

التخطيط الذكي

مقدمة

تشير كلمة "التخطيط" بشكل غير رسمي إلى إنشاء تسلسل الإجراءات لحل مشكلة معقدة. على سبيل المثال ، ضع في اعتبارك مشكلة وضع الأثاث في منزلك المبنى حديثاً ، بحيث يمكنك الاستفادة الكاملة من المساحة الخالية المتاحة للاستخدام المشترك وتبدو الغرفة جميلة.

يكشف تحليل المشكلة عن وجود العديد من الحلول البديلة الممكنة لهذه المشكلة. لكن حتى إيجاد حل واحد ليس بهذه السهولة.

التخطيط مع عوامل If-Add-Delete

نحن نأخذ في الاعتبار مشكلة عالم الكتل ، حيث يتم تكديس عدد من الكتل بالترتيب المطلوب من ترتيب أولي معين. يتم إعطاء الحالة الأولية والحالة الهدف للمشكلة مماثلة لـ **تين.2 و3**. لحل هذا النوع من المشكلات ، يتعين علينا تحديد عدد قليل من المشغلين باستخدام هياكل if-add-delete ، لعرضها قريباً.

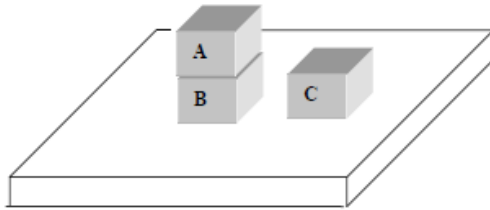


Fig. 2: The initial state of Blocks World problem.

The initial state:

On (A,B)
On (B, Table)
On (C, Table)
Clear (A)
Clear (C)

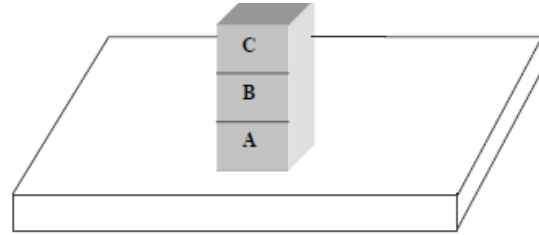


Fig. 3: The goal state of Blocks World problem.

The goal state:

On (B, A)
On (C, B)
On (A, Table)
Clear (C)

يمكننا محاولة حل المشكلة المذكورة أعلاه من خلال التسلسل التالي للمشغلين. يتم تطبيق القاعدة 2 على حالة المشكلة الأولية مع إنشاء مثل $X = A$ و $Y = B$ لإنشاء الحالة S1 (شكل 4). ثم نطبق القاعدة 3 مع إنشاء مثل $X = B$ و $Z = A$ لإنشاء الحالة S2. يتم تطبيق القاعدة 3 التالية مرة أخرى للحالة S2 مع إنشاء مثل $X = C$ و $Z = B$ للحصول على حالة الهدف. توليد الهدف من الحالة الأولية المعينة عن طريق تطبيق تسلسل

يتسبب العاملون في توسع العديد من الحالات الوسيطة. لذا ، فإن الاستدلال المسبق ليس مناسباً لمثل هذه المشاكل. دعونا نحاول استكشاف المشكلة من خلال التفكير المتخلف.

