

الفصل السادس

طريقتا التركيب التجريبي والبحث المحظور لتصميم شبكة الجي بي اس في مالطا

1.6 مقدمة

في هذا الفصل، سيتم تحليل شبكة جي بي اس فعلية ذات أبعاد أكبر في مالطا، مع عرض برنامج تنظيم العمل الحقلي الذي تم إنتاجه يدوياً والصيغة الرياضية لهذه الشبكة كمسألة تحسين تجميعي. سيتم أيضاً شرح الخطوط العريضة لمراحل تطبيق طريقتي البحث المحظور والتلدين التجريبي في تصميم هذه الشبكة، مع التحقق من معامل الحظر والتبريد وتحليل تأثيرها على أداء هذه الطرق التقريبية المطبقة. أخيراً، سيتم إجراء المقارنة بين أداء الطرق التقريبية المطورة على أساس الجهد الحسابي وجودة البرنامج الناتج.

2.6 صياغة البرمجة الرياضية لشبكة الجي بي اس في مالطا

تم إنشاء شبكة أساسية جديدة تمتد من جزر مالطا وغوز ووكومينو باستخدام نظام تحديد المواقع الجي بي اس خلال الفترة من تموز-أيلول 1993. كما هو موضح في الشكل 1.6، استغرقت مدة هذا المشروع المبني على استخدام الجي بي اس أسبوعين متتاليين لرصد الأشعة الزمنية بالتعاون بين مدرسة المساحة في جامعة شرق لندن ووحدة رسم الخرائط في جمهورية مالطا. كل المعلومات المتعلقة ببرنامج تنظيم العمل الحقلي وبيانات الجي بي اس والمتطلبات

التشغيلية، وأهداف هذه الدراسة بما في ذلك تاريخ الأعمال المساحية في مالطا، وتصميم الشبكة والعمليات اللوجستية وعمليات الاستطلاع الميداني، ومصنفات الكلفة الأساسية والفعلية، ينظر: (Dare, 1994). إن برنامج تنظيم العمل الحقلية الفعلي المرصود (VOBS) ذات القيمة (2264) دقيقة تم إنتاجه يدوياً باستخدام الحدس والخبرة على أساس يومي (Day-To-Day Basis) حيث في نهاية يوم عمل، يتم إنشاء برنامج ليوم العمل التالي. تم تعديل كلفة البرنامج المرصود ليستخدم كبرنامج أولي بقيمة (1405) دقيقة من قبل كل من طريقتي التلدين التجريبي للجبي بي اس والبحث المحظور للجبي بي اس. توجد عدة أسباب لهذا التعديل: لقد تم بناء قيم الكلفة الأساسية باستخدام الأزمنة الفعلية للتنقل بين نقاط الشبكة. على أي حال، تضمنت بعض أوقات التنقل هذه فواصل زمنية طويلة (استراحات) بسبب الحرارة المفرطة، وبالتالي تم تعديل هذه التكاليف لاستبعاد هذه الفواصل الزمنية.

تم تطبيق بعض التعديلات على البرنامج المرصود وفقاً لمتطلبات طبيعة عمل نظام تحديد المواقع العالمي الجبي بي اس وعمليات البحث التقريبي. أولاً، التمييز بين مجموعة الأشعة المرصودة بجهازين ومجموعة الأشعة المرصودة بثلاثة أجهزة وترتيبها في برامج فرعية (J1) و (J2) بحيث لا يجوز إجراء عملية المبادلة بين مركبات هاتين المجموعتين. ثانياً، بافتراض إن جهاز الاستقبال (R1) موجود في نقطة خزان زونكور (Zonqor Reservoir)، وجهاز الاستقبال (R2) موجود في نقطة تل مادونا (Tal-Madonna)، وجهاز الاستقبال (R3) موجود في نقطة ميلها فورت (Fort Mellieha) الموافقة لمواقع الأشعة (U37) (U30) (U27) على التوالي بحيث يتم السماح بإجراء المبادلة بين هذه الأشعة والأشعة المجاورة لها. ثالثاً، تم حذف الشعاع الأخير (U38) لأنه تم رصده بشكل فردي بعد أسبوعين من رصد الشعاع (U37).

إن الهدف الرئيسي من استخدام طرق الجبي بي اس التقريبية هو تخفيض الزمن الإجمالي لرصد الشبكة (Makespan=1405 minutes). إن أفضل الوسائل لقياس فعالية هذه الطرق هو التخفيض النسبي في قيمة الزمن الإجمالي (RRM) الناتج عن تطبيق هذه الطرق بالنسبة للبرنامج الأولي (VINT)، أي،

$$RRM\% = [(MINT - MBFS) / MBFS] * 100. (6.1)$$

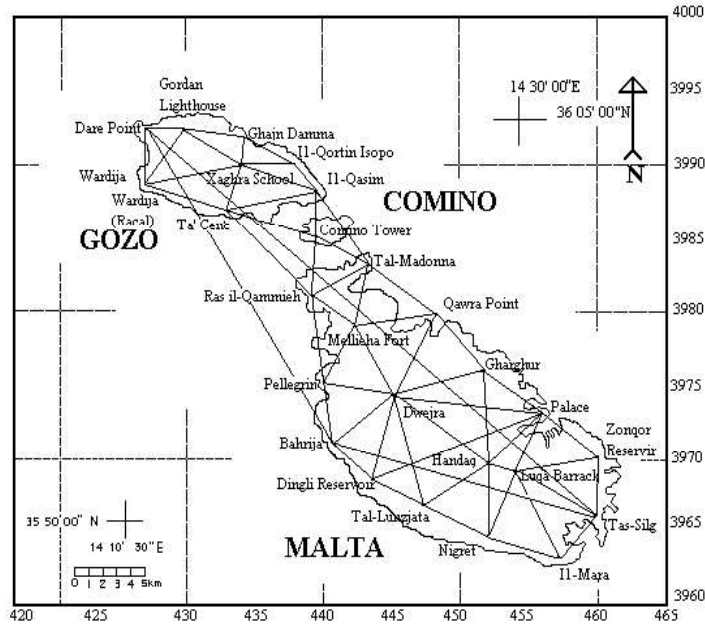
حيث إن:

RRM: التخفيض النسبي للكلفة الإجمالية.

MINT: الزمن الكلي للبرنامج الأولي (VINT).

MBFS: الزمن الكلي لأفضل برنامج تمّ الحصول عليه (VBFS) باستخدام طرق الجي بي اس التقريبيّة.

يتم تقييم أداء طرق الجي بي اس التقريبيّة وفقاً لتخفيضات القيمة الإجمالية (makespan) التي يتم الحصول عليها لعدة قيم مختلفة بالنسبة للمسألة المدروسة ومعاملات تحكم الطريقة. تمّ استخدام الرسوم البيانية ذات المخططات العمودية (Bar graphs) لتوضيح هذا السلوك وذلك برسم التخفيض النسبي في القيمة لأفضل برنامج تمّ الحصول عليه (VBFS) بالنسبة لقيمة البرنامج الأولي (VINT) وذلك مقابل كل من معاملات التحكم.



الشكل 1.6. تصميم شبكة الجي بي اس في مالطا (from Dare, 1995)

3.6 التطبيق العملي لطريقة التلدين التجريبي في تصميم شبكة الجي بي

اس في مالطا

تمّ في هذا الجزء، توضيح استراتيجية طريقة التلدين التجريبي ذاتها للجي بي اس وتطبيقها على شبكة الجي بي اس لمالطا. في تطبيق طريقة التلدين التجريبي للجي بي اس، كما هو في أي تطبيق للتلدين التجريبي، فإنه من المهم جداً استخدام معامل التبريد الجيدة والمختارة بعناية والتي يجب تحديدها وفقاً لحجم الشبكة المدروسة. تتألف هذه المعامل من: القيمة الأولية للحرارة البدائية (T_i)، الحرارة النهائية (T_f)، عامل سلسلة ماركوف (L)، عامل تعديل الحرارة بين السلاسل (F)، وعدد العمليات التكرارية (K).

النهج العملي لطريقة التلدين التجريبي للجي بي اي اس

إن النهج العملي لتطبيق طريقة التلدين التجريبي للجي بي اس المستخدم في هذا الفصل هو ذاته كما تمّ توصيفه الفصل الرابع. على أي حال، لمساعدة القارئ سيتم تلخيصه هنا ثانية. إن خطوات تطبيق هذا الإجراء على شبكة مالطا كما يلي:

آ- التحضيرات الأولية (Initialisation)

الخطوة الأولى: إنتاج البرنامج الأولي ($VINT$) بكلفة ($C(VINT)$) يدوياً باستخدام مصفوفة الكلفة الفعلية.

الخطوة الثانية: تحديد قيم معامل التبريد:

- تحديد قيمة الحرارة الأولية (T_i).
- تحديد قيمة الحرارة النهائية (T_f).
- تحديد قيم طول سلسلة ماركوف (L).
- تحديد قيمة عامل تعديل الحرارة (F).
- تحديد قيمة عداد المحاولات التكرارية (K).

