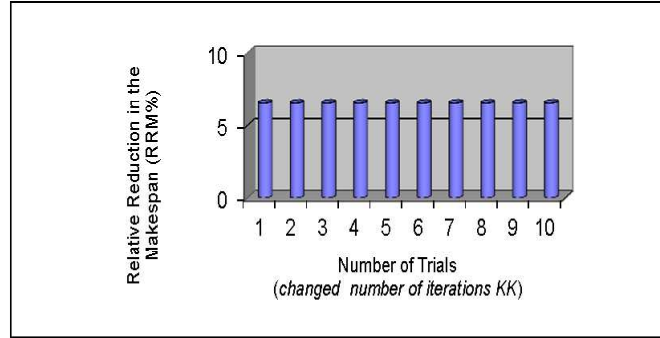


الشكل 10.7 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل عدد المحاولات

لقيمة متغيرة لمدة الحظر في المحور الأفقي.

عدد العمليات التكرارية

للتحقيق في سلوك طريقة البحث المحظور للجزي بي اس كتابع للعمليات التكرارية، تم تثبيت قيم كل من مدة الحظر والقائمة المرشحة. بزيادة قيمة عدد العمليات التكرارية من 20 إلى 65، إن قيمة مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تبقى ثابتة كما هو موضح بيانياً في الشكل 11.7. خلافاً لما هو عليه في شبكة الجزي بي اس لمالطا، فإن العدد المتزايد للعمليات التكرارية لا يحسن من قيمة مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية. من المرجح أن تبرير هذا السلوك يعود إلى متانة وقوة هذه الطريقة ولشكل المضلع المفتوح (Traverse Type) لشبكة سيشيلز، حيث إن الشبكات ذات الشكل المضلع المفتوح تمتلك خياراً أقل بالنسبة للبرامج المقبولة لتنظيم العمل الحقلي لتصميم الشبكة.



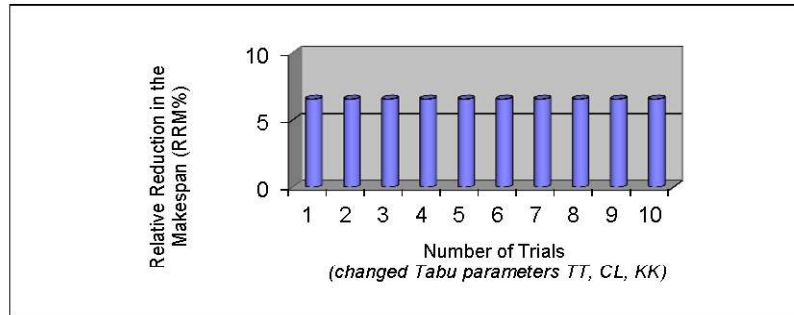
الشكل 11.7 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل عدد المحاولات

لقيمة متغيرة للعمليات التكرارية في المحاور الأفقي.

تأثير معامل الحظر مجتمعة

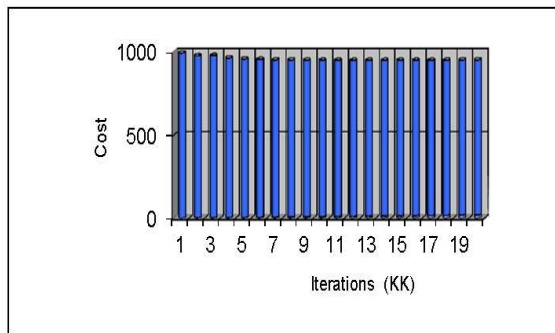
كما تم ذكره سابقاً في الجزء 4.2.6.6، قد يحدث بأن يتم الحصول على زيادة مكتسبة في أداء طريقة البحث المحظور للجزي بي اس بتغيير قيم معامل الحظر في وقت واحد. بتطبيق هذه المعايير بالنسبة لشبكة الجزي بي اس في سيشيلز، لم يتم الحصول على أي زيادة مكتسبة في أداء هذه الطريقة وفقاً لتغيير قيم معامل

الحظر كما هو مبين في الشكل 10.7. كما تمّت مناقشته في الجزء السابق عند التعامل مع معامل العمليات التكرارية، إن التبرير المحتمل لاستقرارية هذه النتائج يعود إلى مرونة ومتانة هذه الطريقة وشكل المضلع المفتوح لشبكة الجي بي اس في سيشيلز.