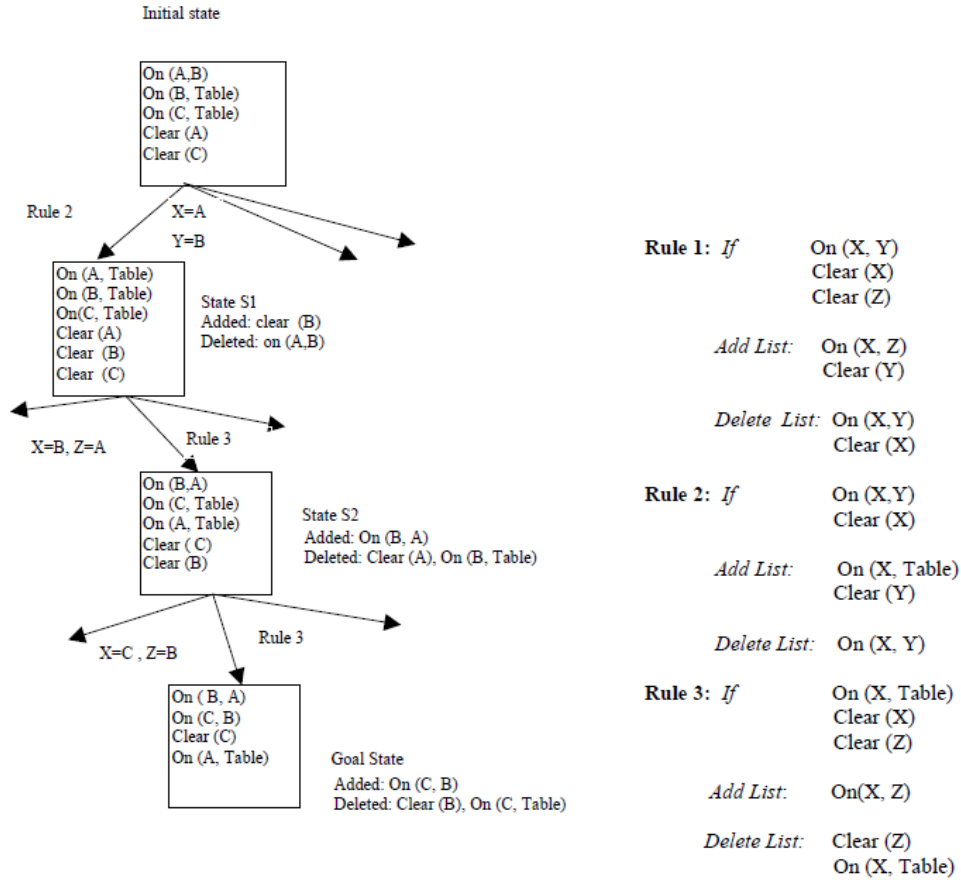


Fig. 4: The breadth first search of the goal state.

تخطيط الالتزام الأقل

تحدد مخططات التخطيط ، الموصوفة أعلاه ، قائمة من تسلسل المشغلين ، من خلال التفكير الأمامي أو الخلفي في مساحة الدولة. عندما يكون عدد الكتل في "مشكلة عالم الكتل" كبيراً ، يكون تحديد الترتيب الكامل لتسلسل المشغلين صعباً بواسطة المخطط المقترح.

نهج بديل للتخطيط هو تحديد "تقريبي"

التسلسل (الجزئي) للمشغلين لكل هدف "على حدة وتأجيل ترتيب خطواتهم لاحقاً. يشار إلى هذا التخطيط باسم **أقل التخطيط التزام**. في أدب الذكاء الاصطناعي يسمى هذا أيضاً **التخطيط غير الخطي**.

نشرح الآن لماذا سميت بذلك. نظراً لأننا نتأخر في الالتزام بترتيب المشغل في الخطة الجزئية لهدف فرعي ، يطلق عليه أقل تخطيط للالتزام. علاوة على ذلك ، يتم إنشاء الخطة الجزئية لكل هدف فرعي بالتوازي ، على عكس طريقة التفكير السابقة لفضاء الدولة للتخطيط. قد نتذكر أنه في نهج فضاء الدولة ، فقط بعد تحقيق هدف فرعي ، يتم اعتبار الهدف الفرعي التالي للرضا.

وبالتالي ، على عكس نهج مساحة الدولة للتخطيط الخطي ، يطلق على النهج الحالي اسم التخطيط غير الخطي.

تسلسل المشغل في الخط المرتبة جزئياً

افترض أن تحقيق هدف يتطلب 5 خطوات (أهداف فرعية) ، يشار إليها بواسطة المشغلين ، $G1$ ، $G2$ ، $G3$ ، $G4$ و $G5$ على التوالي. دع ترتيب الخطوات يتم تمثيله بواسطة رسم بياني مثل ذلك في **شكل 10**. هنا يشير الخط الثابت (—) إلى الترتيب الدقيق ، بينما يشير الخط المنقط (---) إلى علاقات التبعية "الأقل التزاماً" (القيود) بين مشغلين. وبالتالي فإن الخطة المذكورة أعلاه هي أمر من المشغلين المخطط لهم جزئياً. الخطط التي تم ترتيبها جزئياً لمشكلة **شكل 10** مذكورة أدناه: $\{G1, G2, G3, G4, G5\}$