في هذه الخطوة، تمّ تشكيل دورة اختبار من دورات البحث على مجموعة البرامج المجاورة للبرنامج الأولي للحصول على القيم العظمى والصغرى لدالة الكلفة

$$(C(VINT)\{[T_i=C(V_{max})=1850], [T_f=C(V_{min})1355]\})$$

ب- اختيار وقبول الجداول المجاورة الناتجة (Selection and acceptance of generated neighbours)

الخطوة الثالثة: اختيار البرنامج البديل من مجموعة البرامج المجاورة للبرنامج الأولي ($V' \in I(V_{INT})$)

- حساب الفرق في الكلفة ($\Delta = C(V') - C(V_{INT})$)
- إذا كانت ($\Delta \geq 0$ أو $\Delta < T / \Delta - e$) حيث (θ) القيمة العددية للمتحويل العشوائي ($0 < \theta < 1$).

فإنه يتم قبول البرنامج الجديد (V') كبرنامج حالي (VCS) ويتم وضعه مكان البرنامج الحالي ($V_{INT} \rightarrow VCS$)

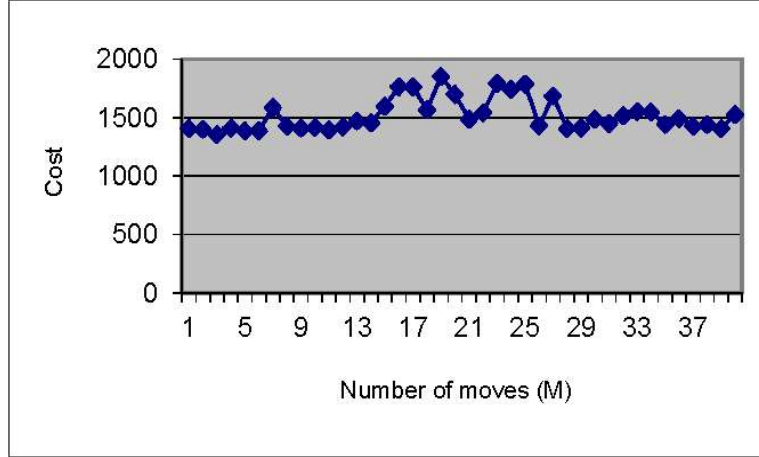
خلافًا لذلك، يتم الاحتفاظ بالبرنامج الحالي (VCS)

ج- تحديث معامل التحكم وعدد العمليات التكرارية (Update the annealing parameters and the number of iterations K)

الخطوة الرابعة: تحديث الحرارة وفقاً للقانون ($T_{k+1} = F * T_k$)

- وضع ($K \rightarrow K+1$)

الخطوة الخامسة: إذا تحقق شرط الإيقاف، يوقف العمل ويُعلن أفضل برنامج ناتج مع عدد العمليات التكرارية. خلافًا لذلك، يتم الرجوع إلى الخطوة الثالثة.



الشكل 2.6. التطور الطوبولوجي لدالة الكلفة لشبكة الجي بي اس في مالطا.

التحقق من معامل التلدين

يُبين هذا الجزء النتائج التجريبية لتحليل معامل التحكم الخاصة بطريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس كما هو مبين في الفصل 4. لقد تمّ تركيز التحليل على الجدوى (Feasibility) والتي تعني بأن طريقة التلدين التجريبي تتمتع بالتحول السريع نحو تحقيق النتائج القريبة من المثالية.

الحرارة الأولية

تمّ الحصول على درجة الحرارة البدائية والنهائية لشبكة الجبي بي اس في مالطا من خلال مراقبة مراحل تطور دالة الكلفة خلال عدد من محاولات لإعادة ترتيب دورة البحث المحلية (Local Search Cycle) التي تنتج أكبر وأصغر تغيير محتمل في قيم دالة الكلفة. تمّ وضع قيم الحرارة البدائية ($T_i=1850$) والحرارة النهائية ($T_f=1355$) إلى قيم مساوية لأكبر وأصغر قيم التغيرات بالاتجاه الصاعد (غير الصفر) (Non-Zero Uphill Steps) والتي تمّ إيجادها سابقاً بتشكيل 41 محاولة تبادل عشوائي قبل البدء بتطبيق طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس ذاتها. عادةً، يتم اختيار عدد التبادلات من قبل المستخدم بالاعتماد على الحدس والخبرة، ويفضل أن تكون قريبة من عدد الأشعة المرصودة المكوّنة للشبكة المراد تصميمها.

يتم توزيع قيم دالة الكلفة على عدد الانتقالات المتميزة (Distinct Moves) التي تكون فيها المسافات المتبادلة كبيرة مقارنةً مع كلفتها والعكس صحيح. إن تحديد القيمة البدائية لدرجة الحرارة كما هو موضح أعلاه يمكن أن يتم فقط بشكل مؤكد في الشبكات المساحية ذات الأبعاد الصغيرة أو في الحالات التي يتم فيها توزيع دالة الكلفة بشكل متماثل إلى حد كاف لمجموعة من البرامج المختلفة لتنظيم العمل الحقلي لتصميم شبكات الجبي بي اس.

إن تحديد قيمة الحرارة الأولية وفقاً للمفهوم الموضح أعلاه يعطي في معظم الحالات قيمة غير صحيحة، ولذلك، فإن احتمالات التحول (Transition Probabilities) لقبول كل الانتقالات (بالتزامن مع انخفاض درجة الحرارة) لا تتقاطع بشكل متقارب (بإمكانية غير مباشرة) بالنفاد من أي برنامج إلى البرنامج المثالي. هذا الوضع غير المستقر (طوبولوجيا وعرة) (Bumpy Topology)،

خلافاً للتوزيع المتماثل (طوبولوجيا ناعمة) (Smooth Topology) لدالة الكلفة سوف يُسبب لعمليات التبريد بالوقوع في مطب المثالية المحلية، أو تؤدي إلى تقارب غير جيد (Bad Convergence) لطريقة التلدين التجريبي نحو الجداول القريبة من المثالي.

تبدأ طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس عملها بدرجة حرارة أولية يتم اختيارها كيفياً (Arbitrary) (لتكن $T_i=60$) باستخدام حدس وخبرة المستخدم ويُفضل أن تكون قريبة من 1.5-2 مرات (1.5-2 Times) لعدد الأشعة المرصودة. يمكن أن تُجرى العمليات الحسابية لتحديد قيمة الحرارة الأولية على النحو التالي: يتم تنفيذ عشرة انتقالات من أجل تحديد الكسر الحسابي (نسبة القبول $(P_{accept}=acceptance\ ratio=0.55)$) للانتقالات المقبولة ($m_{accept}=55$ moves) إلى العدد الإجمالي للانتقالات الحاصلة ($m_{total}=100$ moves) والمنفذة عند قيمة حرارة أولية معطاة ($T_i=60$). لتحديد التغير في قيم التكلفة (Δ)، يتم حساب التكلفة الإجمالية للانتقالات المنفذة 2300 دقيقة ($C_{total}=2300$ minutes) إلى متوسط تلك الانتقالات التي أنتجت زيادة إيجابية في دالة الكلفة 53 دقيقة ($m_{post}=53$ minutes). بشكل أدق، تمّ استخدام معادلة الطاقة (equation of energy) كما هو موضح في الجزء 4.2 للحصول على قيمة الحرارة الأولية كما يلي:

$$P = e^{-\Delta/T_i} \quad (6.2)$$

Hence،

$$\ln(P) = \frac{-\Delta}{T_i} \Rightarrow T_i = \frac{-\Delta}{\ln(P)} \quad (6.3)$$

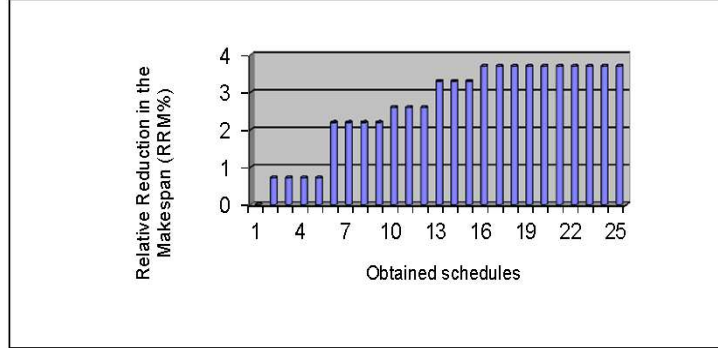
Then،

$$\begin{aligned} P_{accept} &= \frac{m_{accept}}{m_{total}} \Rightarrow P_{accept} = \frac{55}{100} = 0.55 \\ \Delta &= \frac{C_{total}}{m_{post}} \rightarrow \Delta = \frac{2300}{53} = 43.4 \\ T_i &= \frac{-\Delta}{\ln(P)} \Rightarrow T_i = \frac{-43.4}{\ln(0.55)} = \frac{-43.4}{-0.58} \approx 75 \Rightarrow T_i = 75 \end{aligned}$$

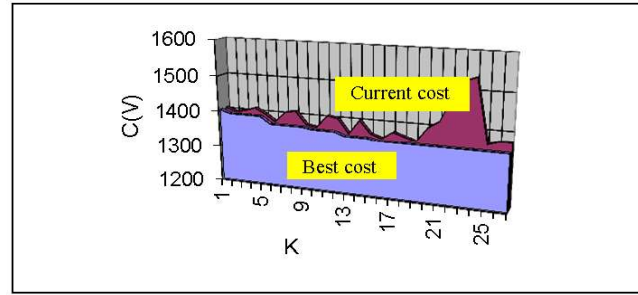
بعد أن يتم حساب قيمة الحرارة الأولية، تبدأ طريقة التلدين التجريبي للجبي

بي اس عمليات التبريد بدرجة حرارة ($T_i=75$) تم تخفيضها بشكل متدرج وفقاً لسلسلة ماركوف ذات الطول الثابت (Fixed Markov Chain) ($L=I(V)=380$) باستخدام المعادلة ($T_{k+1}=F.T_k$) وعامل التخفيض ($F=0.85$) حتى يتم الحصول على أفضل برنامج. تعتمد صيغة الإيقاف على التغييرات الحاصلة على البرنامج. إذا كانت الجداول العشرة الأخيرة متطابقة، بعدها يتم التصريح بأن عملية التصلب مجمدة، وهذا يحدث عندما تكون درجة حرارة الإيقاف مساوية إلى 6، أي تتوقف طريقة التلدين التجريبي عن العمل عند درجة حرارة التوقف ($T_{stop}=6$). تم تبيان النتائج الحسابية للجداول التي تم الحصول عليها في المراحل المختلفة لعملية التبريد باستخدام طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس. تم تقييم هذه النتائج باستخدام مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية بالنسبة للبرنامج النهائي كما هو موضح تخطيطياً في الشكل 3.6.