الشكل 12.7 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل عدد المحاولات لقيمة متغيرة لكافة معامل الحظر (مدة الحظر، القائمة المرشحة، العمليات التكرارية) في المحور الأفقي.

بالنسبة لشبكة الجي بي اس في سيشيلز، إن معامل الحظر المختارة لأفضل برنامج لتنظيم العمل الحقلي تمّ الحصول عليه بقيمة 933 دقيقة هي القيم التالية: 10 للقائمة المرشحة، و 3 لمدة الحظر، و 20 لعدد العمليات التكرارية و (71*71) للائحة الحظر. إن أفضل برنامج لتنظيم العمل الحقلي تم الحصول عليه بتطبيق طريقة البحث المحظور للجي بي اس يمكن إيجاده بياناً في الشكل 11.7.



الشكل 13.7 مخطط تطور الكلفة يقابل عدد العمليات التكرارية لطريقة البحث المحظور

في الخلاصة، يبدو أن جودة برنامج تنظيم العمل الحقلي الناتج بطريقة البحث المحظور للجبي بي اس لم تتأثر بالخيارات المختلفة لقيم معامل الحظر والاستراتيجيات المطبقة. إن قوة ومتانة هذه الطريقة يبدو أنها تعود بشكل أساسي إلى فعالية استراتيجية البحث المحظور. أيضاً، تلعب ميزات الشكل الهندسي لشبكة الجبي بي اس في سيشيلز دوراً حاسماً في اختيار برنامج ممكن لتنظيم العمل الحقلي للبدء في تصميم الشبكة. بالنسبة للشبكة المدروسة، يبدو أن دمج استراتيجية البحث المحظور في التشكيل المتتابع للأشعة تكون طريقة تقريبية فعالة جداً بالنسبة لشبكة الجبي بي اس. بالنسبة لشبكة الجبي بي اس ذات الأبعاد الكبيرة في سيشيلز، أعطت استراتيجية البحث المحظور برامج ذات كلفة قليلة بأقل زمن حسابي بالمقارنة مع طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس. لقد تمّ اختبار وفحص استراتيجية تغيير قيم معامل الحظر في أثناء تنفيذ طريقة البحث المحظور للجبي بي اس وتبين إن أفضل القيم لهذه المعامل لم تؤثر على الحل بسبب الشكل المضلع المفتوح لشبكة الجبي بي اس في سيشيلز. كما هو عليه، وعلى أي حال، من الصعب إعطاء قاعدة عامة لتحديد أفضل قيم لهذه المعامل. يبدو أن أفضل استراتيجية ستكون باستخدام قيم صغيرة لمدة الحظر، في حين أن استخدام القائمة المرشحة في دورات عمليات البحث المتعلقة بالمسائل التجميعية يوفر وسائل جديدة لتجنب الجهد الحسابي الكبير دون المساس بجودة برنامج تنظيم العمل الحقلي لتصميم الشبكة.

5.7 المقارنة بين طريقتي البحث المحظور والتلدين التجريبي في تصميم شبكة الجبي بي اس في سيشيلز

يعرض هذا الجزء النتائج الحسابية التي تمّ الحصول عليها بتطبيق الطرق التقريبية المطوّرة للجبي بي اس على شبكة الجبي بي اس ذات الشكل المضلع في سيشيلز. لتوضيح هذه التجارب، إن نتائج معامل الحظر والتلدين مُبينة في الجدول 15.7. تمّ التحقق من قيمة هذه المعامل على نطاق واسع كما هو مبين في الفصل 6 بالنسبة لشبكة الجبي بي اس في مالطا. تُظهر النتائج التي تمّ الحصول عليها، كما ذكر سابقاً، تأثيراتها على سلوك الطرق التقريبية للجبي بي اس في الحصول على برامج قريبة من المثالية لتنظيم العمل الحقلي.