$\{G1, G2, G3, G4, G5\}$ و $G2$ و $G4$ و $G3$ و $G1$ و $\{$

$G5$ و $G4$ و $G2$ و $G3$ و $G1\}$

يتعين علينا الآن تحديد أي من الخطط الثلاثة المذكورة أعلاه مرتبة جزئياً يؤدي إلى خطة كاملة للهدف أو الهدف الفرعي. لذلك ، في أقل تخطيط للالتزام ، نبحث أولاً في مساحة الخطط المطلوبة جزئياً ثم نختار الخطة الكاملة الصحيحة من بين تلك الخطط.

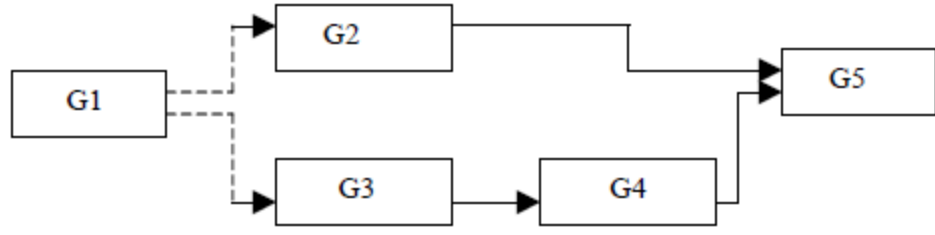


Fig. 10: Illustrating least commitment planning.

تحقيق أقل خطط الالتزام

لتحقيق أقل خطة التزام ، نطلب واحدة أو أكثر من العمليات التالية:

(أ) **إضافة الخطوة:** هذا يعني إنشاء خطة مرتبة جزئياً لهدف فرعي واحد.

(ب) **ترقية وظيفية:** هذا يقيد خطوة واحدة قبل الأخرى في خطة مرتبة جزئياً.

(ج) **نزع:** لنفترض أن الحالة S1 رفضت (محذوفة) بعض الشروط المسبقة للدولة S3. لذلك ، أضف S2 بحيث يتبع S1 و S2 و S3 يتبع S2 ، حيث يعيد S2 تأكيد الشروط المسبقة الملغاة لـ S3.

(د) **مهمة بسيطة:** إنشاء متغير لضمان الشرط المسبق لخطوة.

(هـ) **انفصال:** لا يتم إجراء مثل المتغيرات أحياناً عن قصد للحفاظ على إمكانية التحكم في حجم الخطة.

المثال التالي لمشكلة "عالم الكتل" المعروفة ، والتي نوقشت سابقاً ، سيوضح التعريفات المذكورة أعلاه بشكل أفضل. تذكر أنه تم إدراج المشكلة على النحو التالي:

معطى: تشغيل (أ ، ب) مسح (C) مسح (أ) تشغيل (C ، الجدول) على (ب ، الجدول).

ابحث عن خطة لـ: (ب ، أ) في (ج ، ب).

لبدء حل المشكلة ، نقوم أولاً بإنشاء خطط جزئية لتحقيق A ، B ، و C ، On بشكل منفصل.

يمكن إنشاء الهدف على (أ ، ب) بالقاعدة التالية: إذا كانت X واضحة وكانت Y واضحة ، فضع X على Y. هنا تتوفر الشروط المسبقة (A Clear و B On) في حالة المشكلة الأولية. إذن ، الخطة الجزئية للهدف: على (ب ، أ) يمكن بناؤها. يتم تقديم الخطة الجزئية لهذا الهدف في شكل 11. للإرضاء في (B ، C) نحتاج إلى إنشاء سلفه (انظرتين. 12).