مع استمرار تطبيق دورات التحسين فإن الانحراف عن البرنامج الأولي يصبح (0.72%) بعد إجراء عملية تبادلية واحدة (1 swap)، وتصبح (2.2%) بعد إجراء خمس عمليات تبادلية (5 swaps)، وتصبح (2.6%) بعد إجراء 171 عملية تبادلية، و(3.3%) بعد 230 عملية تبادلية. وأخيراً، فإن أفضل برنامج ناتج (VBFS) بكلفة (1355 دقيقة) يتوافق مع البرنامج الذي تم فيه إجراء عمليات البحث المتتالي للتبادلات لـ 38 شعاع، وإن قيمة الانحراف للمقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية عن البرنامج الأولي هو (3.7%) بعد (300) عملية تبادلية. يمكن النظر إلى أفضل برنامج تم الحصول عليه بطول سلسلة ماركوف ($L=300$)، بينما يعرض الشكل 4.6 الرسم التخطيطي لتقارب طريقة التلدين التجريبي من هذا البرنامج. تم أيضاً جدولة احتمالات القبول (Acceptance Probabilities) والقيم العددية للمتحوّل العشوائي (Generated Random Numbers) الناتجة في أثناء عملية التبريد في الجدول 4.6. في هذا البرنامج تم استخدام الرموز التالية، (X) هو عدد المحاولات، (VCS) البرنامج الحالي، (VBFS) أفضل برنامج تم الحصول عليه، (θ) المتحول العشوائي الناتج، ($P = e^{-\Delta/T}$) دالة احتمال القبول، (RRM%) مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية (Makespan)، و (M) عدد الانتقالات (swap) (تبادل).



الشكل 3.6 التخفيض النسبي في الكلفة يقابل برامج العمل الناتجة عند درجة حرارة الإيقاف 6 (Tstop=6)



الشكل 4.6. جودة برنامجي العمل الحالي والأفضل الناتجين خلال دورات البحث للتبريد المتتالي بطريقة التلدين التجريبي للجي بي اس المطبقة على شبكة الجي بي اس في مالطا.

من الواضح، إنه في الدرجات العليا للحرارة، يكون مبدأ سلوك الحبوب الخشنة (Coarse Grain Behaviour) لدالة الكلفة هو المناسب فقط لتطبيق دورات البحث. مع انخفاض درجة الحرارة، يتم فحص مبدأ سلوك الحبوب الناعمة (Finer Grain Behaviour) لدالة الكلفة، مما يؤدي في نهاية المطاف إلى الحد الأدنى المحلي أو الأعظمي (Local or Global Minimum) لدالة الكلفة. وهكذا، من المتوقع أنه في مكان ما بين هذين النقيضين يجب أن تكون هناك درجة حرارة مثالية ثابتة (Topt). لقد أظهرت التجارب الكثيرة التي تم تطبيقها على شبكة مالطا بأن قيمة (Topt) قد تأثرت قليلاً بعدد الانتقالات المستخدمة لتحديد تلك القيمة. من ناحية أخرى، بقدر ما يتم إجراء المزيد من عمليات البحث المبنية على التلدين المعياري (Standard Annealing Search)

عند، أو بالقرب من درجة الحرارة المثالية (T_{opt})، بقدر ما تصبح دورات البحث أكثر نجاحاً. لقد تمّ تطبيق الدراسة البحثية المذكورة أعلاه على شبكة الجي بي اس في مالطا كما في الشكل 6.6، إن احتمال وجود درجة الحرارة المثالية (T_{opt}) يشير مسألة عملية أخرى:

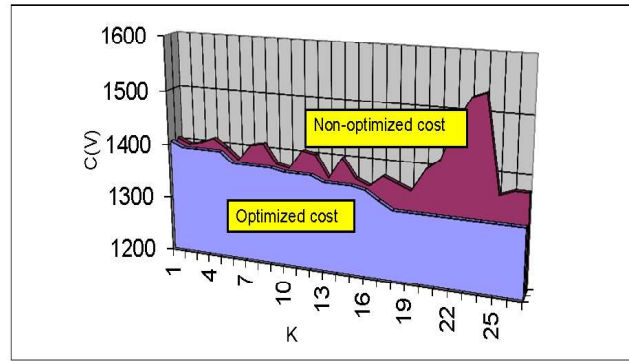
كيف بالإمكان أن يتم تحديد درجة الحرارة المثالية؟

لنفترض أنّ المستخدم سوف يحتاج إلى حل العديد من الشبكات المماثلة على أساس منتظم، في هذه الحالة، يريد المستخدم إيجاد التبرير للقيام بعمل هذه المحاولات التي تمّ تنفيذها في البداية على مجموعة من درجات الحرارة لتحديد القيمة المثلى. ضمن الدراسات المرجعية لطريقة التلدين التجريبي، تمّ إجراء دراسات بحثية نظرية كثيرة ومن ثم اقترحت مجموعة من الأفكار لتحديد درجة الحرارة المثالية، ينظر: ((Kirkpatrick et al 1983) (Connolly, 1990)). على أي حال، إن الاختبارات المحدودة للتحقق من صحة هذه الأفكار لم تنجح بشكل موثوق في تقدير القيم المثالية العملية لدرجة الحرارة.

في هذا الكتاب، كان هناك شعور بأن المخطط الأكثر دقة المبني على تعظيم نسبة دورات البحث المنفذة بالقرب من درجة الحرارة المثالية (T_{opt}) هو ضروري لكسب المزيد من التحسينات. في هذا المخطط لتحسين البرنامج الذي تمّ الحصول عليه، تمّ الاحتفاظ بدرجة حرارة ثابتة لعدد من الانتقالات الجيدة (المختارة بالتسلسل) قبل أن يتم تخفيضها بحيث يحدث التبريد وفق سلسلة من القفزات. تستمر عملية التبريد حتى لا يتم قبول أي تغيير في دالة الكلفة عند درجة حرارة معينة. تتكون معامل التلدين المطلوبة لهذا المخطط من درجة الحرارة الأولية، عدد الانتقالات التي يتم فحصها عند كل درجة حرارة (M)، ومعدل التبريد (F) المستخدم لتخفيض درجة حرارة.

إن مخطط التلدين المقترح لتحديد درجة الحرارة المثالية والمشار إليها بالرمز (GPS-SA.OPT) يمكن صياغته على النحو التالي: باختيار مناسب لعدد من التبادلات التي يتم فحصها بالترتيب، يستطيع المستخدم التحكم بسهولة في زمن المعالجة لطريقة التلدين التجريبي. بعد ذلك، يتم التحكم في درجة الحرارة، ومن ثم:

- يتم اختيار أول انتقال المتجه نزولاً (Down-Hill Move).
- يتم رفض كافة الانتقالات المتتالية المتشابهة المتجهة نزولاً.
- يتم قبول الانتقال التالي الجديد المتجه نزولاً.
- يتم تكرار الخطوات المبيّنة أعلاه حتى لا يكون هناك أي تحسن.
- يتم اختيار درجة الحرارة المثالية (T_{opt}) التي عندها تمّ الحصول على أفضل برنامج.
- يتم إيقاف عمليات التلدين بوضع درجة الحرارة المثالية مساوية إلى أفضل درجة حرارة ($T_{best}=T_{opt}$).



الشكل 5.6. جودة برنامجي العمل الحالي والأفضل الناتجين باستخدام مخطط مقياس التلدين المقترح لتحديد درجة الحرارة المثالية.