GPS-SA technique	GPS-TS technique
Initial temperature T_i : 198	Tabu List TL:71*71
Temperature decrement factor F:0.85	Tabu Tenure TT:3
Markov chain length L:1242	Candidate Length CL:10
Number of Iteration K: 115920	Number of Iteration KK: 20

الجدول 1.7 معامل التحكم للطرق التقريبية للجبي بي اس المطبقة على شبكة الجبي بي اس في سيشيلز.

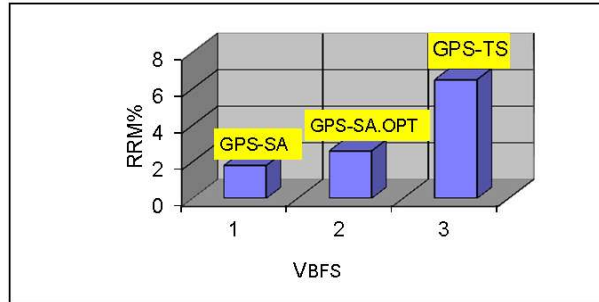
تمّ عرض نتائج المقارنة بين أداء كل من طريقتي البحث المحظور للجبي بي اس والتلدين التجريبي للجبي بي اس في الجدول 2.7. إن المدخلات في هذا الجدول هي مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية المحسوبة من البرامج التي تمّ الحصول عليه بتطبيق كل طريقة، عدد العمليات التكرارية وزمن التشغيل للحصول على أفضل برنامج لتنظيم العمل الحقلي. في الشكل الإنشائي لمجموعة البرامج المجاورة المتتالية المستخدم من قبل كل من الطريقتين، إن طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس تجعل عمليات التبريد تستغرق 1700 ثانية في 115920 عملية تكرارية للحصول على أفضل برنامج بقيمة 976 دقيقة. في المقابل، إن الزمن المستغرق من قبل طريقة البحث المحظور للجبي بي اس لإيجاد أفضل برنامج بقيمة 933 دقيقة كان 40 ثانية في 20 عملية تكرارية (Saleh and Dare, 2002) وكما هو موضح هنا. بمقارنة قيم مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية، فإنه باستخدام طريقة البحث المحظور للجبي بي اس تمّ الحصول على نتائج أفضل وازدادت قيمة المقياس من 2.6 إلى 6.5 بالمئة كما هو موضح بياناً في الشكل 14.7. تبين المقارنات أعلاه أن طريقة البحث المحظور للجبي بي اس هي أفضل طريقة تقريبية لتصميم شبكة الجبي بي اس المساحية، سواء فيما يتعلق بجودة البرامج النهائية لتنظيم العمل الحقلي والأزمة الحسابية اللازمة للحصول على هذه البرامج.

لزيادة أداء طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس تمّ استخدام مخطط

مقياس التحسين على النتائج الحاصلة من تطبيق معامل التلدين حيث ارتفعت قيمة مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية من 1.8 إلى 2.6 بالمئة ومبين في الجدول 2.7. إن الجهد الحسابي بتطبيق مخطط التلدين التجريبي للجبي بي اس ذات الحرارة المثالية (GPS-SA.OPT) لتحسين النتائج هو زمن التشغيل لطريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس مضافاً إليه الزمن الإضافي المطلوب (D) من قبل المستخدم لتعديل أفضل برنامج تمّ الحصول عليه لتنظيم العمل الحقلي. بالنسبة لشبكة الجبي بي اس في سيشيلز، إن الزمن المطلوب خمس دقائق وأزمنة التشغيل سوف تكون 2000 ثانية (2000 = 300 + 1700). إن خصائص سلوك كل من طريقتي التلدين التجريبي والبحث المحظور للجبي بي اس تمّ شرحها بالتفصيل في الجزء 7.7 والجزء 8.7 على التوالي.