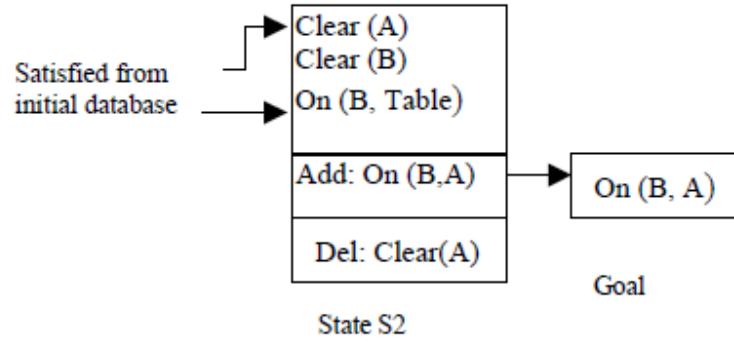


Fig. 11: The partial plan for the goal On (B, A).

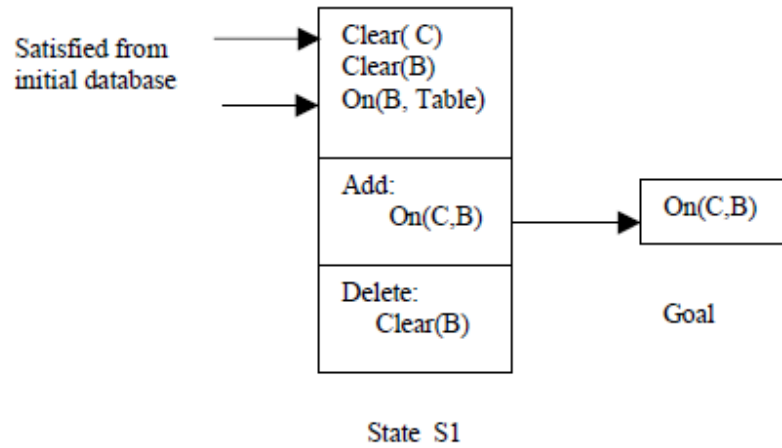


Fig. 12: The goal On (C, B) and its predecessor.

وتجدر الإشارة إلى أن **Clear (B)** هو شرط مسبق لكل من الأهداف في **(C, B)** و **(B, A)** ، لكن عملية التوليد على **(C, B)** تحذف **Clear (B)**. هذا ينشر قيداً إضافياً يفيد بأن الحالة **S2** يجب أن تتبع الحالة **S1**. أشرنا إليه بخط منقط (رابط القيد) في شكل 13. الآن لتلبية الشروط المسبقة لـ **S2** و **S1** ، نحتاج إلى إضافة خطوات جديدة. لاحظ أن **Clear (A)** و **On (B, Table)** في كلتا الحالتين **S1** و **S2** راضون. لذلك ، نحتاج إلى تلبية **Clear (B)** فقط في الحالة **S2** و **S1**. لإرضاء **Clear (B)** في **S1** و **S2** ، فإننا نستخدم القاعدة التالية:

إذ/تشغيل $(X, Y) \wedge$ مسح (X) يضيف:
تشغيل (X) ، جدول \wedge مسح (ص) حذف:
في (X, Y) .

لذلك ، من خلال التفكير المتخلف ، نولد الدولة الجديدة ، بنصيحة شكل 14.

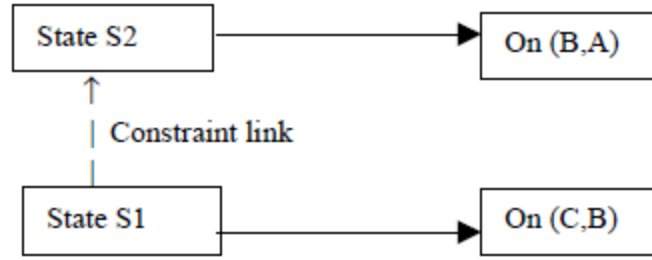


Fig. 13: Precedence relationship of states by constraint (before) links.