إن الهدف من مخطط التحسين هذا الحصول على درجة الحرارة الأكثر ملاءمة (T_{best}) والتي من شأنها أن تكون مؤشراً موثقاً لدرجة الحرارة المثالية. إن البرنامج القريب من المثالي ذات الكلفة (1325) الناتج بتطبيق المخطط المبيّن أعلاه يمكن النظر تخطيطياً في الشكل 5.6. يمكن الحصول على المزيد من التحسين في دالة الكلفة بإضافة عمليات التحليل (Post-Analysis) التي أجريت بعد الانتهاء من عمل الطريقة التي تُشكل دورات البحث الفعّالة المتجهة نزولاً على البرنامج القريب من المثالي والناتج باستخدام هذا المخطط الجديد. يتم حساب مقدار التحسين

في الأداء الناتج باستخدام المخطط المقترح لتحسين التبريد كما يلي:

$$G = 100 \times \left\{ \frac{V_{GPS-S} - V_{GPS-SA.OPT}}{V_{GPS-SA.OPT}} \right\} = \frac{1355 - 1325}{1325} \times 100 = 2.3\% \quad (6.4)$$

حيث إن:

(VGPS-SA) البرنامج الناتج من تطبيق طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس (GPS-SA) وله القيمة (1355).

(VGPS-SA.OPT) البرنامج الناتج من تطبيق طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس ذات الحرارة المثالية (GPS-SA.OPT) وله القيمة (1325).

(G) مقدار الأداء الناتج باستخدام مخطط تحسين التبريد وله القيمة (2.3%).

يُبين الشكل 5.6 إن مخطط التحسين يؤدي إلى تحسين بالكلفة مقداره (125) دقيقة حيث تنحرف عن البرنامج القريب من المثالي الناتج بطريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس بقيمة تقريبية (2.3%). يمتلك هذا المخطط ميزات عملية أخرى تؤمن المزيد من المرونة في تحقيق متطلبات الجبي بي اس والطرق التقريبية. لتحقيق متطلبات الجبي بي اس، إن التوزيع الأكثر تجانساً للأشعة بعد حصول التصلب يُمثل أفضل برنامج تنظيم العمل الحفلي لتصميم شبكة الجبي بي اس،

يستخدم مخطط التحسين المرونة المتأصلة في التلدين التجريبي لتحديد مجموعات مختلفة من التبادلات الابتدائية (Elementary Swaps) والمجالات المختلفة لدرجات الحرارة في أثناء عملية التبريد لتخفيض الجهد الحسابي الكلي بشكل كبير والحصول على البرنامج الأقل كلفة. إن معامل التصلب الأخرى المستخدمة في الحصول على البرنامج القريب من المثالي، كما سيُبين لاحقاً في مناقشة الجزء التالي، هما (F = 85.0) و (L = 300). بعرض نتائج درجة الحرارة المبيّنة في هذا الجزء، فإنه من الممكن تعيين قيم المعامل الأخرى التي تحدد معامل التبريد الأخرى لطريقة التلدين التجريبي. يعرض الجزء التالي نتائج تطبيق هذه الطريقة في حالات مختلفة وقد تمّ مناقشة معامل التبريد على أساس هذه النتائج.

طول سلسلة ماركوف ومعدل التبريد

ترتبط قاعدة تخفيض درجة الحرارة (معدل التبريد) (F) وطول سلسلة ماركوف (L) بمفهوم التوازن (Equilibrium). لا يمكن عملياً تحقيق الطول اللانهائي لسلسلة ماركوف. ولذلك، هناك مفاضلة قسرية (Trade-Off) بين الانخفاضات الكبيرة في درجة الحرارة والأطوال الصغيرة لسلاسل ماركوف. وهكذا، من أجل الحفاظ على التوازن فإنه يتم اختيار التخفيضات الصغيرة من أجل تجنب السلاسل الطويلة، ولكن من الممكن أيضاً استخدام السلاسل الطويلة والتخفيضات الكبيرة في درجة الحرارة. في الدراسات المرجعية، تم إجراء عدد كبير من التجارب لدراسة العلاقة بين هذين العاملين والتي أدت لاختيار قيم معينة اعتماداً على طبيعة المسألة. تم تطوير مقياس تبريد ثابت (Static Cooling Scale) وفقاً (Aarts and Van Laarhoven, 1985)، في حين تم تطبيق مقياس تبريد ديناميكي وفقاً (Osborne and Gillett, 1991).

في هذه الدراسة، يعتمد طول سلسلة ماركوف بشكل رئيسي على حجم شبكة الجي بي اس المساحية. وتُعطى الصيغة المعتمدة للحصول على طول سلسلة مناسبة كما يلي:

$$(6.5) \quad L = n * M$$

حيث إن

(M) عدد الانتقالات المدروسة عند كل درجة حرارة.

(n) عدد معين (n=1, 2,...etc.) يمكن اختياره كيفياً

في الواقع إن تخفيض درجة الحرارة هو مؤشر على توزيع ثابت لسلسلتي ماركوف المتتاليتين. وهكذا، من أجل قيم صغيرة لمعدل التبريد، فإن التوزيعات الثابتة لسلاسل ماركوف المتتالية تكون قريبة من بعضها البعض. لذلك، بعد تخفيض درجة الحرارة من (Tk) إلى (Tk+1)، فإن عدد قليل من التحولات يكفي بالسماح للتوزيع الاحتمالي لبرامج تنظيم العمل الحقلي لشبكات الجي بي اس بالوصول إلى توزيع ثابت جديد. في هذه الحالة، إن تطبيق القيم الصغيرة

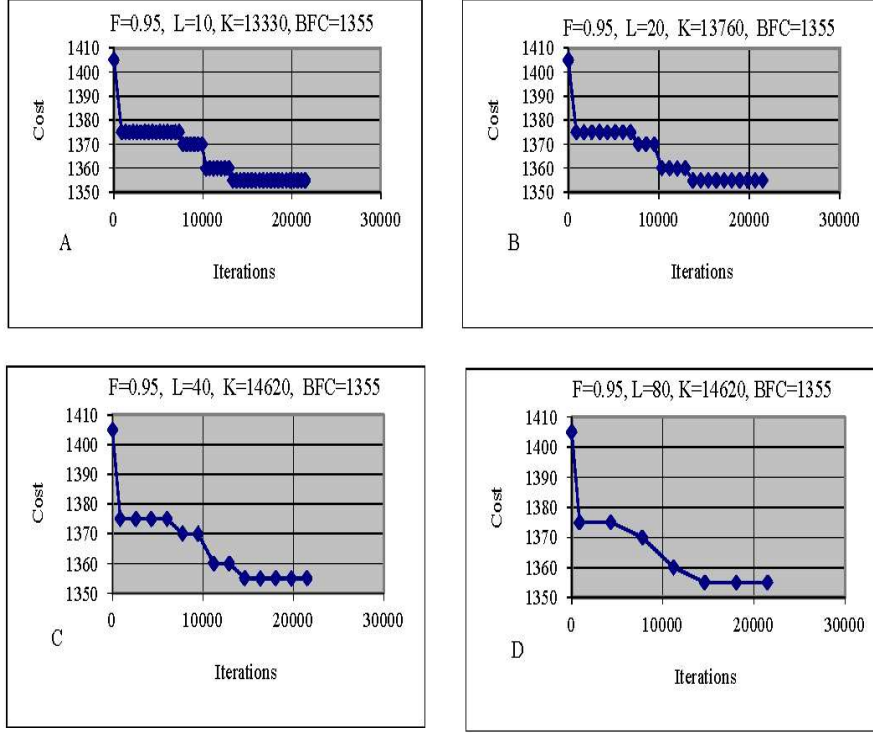
لمعدل التبريد يتوافق مع التخفيض البطيء في درجة الحرارة والعكس صحيح. على أي حال، إن استخدام طول سلسلة ماركوف ومعدل التبريد يؤديان إلى التعقيد في الزمن الحسابي لعمل طريقة التلدين التجريبي للجزيء بي اس والتي عادة ما تكون متعددة الحدود (Polynomial) بالنسبة لحجم الشبكة، أي تناسب طردياً مع عدد الأشعة المرصودة في البرنامج الأولي. لذلك، وكما سيظهر من النتائج الحاصلة للقيم المتغيرة لكل من طول سلسلة ماركوف ومعدل التبريد فإنه يمكن اعتبار طريقة التلدين التجريبي للجزيء بي اس طريقة تقريبية متعددة الحدود زمنياً (Polynomial-Time Approximation Technique).

تمّ في هذا الجزء استخدام مجموعات متنوعة من أطول سلاسل ماركوف ومعدلات التبريد (L 's) و (F 's) لتطوير مقياس تبريد هندسي، ولكن لم ينبثق من ذلك استراتيجية عملية واضحة. إن الرغبة في منع الانتقالات المتجهة صعوداً بشكل متزايد قد أدى لاستخدام مقياس التبريد الهندسي الذي يتصف بما يلي: مقياس ذات تبادل ثنائي ثابت، كل القفزات متجهة نزولاً، إن نسبة التكاليف المتتالية لتبادل الشعاع ثابتة، وإن درجة الحرارة تمّ إحاطتها بعيداً عن الصفر. يوضح الشكل 6.6 بشكل بياني سلوك طريقة التلدين التجريبي لطريقة الجزيء بي اس على عدد من المحاولات على شبكة الجزيء بي اس لمالطا، حيث تتغير قيمة معدل التبريد من 0.95 إلى 0.70، وقيمة طول سلسلة ماركوف وفقاً للمعادلة 5.6. يظهر كل من هذه الأشكال المذكورة أعلاه قيمة مختلفة لطول سلسلة ماركوف مع قيمة ثابتة لمعدل التبريد المطلوبة للحصول على برامج تنظيم قريبة من المثالي. في الشكل 6.6A، مثلاً، تبدأ طريقة التلدين التجريبي عملها بطول معطى ($L=MA$)، حيث $MA=10$ ، وتنجز مرحلة التبريد حتى يتم الحصول على برنامج تنظيم العمل الحقلية الذي لم يتغير على مدى 10 سلاسل متتالية (أي المحلية ذات الحد الأدنى). يتم في الأشكال (6.6B)، (6.6C)، و(6.6D) إعادة تطبيق كامل مراحل التبريد بأطوال مختلفة للسلسلة الأولية ($LB=20$)، ($LC=40$)، و($LD=80$) على التوالي وقيمة ثابتة ($F=0.95$) حتى يتم تحقيق صيغة إيقاف عمل الطريقة.