Technique	VINT	VBFS	RRM%	K	ET
GPS-SA	994	976	1.8	115920	1700
GPS-SA.OPT	994	969	2.6	115920	1700+D
GPS-TS	994	933	6.5	20	40

الجدول 2.7 خلاصة النتائج الحسابية للطرق التقريبية المطبقة على شبكة الجبي بي اس في سيشيلز.



الشكل 14.7 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل أفضل برنامج لتنظيم العمل الحقلي

ناتج بتطبيق الطرق التقريبية المطورة على شبكة الجبي بي اس في سيشيلز.

من البيانات العملية التي تمّ تجميعها في أثناء تنفيذ شبكة الجي بي اس في سيشيلز وتحليلها تقريباً (تجريبياً) في الجزء السابق فيما يتعلق بجودة برنامج تنظيم العمل الحقلّي والجهد الحسابي، تمّ استخلاص الاستنتاجات التالية. من الملاحظ أن طريقة البحث المحظور للجي بي اس تتمتع بقدرة تنافسية عالية وتنتج عموماً أفضل برامج وذلك لأسباب عدة. أولاً، لمرونتها في التطبيق. ثانياً، إن عدد العمليات التكرارية المنجزة من قبل دورات البحث قد تكون ثابتة لاحقة (posteriori)، بخلاف طريقة التلدين التجريبي حيث إن معامل التبريد تقوم بتحديد زمن التشغيل. من ناحية أخرى، كانت طريقة البحث المحظور قادرة على الحصول على برامج جيدة لتنظيم العمل الحقلّي بكلفة ممتازة ويمكن تنفيذها من أي برنامج للبدء بها، خلافاً لما هو عليه في طريقة التلدين التجريبي للجي بي اس حيث إن البدء ببرنامج جيد لتنظيم العمل الحقلّي هو المهم.

6.7 المقارنة بين حلول الاشكال المختلفة لشبكتي الجي بي اس في مالطا

وسيشيلز

يركز هذا الجزء على طريقتي التلدين التجريبي والبحث المحظور المطبقتين على أنواع مختلفة من شبكات الجي بي اس الكبيرة. الشبكة الأولى ذات النوع المضلع المثلث المغلق (triangulation (areal) type) والتي تمّ رصدها في مالطا. الشبكة الثانية ذات النوع المضلع الخطي المفتوح (traverse (linear) type) والتي تمّ رصدها في سيشيلز. تمّ الأخذ بعين الاعتبار كافة وجهات النظر نتيجة المناقشات الحاصلة سابقاً، ويبدو أنه لا توجد معايير متعارف عليها لإنشاء الاختيار العام لمعامل التحكم التقريبي المناسبة، والتي من شأنها أن تكون جيدة بما فيه الكفاية لجميع الأنواع المختلفة من الشبكات. هذا يعني أن أي صيغة مقترحة يجب التحقق منها تجريبياً. تمّ تطبيق طرق الجي بي اس التقريبية المطوّرة والتي تمّ توصيفها في الفصول السابقة من أجل إيجاد الحلول لنوعين مختلفين من شبكات الجي بي اس ذات أبعاد كبيرة. إن الشبكة الأولى ذات النوع المضلع المغلق لمالطا والمكوّنة من 38 شعاع زميني و25 نقطة مساحية، في حين أن الشبكة الثانية مع النوع المضلع المفتوح والمكوّنة من 71 شعاع زميني و57 نقطة مساحية.

نوع شبكة الجي بي اس المرصودة			طرق الجي بي اس التقريبية							
			طريقة التلدين التجريبي للجي بي اس				طريقة البحث المحظور للجي بي اس			
شبكة مائطا ذات	U	V _{INT}	V _{BFS}	RRM	K	ET	V _{BFS}	RRM	K	
ET	المثلث	النوع المضلع								
المغلق	38	1405	1355	3.7%	14880	425	1075	30.7%	28	6
شبكة سيشيل ذات النوع										
المضلع الخطي المفتوح	71	994	976	1.8%	115920	1700	933	6.5%	20	40

الجدول 3.7 المقارنة بين الطرق التقريبية للجي بي اس المطبقة على أنواع مختلفة لشبكات الجي بي اس.