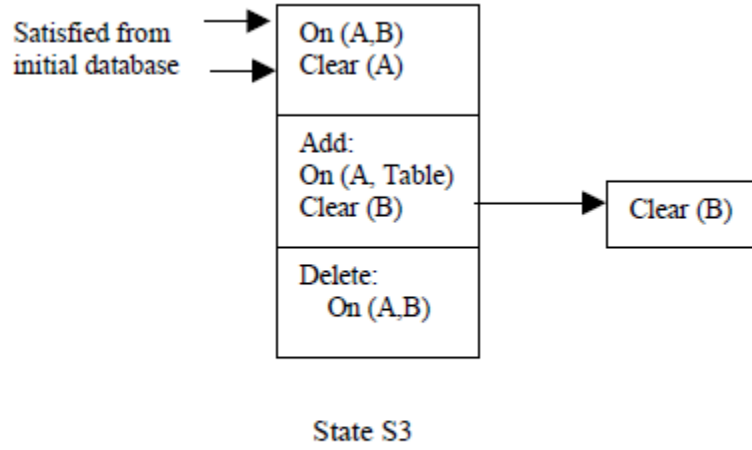


Fig. 14: An approach to satisfy Clear (B).

لدينا الآن ثلاث خطوات مرتبة جزئياً في خطتنا بشرط هدف أولي وواحد. يتم عرض هذه الخطط الخمس المرتبة جزئياً أدناه في هيكل عمود.

الخطوة 1: /إذ/ مسح (C) \wedge مسح (ب) \wedge على (ب ، الجدول) يضيف: تشغيل (ج ، ب)

حذف: مسح (ب)

الخطوة 2: /إذ/ مسح (أ) \wedge مسح (ب) \wedge على (ب ، الجدول)

يضيف: في (ب ، أ)

حذف: مسح (أ)

الخطوة 3: /إذ/ تشغيل (أ ، ب) \wedge مسح (أ)

يضيف: على طاولة \wedge مسح (ب) حذف:

تشغيل (أ ، ب)

الخطوة 4: /إذ/ لا شيء

يضيف: تشغيل (أ ، ب) ٨ مسح (C) ٨ مسح (أ) تشغيل (C ، الجدول) ٨ على (ب ، الجدول)

حذف: لا شيء

الخطوة 5: إذا في (ب ، أ) ٨ في (ج ، ب) (هدف

(يضيف: لا شيء

حذف: لا شيء

يتم إعطاء الترتيب الكامل للخطط التي تحافظ على تلبية الشروط المسبقة لكل خطة جزئية

الخطة 4 > الخطة 3 > الخطة 2 > الخطة 1 > الخطة 5

حيث تعني الخطة ز > الخطة k أن الخطة ز سيتم تنفيذها قبل الخطة k.

في المخطط أعلاه لطلب قائمة الخطط المطلوبة جزئياً ، أظهرنا خطوتين فقط: إضافة الخطوات والترويج عن طريق إضافة قيود. دعونا الآن نوضح مبدأ إزالة اللقطات. لنفترض أننا اخترنا الخطة المطلوبة بالكامل على النحو التالي:

الخطة 4 > الخطة 3 > الخطة 1 > الخطة ز > الخطة 2 > الخطة 5

حيث ستقوم الخطة ز بإلغاء الشرط المسبق (مسح (ب)) للخطة 2 ، والذي تم ضربه بواسطة الخطة 1. يتم تقديم الخطوات الضرورية في الخطة ز أدناه:

الخطة ي: إذا تم تشغيل (B ، C) ٨ مسح (ج)

إضافة: تشغيل (ج ، جدول) ، مسح (ب)

حذف: تشغيل (ج ، ب)

يخدم دمج الخطة ز بين الخطة 1 والخطة 2 الغرض من إزالة اللصق ، ولكن عند حذف (B ، C) بواسطة الخطة ز يجب تنفيذه لاحقاً. وبالتالي يجب إدراج الخطة 1 مرة أخرى بين الخطة 2 والخطة 5.

وهكذا يصبح الترتيب الإجمالي الجديد للخطط:

الخطة 4 > الخطة 3 > الخطة 1 > الخطة ز > الخطة 2 > الخطة 1 > الخطة 5

هذا بلا شك تخطيط سيء وقد يظن القارئ أن الإلغاء لا مبرر له. لكن في بعض الأحيان يكون مفيداً وهو النهج الوحيد لتنقيح الخطة.