بتوسيع الدراسة المشار إليها أعلاه على العديد من الأمثلة، إن الملاحظات

العملية الناتجة من قيمة ثابتة لمعدل التبريد ($F=0.95$) ثابتة، وطول سلسلة ماركوف ($L=80$) تكشف عن أن تخفيض درجة الحرارة ليس عاملاً مهماً جداً طالما أن سلاسل ماركوف الطويلة بشكل كاف تسمح لكلفة البرنامج الأولي بالوصول إلى أفضل برنامج والتي هي قريبة من كلفة ثابتة. بإنقاص طول سلاسل ماركوف (تكن $L=10$) (10)، فإن الانخفاض في قيمة معدل التبريد يصبح أكثر حرجاً. باستخدام سلسلة ماركوف الثابتة ذاتها (تكن $L=20$) (20)، وإعطاء ($F=0.70$) فإن هذا يجعل عملية التبريد أبطأ بكثير من الحالة التي تكون فيها ($F=0.95$). ولكن في كلتا الحالتين يتم الحصول على نفس أفضل برنامج تمّ الحصول عليه (VBFS). إن القيم التجريبية الناتجة لهذه المعامل والتي تؤمن التلدين الحذر وتحكم بسلوك طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس تكمن في المجال من (0.80) إلى (0.90)، وإن هذه القيم متوافقة مع الدراسات المرجعية (Kirkpatrick et al, 1983) و (Bonomi and Lutton, 1984). إن معامل التلدين الأكثر عمليةً لشبكة مالطا عندما تكون ($L_{max}=I$)، أي أنه يساوي حجم أكبر مجموعة البرامج المجاورة ($L=300$) عندما ($F=0.85$) (Saleh and Dare, 1998b).

تمّ في هذا الجزء تشكيل طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس كتابع مكوّن من سلسلة ماركوف ومعدل التبريد وتمّ تحليل تقاربه ضمن هذا النطاق. يمكن الحصول على الشرح التفصيلي من الشكل 6.6، حيث تمّ عرض الحلول لبرامج قريبة من المثالية بقيم مختلفة لأطوال سلاسل ماركوف ومعدلات التبريد ($L's$) و ($F's$). من هذه النتائج فإنه يمكن استخدام قيم طول سلسلة ماركوف ومعدل التبريد لفهم سلوك عملية التصلب لطريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس. أيضاً، من نتائج هذا التصلب، يمكن تحديد القيم الجيدة التي تؤدي إلى التقارب الصحيح لطريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس باتجاه برامج قريبة من المثالية خلال زمن حسابي مقبول. معظم هذه القيم على أي حال، تجعل طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس تتطلب جهوداً حسابية كبيرة. إن الرموز المستخدمة في الشكل 6.6 هي (BFC) الذي يعبر عن أفضل كلفة تمّ الحصول عليها بطريقة التلدين التجريبي لعدد من العمليات التكرارية (K)، و (L) هو طول سلسلة ماركوف و (F) هو معدل التبريد.



الشكل 6.6. تطور كلفة رصد شبكة الجي بي اس في مالطا بتطبيق طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس بقيم متغيرة لطول سلسلة ماركوف وقيمة ثابتة لمعدل التبريد ($F=0.95$).

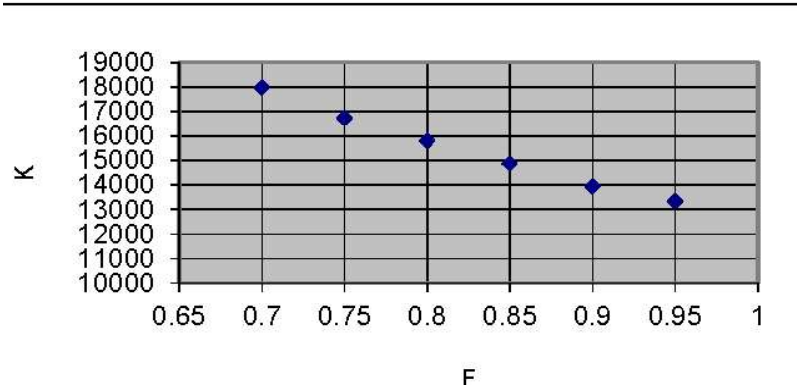
عدد العمليات التكرارية

يعرض هذا الجزء الزمن الإجمالي لمعالجة بيانات طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس مع بعض نتائج التجارب التي أجريت على توزيع الأزمنة الحسابية حتى الحصول على البرنامج الأقل كلفة. يعرض الجزء 5.4 عمليات الجهد الحسابي للحصول على شبكة الجي بي اس المساحية وفقاً لمعامل التبريد. تتطلب كل عملية تكرارية لعملية التبريد الخطوات الأربع التالية: أولاً، اضطراب أو خلط عملية البحث لإنتاج برنامج جديد (عشوائياً أو بشكل ترتيبى). ثانياً، يجب أن يُحسب الفرق في دالة الكلفة. ثالثاً، يجب أن يتم اتخاذ قرار فيما إذا كان سيتم اعتماد البرنامج الجديد. رابعاً، يتم تحديث أساليب ودورات البحث في حال قبول البرنامج الجديد.

Cooling Rate (F)	Number of Iterations (K)	Execution Time ET (Second)
0.95	13330	381
0.90	13950	398
0.85	14880	425
0.80	15810	452
0.75	16740	478
0.70	17980	514

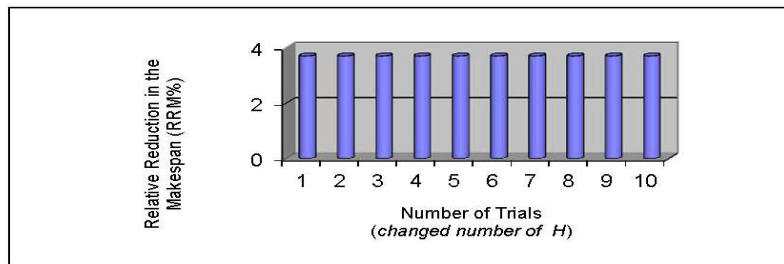
الجدول 1.6 عدد العمليات التكرارية وزمن التشغيل باستخدام طول ثابت لسلسلة ماركوف ($L=10$) وقيمة متغيرة لمعدل التبريد.

إن القسم الأكثر استهلاكاً للزمن خلال العملية التكرارية هو حساب دالة الكلفة. لحسن الحظ، بالنسبة لشبكة الجي بي اس المساحية، والتي هي مسألة ذات طبيعة ثابتة (استاتيكية وليست ديناميكية)، إن العمل الحسابي متماثل في كل عملية تكرارية، ولكن كلما أصبحت أبعاد الشبكات أكبر، فإن الأزمدة الحسابية الإجمالية تزداد. إن التعقيد في الزمن الحسابي لهذه الطريقة متناسب مع عدد الأشعة في برنامج تنظيم العمل الحقلي. يُبين الجدول 1.6 عدد العمليات التكرارية مع الزمن الحسابي المطلوب حتى التوصل إلى البرنامج القريب من المثالية لمالطا باستخدام قيمة ثابتة لطول سلسلة ماركوف وقيم مختلفة لمعدل التبريد، وهذا موضح بيانياً في الشكل 7.6.



الشكل 7.6 معامل التبريد يقابل عدد العمليات التكرارية باستخدام بيانات الجدول 7.6.

يوضح هذا الشكل تخطيطاً العلاقة بين معدل التبريد وعدد العمليات التكرارية لشبكة العجي بي اس في مالطا بتطبيق طريقة التلدين التجريبي للعجي بي اس لعدد من المحاولات، بقيمة متغيرة لمعدل التبريد من 0.95 وحتى 0.70 وطول ثابت لسلسلة ماركوف ($L=10$). تمثل كل نقطة في هذا الشكل عدداً كبيراً من البرامج لرصد الشبكة الناتجة باستخدام قيمة ثابتة لطول سلسلة ماركوف وقيم مختلفة لمعدل التبريد. على أي حال، إن معظم هذه القيم تجعل عملية التبريد الإحصائية تتطلب جهوداً حسابية كبيرة. إن الأزمنة الحسابية لإيجاد أفضل برنامج تمّ الحصول عليه (VBFS) بقيمة (1355) دقيقة باستخدام طريقة التلدين التجريبي للعجي بي اس هي بزمان تقريبي (425) ثانية وعدد العمليات التكرارية (14880).



الشكل 8.6 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل عدد المحاولات لقيمة متغيرة لعدد البرامج المتماثلة المتتالية (H) في المحور الأفقي.