حيث إن: U: عدد الأشعة الزمنية. V_{INT}: البرنامج الأولي. V_{BFS}: أفضل برنامج تم الحصول عليه. RRM: التخفيض النسبي في الزمن الإجمالي لتصميم الشبكة. K: عدد العمليات التكرارية. ET: زمن التشغيل بالثواني.

يزود الجدول 3.7 بعض الأفكار المفيدة في الأداء النسبي لطرق الجي بي اس التقريبية التي تم تطبيقها على أنواع وأحجام مختلفة لشبكات الجي بي اس. يتبين أن مقدار الجهد المطلوب للوصول إلى أفضل برنامج لتنظيم العمل الحقلية تم الحصول عليه يعتمد على: عدد الأشعة الزمنية في البرنامج الأولي، ونوع الشبكة المرصودة، وكم هو جيد البرنامج الأولي للبدء. على وجه الخصوص، تقوم هذه الطرق التقريبية بفحص ودراسة البنية الطوبوغرافية للشبكة بدقة وتمعن والتي يجب رصدها وفقاً لكيفية تموضع هذه الأشعة في البرنامج الأولي. في الشبكة ذات الشكل المضلع المفتوح يتم تبادل الأشعة في اتجاهين اثنين فقط، بينما في الشبكة ذات الشكل المضلع المثلثي المغلق فإن التبادل بين الأشعة يتم في كافة الاتجاهات.

تُبين الدراسة التحليلية للنتائج في الجدول 3.7 مزايا طريقة البحث المحظور بالمقارنة مع طريقة التلدين التجريبي والذي يُشير بشكل متكرر إلى عدد المرات التي أنتجت فيها طريقة البحث المحظور أفضل برامج تنظيم العمل

الحقلي لتصميم الشبكة. فيما يتعلق بشبكة مالطا المكوّنة من 38 شعاعاً، إن مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية (RRM) للبرنامج القريب من المثالي لطريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس هو 3.7% حيث تمّ الحصول عليه من خلال تطبيق 14880 عملية تكرارية وبزمن حسابي مقداره 425 ثانية، بالمقارنة مع مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية ذات القيمة 30.7% والتي تمّ الحصول عليها من خلال تطبيق 28 عملية تكرارية وبزمن حسابي مقداره 6 ثواني لطريقة البحث المحظور للجبي بي اس. في شبكة الجبي بي اس في سيشيلز المكوّنة من 71 شعاعاً، إن مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية للبرنامج القريب من المثالي لطريقة التلدين التجريبي هو 1.8% تمّ الحصول عليه من خلال تطبيق 115920 عملية تكرارية وبزمن حسابي مقداره 1700 ثانية، بالمقارنة مع مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية ذات القيمة 6.5% تمّ الحصول عليه من خلال 20 تطبيق عملية تكرارية وبزمن حسابي مقداره 40 ثانية (Saleh and Dare, 2002).

كما يمكن ملاحظته، إن كافة تطبيقات طريقة البحث المحظور للجبي بي اس تجد البرنامج القريب من المثالي الأقل كلفةً مقارنة مع طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس (كما هو ملاحظ من الجدول 17.7)، مما يدل على المرونة والمتانة العاليتين لطريقة البحث المحظور للجبي بي اس والتباين في طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس. بالنسبة لكلا النوعين من الشبكات، تُعطي طريقة البحث المحظور للجبي بي اس أفضل الأداء العام من حيث جودة البرنامج وزمن التشغيل، حتى لو كان مطلوب ذلك عموماً بأقل العمليات التكرارية ودون استخدام معلومات محددة عن نوع الشبكة، في حين إن طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس تعطي نتائج غير مستقرة وبزمن حسابي عالٍ جداً. يزداد مقدار الزمن الحسابي اللازم للحصول على البرنامج القريب من المثالي بازدياد أبعاد الشبكة في طريقة التلدين التجريبي. يمكن رؤية هذا التأثير في عمليات تحديد درجة الحرارة الأولية للبدء قبل أن تبدأ عمليات تطبيق التبريد على البرنامج. أيضاً، يمكن ملاحظة هذا التأثير في قيم معامل التلدين التي سوف تزيد من مقدار الزمن الحسابي اللازم كما هو مبين في الجداول 2.6 و 1.7. من ناحية أخرى، لم يؤثر حجم الشبكة على معامل الحظر باستثناء قيمة لائحة الحظر (TL) التي تعتمد على عدد الأشعة كما يمكن مشاهدته في نفس الجداول 2.6 (TL = 38*38)