تتضمن العمليات ذات التخطيط الأقل التزاماً التي وصفناها حتى الآن العمليات الثلاثة الأولى. عملية إنشاء المتغيرات لضمان الشروط المسبقة للخطوة هي

واضح أيضاً من الأمثلة السابقة. لكن العملية الأخيرة للتأجيل المتعمد لمتغير غير إنشاء مثيل مفيدة في التخطيط. على سبيل المثال ، افترض أن هناك كتلتين أخريين D و E على الطاولة. في هذه الحالة ، بدلاً من وضع "أ" في الجدول في الخطة 3 ، يمكننا وضعها في "د" و"هـ" أيضاً ؛ انظر إلى هدفنا في الخطة 3 هو مسح (ب). لذلك ، فإننا نستخدم القاعدة التالية لإنشاء الخطة 3:

قاعدة 3:إز/ تشغيل (X ، Y) \wedge مسح (X) \wedge مسح (Z)
 يضيف: تشغيل (X ، Z) \wedge مسح (ص) حذف: تشغيل (Y) ،
 (X)

في القاعدة الأخيرة ، يمكن أن يكون Z جدولاً أو كتلة D أو E. لا نريد تحديد قيمة Z بشكل صريح ، لأنه لم يعد مطلوباً بواسطة الخطط الجزئية الأخرى حتى الآن. وبالتالي يمكن أن تكون الخطة 3:

الخطة 3:إز/ تشغيل (أ ، ب) \wedge مسح (أ) \wedge مسح (Z) يضيف:
 تشغيل (أ ، ي) \wedge مسح (ب) حذف: تشغيل (أ ، ب)

في هذا المثال ، لم يعد إنشاء مثيل Z مطلوباً. ومع ذلك ، إذا
 مطلوب إنشاء مثيل Z لاحقاً ، ثم سنفعل ذلك. وتجدر الإشارة إلى أن الفائدة الرئيسية
 لتأجيل إنشاء مثيل للمتغيرات هي الحفاظ على حجم الخطط الجزئية التي تم إنشاؤها ضمن
 الحدود.

تخطيط شبكة المهام الهرمية

تخطيط شبكة المهام الهرمية ، يسمى أيضاً **التخطيط الهرمي** ، يعمل في أنظمة صنع القرار المعقدة. إنه يولد ترتيباً تجريبياً نسبياً للخطوات لتحقيق الهدف ثم تتحقق كل خطوة مجردة بخط أبسط. يشبه مخطط التخطيط الهرمي إلى حد ما هيكل الشجرة ، حيث تمثل الخطوات في المستوى الأعلى من الشجرة مهاماً أكثر تجريباً وتعقيداً. دعونا ، على سبيل المثال ، ننظر في خطة "تأليف كتاب".

نقوم باتباع نهج ABSTRIPS أولاً بتقسيم الخطة إلى ثلاث خطوات مجردة خطية:

(ط) الحصول على الكتب والمجلات الحالية ،

(ب) دراستها و

ثالثاً) الحصول على القلم والورقة والكتابة. ثم يتم تحقيق كل خطة مجردة من قبل الأطفال تحتها بطريقة مرتبة بشكل تسلسلي ، يُشار إليها بواسطة مقطع السهم المنقط (- - ->).

الشكل 15 يصف مثل هذه الخطة لـ "تأليف كتاب". الخطوات في **شكل 15** بسيطة وبالتالي لا تحتاج إلى توضيح. يعتني مخطط التخطيط في السياق الحالي بالخطة على مستوى معين من الشجرة فقط قبل النظر في التفاصيل في المستوى الهرمي التالي. غالباً ما يشار إلى مثل هذه الخطة باسم **طول البحث أولاً**. في المخطط التوضيحي للخطة الهرمية (**شكل 15**) أظهرنا الحل الممكن فقط ؛ لكن في المواقف لا يمكننا ضمان الجدوى بالمستوى الحالي ، إلا إذا بحثنا على مستويات أدنى ، لذلك نحن قد تولد خطأ مجردة بديلة.