تمّ تحقيق صيغة الإيقاف عندما لم تتغير أفضل قيمة لدالة الكلفة بالنسبة لعشرة برامج متماثلة متتالية ($H=10$) وهذا مبين في الشكل 4.6. إن قيمة مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية (RRM) للبرامج الناتجة لم تتأثر إطلاقاً بزيادة عدد البرامج المتماثلة المتتالية (H) التي تتراوح قيمتها من (10) إلى (100) كما هو مبين في الجدول 8.6 وتخطيطياً في الشكل 8.6. يمكن الاستنتاج من ذلك أن صيغة الإيقاف المبنية على عدد محدد مسبقاً من البرامج المتماثلة المتتالية (H) يكون موثقاً بها في تلك الحالات التي تكون فيها طول السلسلة كبيرة جداً. وهذا له ميزة واضحة لربط صيغة الإيقاف بتغيرات قيمة البرامج عند أكبر قيمة للجهد الحسابي.

بالخلاصة، تمّ عرض الإطار التحليلي العام لعمل طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس. تمّ التحقيق من معامل التبريد التي تمّ بموجبها الحصول على البرامج القريبة من المثالية لتنظيم العمل الحقلي لتصميم شبكة الجبي بي اس في مالطا ضمن زمن حسابي متعدد الحدود (Polynomial Time). بالنسبة لهذه الشبكة، باعتبارها عملية تحسين تجميعي صعبة، فإن مخطط مقياس تحسين التبريد الجديد المبني على التشكيل الإنشائي لاختيار متتابع (Sequential Selection Structure) لمجموعة البرامج المجاورة قد حقق نتائج جيدة. في هذا المخطط، إن سرعة أساليب ودورات البحث لا تعتمد على تابع احتمال القبول وبالتالي لا تعتمد على معامل تحكم درجة الحرارة. لقد تبين إن هذا المخطط فعّال بالنسبة لتصميم شبكة مالطا. تمّ قياس جودة البرامج مع إعطاء التحليل المفصل الذي يأخذ بعين الاعتبار كل من متطلبات الجبي بي اس والطرق التقريبية. وبالنتيجة، إن طريقة التلدين التجريبي تحتاج إلى زمن حسابي كبير، أي تعطي نتائج غير مستقرة بأعلى زمن حسابي.

4.6 التطبيق العملي لطريقة البحث المحظور في تصميم شبكة الجبي بي اس في مالطا

لكي يتم تطبيق طريقة البحث المحظور للجبي بي اس على شبكة الجبي بي اس في مالطا، فإنه يجب تحديد العديد من معامل الحظر. هذه المعامل، والتي تمّ عرضها في الجزء 5.4 تتضمن طول القائمة المرشحة، ومدة الحظر وعدد العمليات التكرارية.

النهج العملي لطريقة البحث المحظور للجبي بي اس

تمّ تبيان الخطوات التفصيلية لعمل طريقة البحث المحظور للجبي بي اس في الجزء 5.4.3، ولكن ملخص هذه الطريقة تمّ سرده على النحو التالي:

آ- التحضيرات الأولية

الخطوة الأولى: إنتاج البرنامج الأولي ذات الكلفة ((C (VINT) يدوياً باستخدام مصفوفة الكلفة الفعلية.

الخطوة الثانية: التحضير الأولي لقيم معامل الحظر:

تعيين القائمة المرشحة (CL)

تعيين مدة الحظر (TT)

تعيين قيمة عداد العمليات التكرارية (KK)

تمثل هذه الخطوة التطبيق المعياري لطريقة البحث المحظور للجبي بي اس باستخدام مركبات الذاكرة قصيرة الأمد.

ب- استراتيجية اختيار وقبول الجداول المجاورة الناتجة (Selection strategy and acceptance of generated neighbours)

الخطوة الثالثة: اختيار أفضل انتقال (غير محظور)

إنتاج مجموعة ((I (VINT) البرامج المجاورة {V1}, ..., {Vn} للبرنامج الأولي.

إنشاء القائمة المرشحة للبرنامج الأولي باستخدام مجموعة البرامج المجاورة له.

اختيار أفضل برنامج تمّ الحصول عليه (VBFS) في القائمة المرشحة كبرنامج حالي (VCS) واستبدال البرنامج الأولي بالبرنامج الحالي.

ج- تحديث عناصر التحكم وعدد العمليات التكرارية المطلوبة

الخطوة الرابعة: إذا كان البرنامج الحالي أحسن من أفضل برنامج تمّ الحصول عليه (VBFS) حتى الآن.

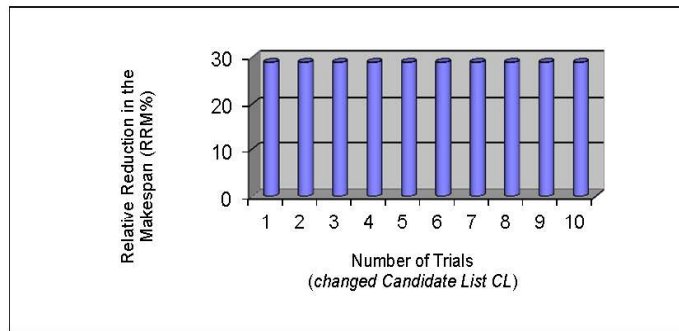
عندها يتم تحديث هذا البرنامج الأخير، وتخزين ميزاته في لائحة الحظر.

تعيين ($K \rightarrow K+1$)

الخطوة الخامسة: إذا تمَّ تحقيق شرط الإيقاف، عندها يوقف عمل الطريقة ويتم الإعلان عن أفضل برنامج ناتج وبنية لائحة الحظر. خلافاً لذلك، يتم الرجوع إلى الخطوة الثالثة.

التحقق من فعالية معامل الحظر

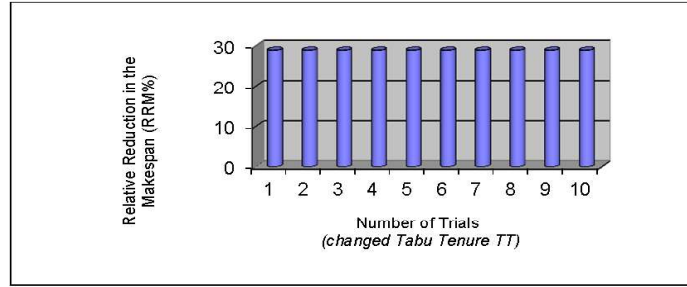
يعرض هذا الجزء النتائج الحسابية الحاصلة من تطبيق طريقة البحث المحظور للجبي بي اس على شبكة الجبي بي اس في مالطا باستخدام معامل الحظر المختلفة. إن الهدف من هذا التحقق التحكم بسلوك عمل هذه الطريقة المطوّرة تحت تأثير تغيرات معامل الحظر التي تمَّ توصيفها في الجزء 2.4.5. إن لائحة الحظر عبارة عن بنية الذاكرة التي تمنع الانتقالات التي تمَّ تبادلها مؤخراً من أن يتم تبادلها مرة أخرى. من أجل تجنب حدوث عملية دوران البحث غير المجدي (Cycling) على نحو أكثر فعالية، فإن أبعاد لائحة الحظر تتكون من عدد الأشعة في برنامج تنظيم العمل الحقلي لتصميم الشبكة. إن هذه الأبعاد الثابتة للائحة مناسب جداً للطبيعة الستاتيكية لشبكة الجبي بي اس. بالنسبة لشبكة الجبي بي اس في مالطا فإن أبعاد لائحة الحظر هو (38*38 TL) حيث عدد الأشعة المرصودة هو (38). سيتم استخدام مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية (RRM) لتقييم هذه المعامل بالنسبة للجهد الحسابي وجودة أفضل برنامج تمَّ الحصول عليه (VBFS).



الشكل 9.6 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل عدد المحاولات لقيمة متغيرة للقائمة المرشحة في المحور الأفقي.

القائمة المرشحة

إن القائمة المرشحة المعتمدة، والتي تناسب متطلبات المساحة الفضائية، هي استاتيكية “ذات طول ثابت” ويتم تحديدها من قبل المستخدم في بداية تشغيل البرمجية الحاسوبية (وذلك بالاعتماد على أبعاد الشبكة وخبرة المستخدم). بثبت البعد الستاتيكي للقائمة، تمّ تحسين فعّالية وسرعة دورة البحث لإيجاد البرنامج الأقل كلفة. للتحقق من سلوك عمل هذه الطريقة كدالة للقائمة المرشحة، تمّ تثبيت قيم كل من مدة الحظر وعدد العمليات التكرارية. بزيادة قيمة القائمة المرشحة من 5 إلى 14، فإن جودة البرامج الناتجة والقريبة من المثالي تبدو أنها لم تتأثر إطلاقاً. يبدو أن السبب الرئيسي لهذا السلوك هو فعّالية استراتيجية القائمة المرشحة، والتي تتجاهل في كل دورة لتشكيل عمليات البحث المحظور معظم الانتقالات المسموح بها وتحتفظ فقط بتلك التي أدت إلى برامج جيدة لتنظيم العمل الحقلي لتصميم الشبكة.



الشكل 10.6 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل عدد المحاولات

لقيمة متغيرة لمدة الحظر في المحور الأفقي.