و1.7 (TL = 71 * 71). يمكن رؤية هذا التأثير المتعلق بزيادة قيمة لائحة الحظر على الزيادة في مقدار زمن التشغيل (ET) للحصول على أفضل برنامج ناتج باستخدام طريقة البحث المحظور للجبي بي اس من 6 ثوان في شبكة مالطا إلى 40 ثانية في شبكة سيشيلز.

تمّ الحصول على أفضل النتائج للشبكة ذات الشكل المضلع المغلق. حيث إنه من الواضح، ونظراً لوجود عدد أكبر من الحالات المتاحة لكل انتقال، فإن قدرة الطرق التقريبية للجبي بي اس للحصول على تحسين في قيمة البرنامج الخاص بالشبكة ذات الشكل المضلع المغلق ستكون أكبر من الشبكة ذات الشكل المضلع المفتوح. وهذا يعود جزئياً لنوع الشبكة ذات الشكل المضلع الخطي، فالبرنامج الأولي من المرجح أن يكون أقرب إلى البرنامج المثالي أكثر منه في الشبكة ذات الشكل المضلع المغلق ويرجع ذلك إلى العدد المحدود للخيارات المناسبة للبرامج. وهكذا، يمكن الحصول على أفضل برنامج لشبكة الجبي بي اس المساحية باستخدام الطرق التقريبية المطبقة على الشبكات ذات الشكل المضلع المغلق. إن التشكيل النهائي للبرنامج الناتج للشبكة ذات الشكل المضلع المغلق بهذا الأسلوب كان في جودة قابلة للمقارنة مع النتائج الحاصلة من زمن التصلب الأكثر استهلاكاً للزمن لدرجات الحرارة العالية باستخدام الشبكة ذات الشكل المضلع المفتوح.

7.7 الاستنتاج

بالنظر إلى الشبكات التي تمّ تصميمها باستخدام الطرق التقريبية المطوّرة، نرى أنّ جميع استراتيجيات طريقة البحث المحظور للجبي بي اس تتفوق بوضوح على طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس. وكان الاستنتاج الرئيسي بأن الأداء، من وجهة نظر المتطلبات الحسابية وجودة برنامج تنظيم العمل الحقلية، يعتمد بقوة على الطريقة التقريبية للجبي بي اس المستخدمة لحل الشبكة. بالنسبة للشبكات ذات الأبعاد الكبيرة، حيث تمتلك مجموعة البرامج المجاورة عدداً كبيراً من الأشعة (شبكة الجبي بي اس في سيشيلز)، أو بالنسبة للشبكات حيث تكون هذه الأشعة مكلفة لدراساتها واختبارها (شبكة الجبي بي اس في مالطا)، فإن الطبيعة الهجومية (Aggressive) لطريقة البحث المحظور تجعلها في غاية الأهمية بأن تعزل مجموعة فرعية من الأشعة وتدرسها لتجنب الكلفة الحسابية لتقييم الانتقالات لكامل مجموعة البرامج المجاورة كما هو الحال في طريقة

التلدين التجريبي. إن تطبيق طريقة البحث المحذور، بالإضافة إلى مرونتها، تُخفض من التعقيدات الحسابية المتأصلة في طريقة التلدين التجريبي وإنه يمكن تعديلها على نحو أفضل تبعاً لنوع الشبكة.