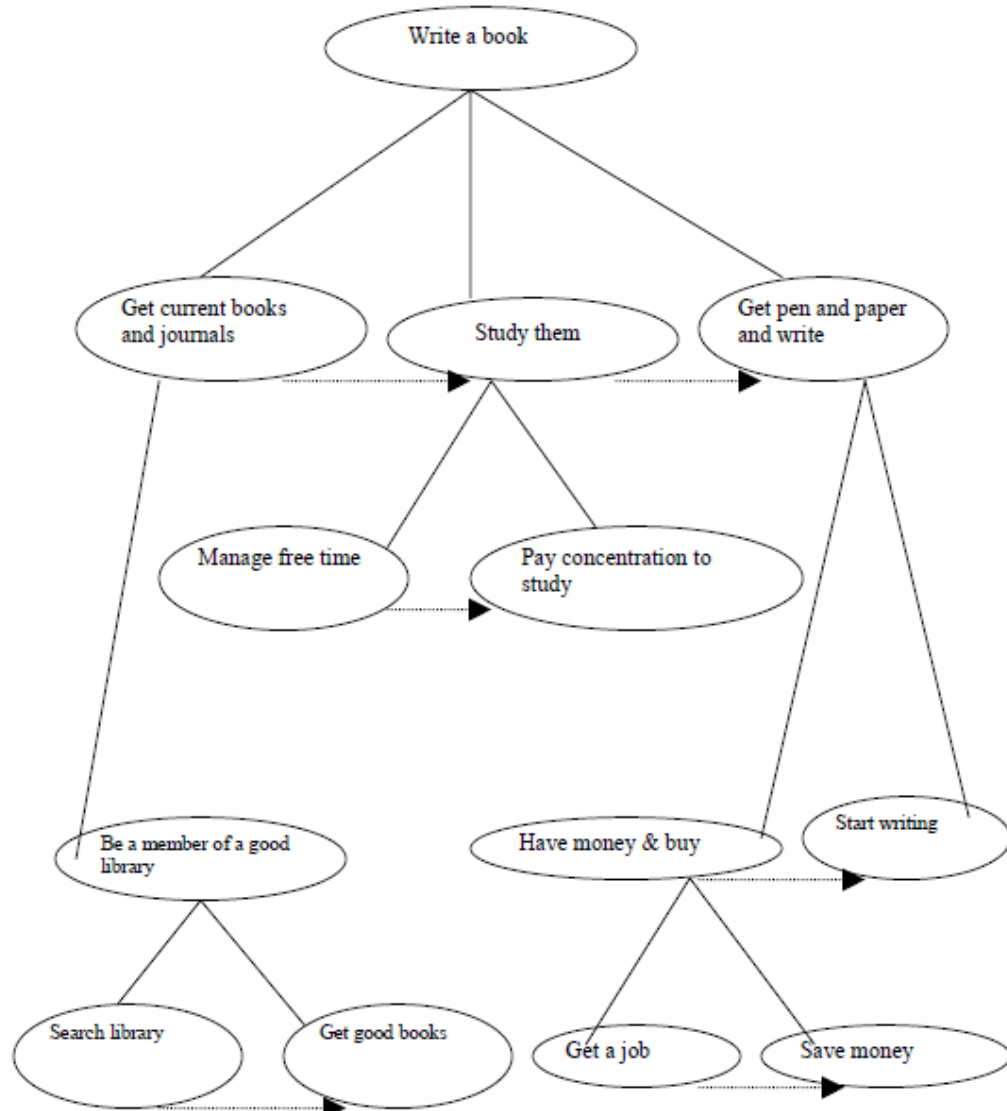


Fig. 15: A hierarchical plan of writing a book.

في شكل 16، نصف مثل هذه الخطة، حيث يشير المستطيل المظلم الصغير إلى خطة بدائية عند مستوى معين والمستطيل الكبير (Y) يشير إلى ترتيب متسلسل للخطط البدائية على مستوى. لنفترض أن كل مستوى نختاره فقط خطة واحدة صالحة من بين عدد محتمل من خطط b، أي أن عامل التفرع هو

ب.علاوة على ذلك ، دع طول المخطط المحدد في كل طبقة يكون s . وبالتالي ، لتنفيذ مثل هذه الخطة ، نحتاج إلى النظر في إجمالي خطط P ، أين