مدة الحظر

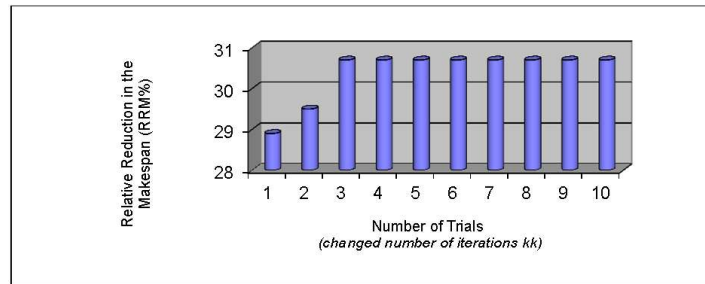
إن مدة حظر معامل مهم آخر يتم تحديدها من قبل المستخدم، كما تمّ مناقشته في مرحلة سابقة، لأنها تحدد كم هي مقيدة دورات البحث بالنسبة لمجموعة البرامج المجاورة. إذا كانت قيمة هذه المدة صغيرة جداً، فإن حالة دوران البحث غير المجدي قد تحدث في أثناء عمل الطريقة، بينما إذا كانت كبيرة جداً فإن التبادلات المهمة قد تكون محظورة وهذا يؤدي إلى استكشاف برامج أقل جودة وإلى إنتاج عدد أكبر من العمليات التكرارية للحصول على البرنامج الأقل كلفة لتنظيم العمل الحقلي لتصميم

الشبكة. يبدو أن أفضل قيمة لهذه المدة قد تكون كتابع متزايد مع حجم الشبكة. على أي حال، إنه من الصعب إعطاء قاعدة عامة لتحديد أفضل قيمة لمدة الحظر. تم إجراء التجارب لتحديد كيف أن هذه القيمة مرتبطة بحجم الشبكة. تبين هذه الملاحظات أن حالة دوران البحث غير المجدي لا تحدث دائماً مع قيمة صغيرة لمدة الحظر، وإن هذه الظاهرة في توافق مع (Taillard, 1991).

بالنسبة لشبكة مالطا، إنه بقيم أصغر، مثلاً 3، كانت كافية ولم يلاحظ حدوث أي حالة دوران البحث غير المجدي. إن التبرير البديهي لهذه النتيجة هو في الواقع أن القيم الصغرى لمدة الحظر تمكن من إجراء الفحص الأكثر عناية لمجال قيمة دالة الكلفة (شريطة أن لا يحدث الدوران غير المجدي للبحث). يبين الشكل 10.6 إن جودة البرامج الناتجة تبدو غير متأثرة إطلاقاً بتثبيت كل من قائمة الحظر وعدد العمليات التكرارية، وزيادة مدة الحظر بقيم تتراوح من 3 إلى 12 في المحور الأفقي.

عدد العمليات التكرارية

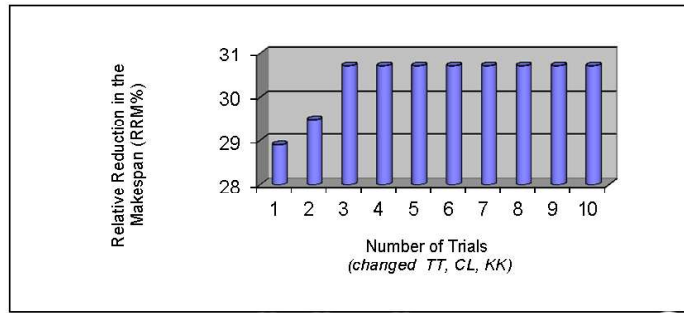
يتم في هذا الجزء عرض زمن التشغيل الفعلي لعمل هذه الطريقة الذي يستثني زمن قراءة المدخلات والإبلاغ عن المخرجات. يمكن النظر في الجزء 5.5 إلى مراحل الجهد الحسابي لشبكة الجي بي اس المساحية وفقاً لاستراتيجية الحظر. يوضح الشكل 11.6 سلوك مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية الناتج عن استخدام طريقة البحث المحظور للجي بي اس وفقاً لتغير عدد العمليات التكرارية. تتراوح قيمة هذا المقياس من 28.9 إلى 30.7٪ بالنسبة لطريقة البحث المحظور للجي بي اس والتي يمكن ملاحظتها مع ازدياد عدد العمليات التكرارية، ولكن بعد ذلك تبقى ثابتة.



الشكل 11.6 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل عدد المحاولات لقيمة متغيرة للعمليات التكرارية في المحور الأفقي.

تأثير معامل الحظر مجتمعة

كما نوقش في الأجزاء السابقة، تمّ تقييم تأثير معامل الحظر بشكل إفرادي حتى لم يعد بالإمكان ملاحظة أي تحسين. في بعض الحالات، قد يكون من المرغوب فيه توسيع أساليب ودورات البحث من خلال تغيير معامل الحظر سوية في الوقت ذاته. إن الهدف الأكبر من ذلك الاستمرار في تحفيز دورات البحث لاكتشاف برامج جديدة بجودة عالية من خلال تجميع كافة تأثيرات معامل الحظر معاً.



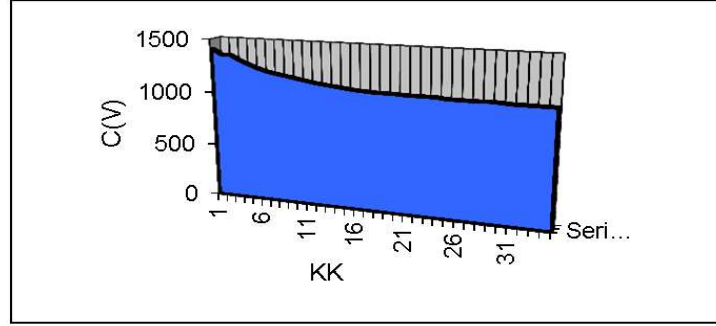
الشكل 12.6 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل عدد المحاولات لقيمة متغيرة لكافة معامل الحظر

(مدة الحظر، القائمة المرشحة، العمليات التكرارية) في المحور الأفقي.

يمكن تحقيق ذلك بزيادة عدد العمليات التكرارية أو بتغيير وضعية القائمة المرشحة ومدة الحظر بالمقدار نفسه لزمان المعالجة. باستخدام هذه المعايير في هذا الجزء، يوضح الشكل 12.6 القيمة المكتسبة في الأداء التي تمّ تحقيقها بتطبيق طريقة البحث المحظور للجبي بي اس وفقاً لتغيير معامل الحظر. تتراوح أفضل القيم لمقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية من 28.9 إلى 30.7٪ التي تمّ الحصول عليها بالنسبة لشبكة لجبي بي اس في مالطا.

بالنسبة لشبكة ذات أبعاد كبيرة، كما في شبكة مالطا التي تحتوي مجموعة البرامج المجاورة الخاصة بها على العديد من الأشعة وهذا يمكن أن يكون مكلفاً للدراسة، إن الطبيعة التوسعية (aggressive) للبحث المحظور يجعلها مهمة جداً بعزل مجموعة فرعية مرشحة من مجموعة البرامج المجاورة ودراستها بعناية بدلاً من كامل المجموعة. إن قيم معامل الحظر المختارة لأفضل برنامج

ناتج (VBFS) بكلفة 1075 دقيقة هي 10 للقائمة المرشحة ، و 3 لمدة الحظر، و (38*38 TL) للائحة الحظر، و 28 للعمليات التكرارية.



الشكل 13.6: الشكل التخطيطي لتطور كلفة أفضل برنامج عمل ناتج يقابل عدد العمليات التكرارية لطريقة البحث المحظور للجبي بي اس المطبقة على شبكة الجبي بي اس في مالطا.

إن أفضل برنامج لتنظيم العمل الحقلي تمّ الحصول عليها بتطبيق طريقة البحث المحظور للجبي بي اس ويمكن إيجادها في الشكل 13.6. إن أفضل برنامج لتنظيم العمل الحقلي ناتج من تطبيق الطرق التقريبية لا يفي بقيود الجبي بي اس. لتعديل أفضل برنامج بحيث يعمل على حدٍ سواء وفقاً لمتطلبات الجبي بي اس والطرق التقريبية، فإنه غير مسموح بإجراء التبادل بين أشعة مرصودة بجهازين استقبال وأشعة مرصودة بثلاثة أجهزة. إن الكلفة الناتجة من تعديل أفضل برنامج ناتج هي (1210) دقيقة. بالخلاصة، تمّ تطبيق طريقة البحث المحظور للجبي بي اس باستخدام قيم مختلفة لمعامل الحظر لكي يتم تقييم نتائج الحل. تُبين الملاحظات التجريبية إن طريقة البحث المحظور للجبي بي اس قوية جداً. يبدو أنّ جودة البرامج الناتجة لا تتأثر كثيراً بالخيارات الأولية المختلفة لمعامل الحظر.