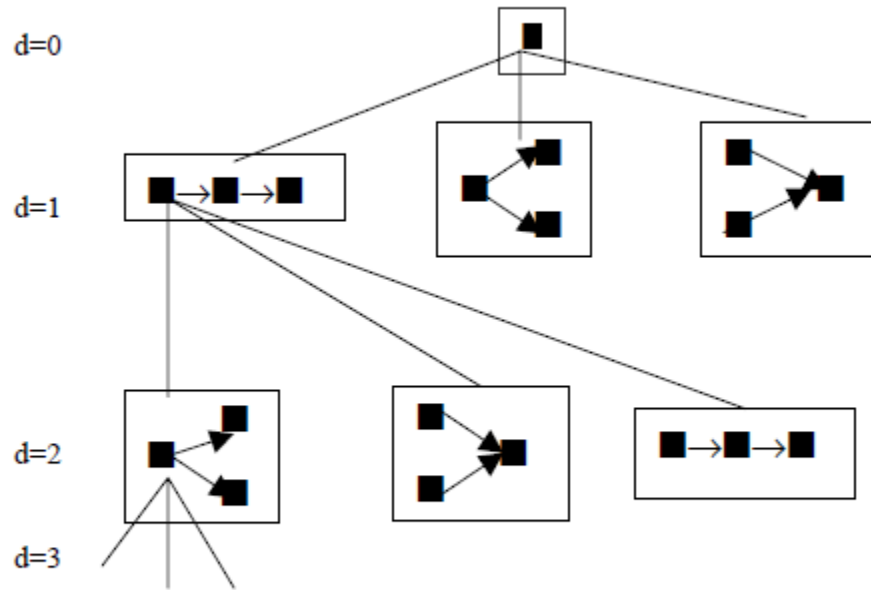


Fig. 16: A hierarchical plan with branching factor $b=3$, primitive steps $s = 3$ in a plan and depth (d) of the tree=3.

من ناحية أخرى ، إذا حاولنا حلها بواسطة مخطط خطي ، فيجب أن تولد أكبر عدد ممكن

$$\text{بكالوريوس} + \text{بكالوريوس} + 2(\text{بكالوريوس}) + 3(\text{بكالوريوس}) + \dots + (\text{بكالوريوس})$$

= يا (بس).

علاوة على الترتيب الخطي لهذه الخطط ، نحتاج إلى قدر كبير من البحث بين هذه الخطط. سيكون إجمالي تعقيد البحث للترتيب الخطي هو $O(2^d)$. من ناحية أخرى ، في خطة هرمية ، في كل مستوى ، نختار 1 من b الخطط. لذلك ، فإن الوقت المطلوب للتخلص من الخطط غير المتسقة هو $O(b)$ والوقت المطلوب للعثور على ترتيب خطي في كل مستوى هو $O(s)$. لذلك ، إذا كانت هناك مستويات d ، فإن وقت ترتيب الخطط هو $O(s \cdot d)$. الآن ، يمكننا مقارنة وقت الترتيب في التسلسل الهرمي

مخطط فيما يتعلق مخطط خطي. يمكن إعطاء عامل تحسين المخطط الهرمي فيما يتعلق بالمخطط الخطي

$$\{ (\text{بيس}) 2 د ب (=) sd (/) sd (- 2 د س 2 د 1 - د) - 1 .$$

تمارين

1. بالنظر إلى الحالة الأولية والهدف التالية لمشكلة عالم الكتل. قم ببناء مجموعة من المشغلين (القواعد) ومن ثم وضع خطة للوصول إلى حالة الهدف من الحالة الأولية.

الحالة الأولية: على (C ، A) ،

مسح (C) ،

على (ب ، الجدول) ،

مسح (ب).

حالة الهدف: في (ب ، أ) ،

في (ج ، ب).

2. تحقيق الخطة المذكورة أعلاه بأقل قدر من الالتزام بالتخطيط.

3. تصميم مخطط هرمي لبناء مبنى منزل. حدد بوضوح خطتين فرعيتين على الأقل ، والتي لا يمكن تحقيقها في المستوى التالي من الشجرة.

المرجعي

أميت كونا ، "الذكاء الاصطناعي والنمذجة السلوكية والمعرفية للدماغ البشري" ، 2000 ، بواسطة CRC Press LLC.