5.6 المقارنة بين طريقتي البحث المحظور والتلدين التجريبي في تصميم شبكة الجبي بي اس في مالطا

كما جاء في الدراسات المرجعية للطرق التقريبية، يتم الحصول على مقاييس فعّالية الطريقة التقريبية بمقارنة أدائها بالنسبة لجودة الحل والجهد الحسابي. إن الخصائص العددية النهائية للطرق التقريبية المطوّرة (الأداء، وسرعة التقارب

باتجاه الحل المثالي وعدد العمليات التكرارية) تعتمد على كل من العناصر الإنشائية ومعامل التحكم. تتناول النتائج الحسابية السابقة طريقتي التلدين التجريبي والبحث المحظور التقريبتين للجبي بي اس اللتين تمّ تطبيقهما على البرنامج الأولي لتنظيم العمل الحقلي لتصميم شبكة مالطا. إن معامل التحكم الأساسية لكل من الطريقتين يمكن إيجادهما في الجدول 2.6. تمّ التحقق من سلوكهما بتغير معامل التحكم الخاصة بهما وخلاصة النتائج الحسابية يمكن النظر إليها في الجدول 3.6. وهذا يعطي مؤشراً على مدى سرعة كل من هذه الطرق المطوّرة في إيجاد أفضل برنامج لتنظيم العمل الحقلي لتصميم الشبكة.

GPS-SA technique	GPS-TS technique
Initial temperature Ti: 75	Tabu List TL:38*38
Temperature decrement factor F:0.85	Tabu Tenure TT:3
Markov chain length L:300	Candidate Length CL:10
Number of Iteration K: 14880	Number of Iteration KK: 28

الجدول 2.6 معامل التحكم للطرق التقريبتين للجبي بي اس المطبّقة على شبكة الجبي بي اس في مالطا.

إنّ الأخذ بالحسبان هذه النتائج الحاصلة، تتفوق طريقة البحث المحظور للجبي بي اس على طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس بالنسبة لجودة أفضل برنامج ناتج (VBFS) وبعدهد العمليات التكرارية. وبالإشارة إلى أفضل برنامج ناتج، يبين متوسط الانحراف (Average Deviation) عن البرنامج الأولي الاختلافات الجدير بملاحظاتها. أعطت طريقة البحث المحظور للجبي بي اس نتائج أفضل بكثير، أي أصغر الأزمنة الحسابية مع زيادة مقياس التخفيض النسبي

في الكلفة الإجمالية (RRM) من 6 إلى 30,7٪ كما هو موضح بيانياً في الشكل 14.6. إن السبب الرئيسي لهذا الأداء العالي الجودة لطريقة البحث المحظور للجبي بي اس يعود إلى البنية الخاصة لتشكيل مجموعة البرامج المجاورة وإلى استراتيجية أساليب ودورات البحث المتبعة. وهذا يجعل من الممكن تصميم الشبكات ذات الأبعاد الكبيرة بشكل مثالي، أو القريب من المثالي في ثوانٍ قليلة باستخدام أجهزة الحاسوب الشخصية. يعتمد زمن تشغيل طرق الجبي بي اس التقريبية بشكل أساسي على العدد الكلي للعمليات التكرارية. كانت هذه الأمانة حوالي 425 ثانية بـ 14880 عملية تكرارية بتطبيق طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس مقارنةً مع 6 ثواني بـ 28 عملية تكرارية بتطبيق طريقة البحث المحظور للجبي بي اس. بما أن العمليات الحسابية في طريقة البحث المحظور للجبي بي اس أسهل بكثير من طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس (لاوجود لاحتمالات، ولا دالة أسية، ولا قرارات عشوائية، إلخ)، فهذا بالضبط ما سوف يتوقعه المستخدم.

Technique	VINT	VBFS	RRM%	K	ET
GPS-SA	1405	1355	3.7	14880	425
GPS-SA. Opt	1405	1325	6	14880	425+D
GPS-TS	1405	1075	30.7	28	6

الجدول 3.6 النتائج الحسابية للطرق التقريبية للجبي بي اس المطبقة على شبكة الجبي بي اس في مالطا.

حيث أن:

VINT: البرنامج الأولي لتنظيم العمل الحقلية.

VBFS: أفضل برنامج تمّ الحصول عليه.

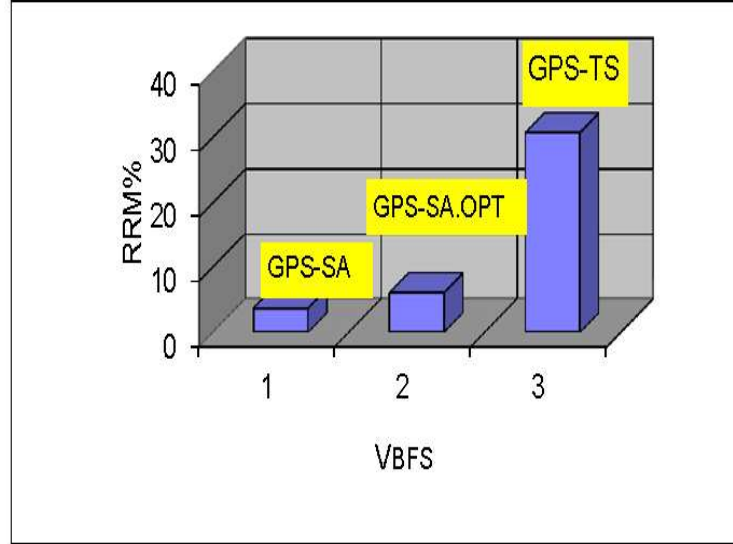
K: عدد العمليات التكرارية.

D: الوقت المطلوب من المهندس المساحي لتطبيق طريقة التلدين

التجريبي للجبي بي اس ذات الحرارة المثالية (GPS-SA.OPT).

ET: زمن التشغيل بالثواني.

RRM: مقياس التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية (Makespan)



الشكل 14.6 قيم التخفيض النسبي في الكلفة الإجمالية تقابل أفضل برنامج عمل ناتج بتطبيق الطرق التقريبية المطورة على شبكة الجي بي اس في مالطا.

بالنسبة لزمن التشغيل (ET) في طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس ذات الحرارة المثالية، هو ذاته بالنسبة لطريقة التلدين الجريبي مضافاً إليه الوقت الإضافي المطلوب (D) من قبل المستخدم لتعديل البرنامج القريب من المثالي والناتج بطريقة التلدين التجريبي. يعتمد هذا الزمن المطلوب على عدة عوامل: حدس وخبرة المستخدم، عدد الأشعة المرصودة والأهم من ذلك كم هو عدد أجهزة الاستقبال المستخدمة في رصد كل شعاع، أي كم هو عدد الأشعة المرصودة بجهازين وعدد الأشعة المرصودة بثلاثة أجهزة؟ بالنسبة لشبكة الجبي بي اس في مالطا، إن الزمن المطلوب 3 دقائق وسيكون زمن التشغيل (ET) $180+425 = 605$ ثانية. في هذه الدراسة، تمّ قياس كل الأزمنة الحسابية باستخدام الحاسوب الشخصي (PC p5 /133 Viglen).

تمّ الحصول على أفضل تصميم لطريقتي التلدين التجريبي والبحث المحظور للجبي بي اس، وتمّ التحقق من التأثيرات المترتبة على تغيير قيم المعامل المختلفة على أداء هذه الطرق. تمّ اختبار كامل مجموعة البرامج المجاورة بطريقة التلدين التجريبي والتي تصبح مكلفة جداً مع ازدياد أبعاد الشبكة. إن استخدام استراتيجيات القائمة المرشحة لدورات البحث التجميعية

يعطي أفضل السبل لاختصار الجهد الحسابي دون التأثير على جودة برنامج تنظيم العمل الحقلي. إن تطبيق مخطط مقياس التحسين في طريقة التلدين التجريبي للجبي بي اس، الذي يُمكن المستخدم من التفاعل مباشرة بمراحل تصميم الشبكة في أثناء تشغيل البرنامج، يبدو مناسباً لمثل هذه المسائل ذات الصعوبة الحسابية. كلا الطريقتين، التلدين التجريبي بشكلها الأساسي والتلدين التجريبي ذات مخطط التحسين بالحرارة المثالية تتصرفان تقريباً بالأسلوب ذاته. بخصوص جودة برنامج تنظيم العمل الحقلي، إن طريقة التلدين التجريبي ذات مخطط التحسين بالحرارة المثالية تعطي نتائج أفضل إلى حد ما ولكن مع زيادة ملحوظة في الزمن الحسابي.

6.6 الاستنتاج

تمّ عرض بيانات شبكة الجبي بي اس في مالطا في هذا الفصل والمكوّنة من القسم النظري والتطبيقات مع التحقق من أداء الطرق التقريبية المطوّرة للجبي بي اس. يعتمد تطبيق هذه الطرق التقريبية على البنية الإنشائية التسلسلية لمجموعة البرامج المجاورة التي تتناسب مع طبيعة شبكات الجبي بي اس بالإضافة إلى البرنامج الأولي للبدء لرصد شبكة مالطا. لقد تمّ صياغة هذه البنية وتطويرها وفقاً لمتطلبات شبكة الجبي بي اس المساحية وأعطت نتائج جيدة. تمّ تكوين وتطوير مخطط مقياس تحسين جديد والحصول على نتائج جيدة. وهذا يعود بالأساس لطبيعة أساليب ودورات البحث المتتابعة التي تُحسن جودة البرنامج الأولي للبدء والذي تمّ اختياره عشوائياً. علاوة على ذلك، يُعطي المخطط الجديد للمستخدم القدرة بالتحكم في تحقيق التوازن بين المفارقات في مقدار الزمن الحسابي اللازم وجودة البرنامج المرغوب بالحصول عليه.



منظمة المجتمع العلمي العربي
Arab Scientific Community Organization