جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ديالى

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم علوم الحاسوب

تصميم برنامج بلغةVisual Studio

لأختبار وحساب خواص المخطط غير الأتجاهي

بحث مقدم الى قسم علوم الحاسوب/كلية التربية للعلوم الصرفة وهو جزء من

متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الحاسوب

أعداد الطالبة

ورود حافظ صالح

بأشراف

م.د. عبدالستار جمعة

1440هـ

2019م

الفصل الاول

مدخل عام

المقدمة

الحمد لله لمن وهبنا العلم نوراً هاديا، والصلاة والسلام على رسول الله أما بعد :

في بحثي هذا نتناول

تصميم برنامج بلغة Visual Studio لاختبار وحساب خواص المخطط غير الاتجاهي

ولن يعد هذا الموضوع جديداً بل نجد أنه تناوله الكثيرين سواء من العلماء المعاصرين أو القدماء، حيث أبدى كل عالم منهم وجهة نظره من منظوره ومنطقه هو ، محاولين الوصول إلى نتائج وتعميمات أقرب للثبات

الهدف من هذا البحث هو أن نقوم بدراسة

تصميم برنامج بلغة Visual Studio لاختبار وحساب خواص المخطط غير الاتجاهي.

وأن نضع أيدينا على كافة نقاط الضعف والخلل، بعدما لجأنا إلى الاستعانة بالعديد من الكتب والمراجع التي تم فيها تناول هذا الموضوع ولابد أن نشير لأمر مهم هو أن هذا البحث هدفه الأول هو الوصول للحقيقة ومعرفة كافة ما يتعلق ب.

تصميم برنامج بلغة Visual Studio لاختبار وحساب خواص المخطط غير الاتجاهي

وقد قمنا في هذا البحث بتقسيمه إلى أكثر من فصول رئيسية حيث تناولنا في الفصل الأول (المقدمة و مشكلة البحث وهدف البحث واهميته) ،بينما في الفصل الثاني فقد تناولنا الحديث فيه عن الجانب النظري... ،وفي الفصل الثالث تناولنا فيه الخوارزميات او الدوال المستخدمة للرسم البياني والفصل الرابع تناولنا الجانب العملي والفصل الخامس احتوى على الاستنتاجات والتوصيات والمصادر

وفي الختام أوجه الشكر و الامتنان إلى الدكتور الفاضل (عبدالستار جمعة) وذلك لما قام بتقديمه من مساعدات وإرشادات أثناء فترة عمل البحث.

مشكلة البحث

تتم دراسة خواص المخطط غير الاتجاهي بلغات غير معروفة ضمن دراستهم مثل Gab System فقد يواجه الطلبة صعوبات في التعامل مع هكذا لغات أما عن الصعوبات التي واجهتنا أثناء هذا البحث فكانت في البداية هي مرحلة التجميع لكافة المشاكل والقضايا التي ترتبط بموضوعنا اليوم، أما الصعوبة الثانية فكانت هي عمل الإحصائية التي لا تعد من الأعمال السهلة، كما واجهنا صعوبة أخرى في تحديد الكثير من الأمور إن كانت صحيحة أم غير صحيحة وذلك نتيجة لتضارب أراء العديد من العلماء حول هذا الأمر مما أدى الى صرف مجهود ووقت طويل.

هدف البحث

تصميم برنامج بلغة Visual Studio

لاختبار وحساب خواص المخطط غير الاتجاهي

أهمية البحث

تكمن اهمية البحث في ايجاد طرق جديدة لحساب واختبار خواص المخطط غير الاتجاهي وبلغات معروفة للطلبة .

وايضا ايجاد طرق لاختصار الوقت والجهد واستخراج نتائج سريعة ومظبوطة

الفصل الثاني

الجانب العملي

من الناحية النظرية يتكون الرسم البياني من القمم والحواف التي تربط القمم.

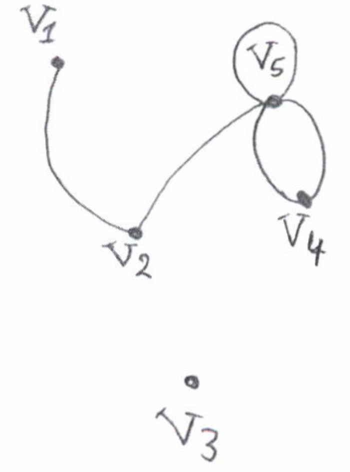
مثال:

رسمياً : الرسم البياني هو زوج من المجموعات(V,E) حيث V هي مجموعة الرؤوس وE هي مجموعة الحواف التي تكونت من ازواج القمم.

E هي عبارة عن **Multi set** بعبارة اخرى يمكن ان يحدث عنصرها اكثر من مرة بحيث يكون لكل عنصر تعدد.

في كثير من الاحيان نقوم بتسمية الرؤوس بالحروف (على سبيل المثال a,b,cاو V1,V2)او الارقام ...1,2,3

مثال: تسمية الرؤوس على النحو التالي:-



لدينا المصطلحات التالية:

- القممU,V نهاية القمم (U,V).

-الحواف التي لها نفس القمم الطرفية متوازية.

- حافة (V,V) هي حلقة.

- الرسم البياني بسيط اذا لم يكن له اي حلقات او حلقات متوازية.

- رسم بياني بدون حواف (Eفارغ) فارغ.

- الرسم البياني بدون رؤوس (اي V,E فارغ) هو رسم بياني فارغ.

- الرسم البياني مع ذروة واحدة فقط وهي تافهة.

- تكون الحواف متجاورة اذا كانت تشترك في قمة نهاية مشتركة.

-هما الرأسان هي U,V متجاوران اذا كانا متصلين بواسطة حافة بكلمات أخرى (U,V) حافة.

- درجة الرأس التي تم كتابتها(V) d عبارة عن عدد من الحواف مع V كقمة نهاية بالتوافق فأننا نحسب حلقة مرتين وتساهم الحواف الموازية بشكل منفصل.

- قمة الرأس هي القمة الرأس التي درجتها 1

- الحواف التي لديها قمة الرأس كنهاية هي حافة القلادة.

- قمة الرأس المنعزلة هي ذروة لها درجة صفر.

مثال:

-V5,V4هي القمم نهاية e 5.

-e 4,e 5 متوازيان.

-e 3 حلقة.

-الرسم البياني ليس بسيطاً.

-e 1,e 2 متجاوران.

-درجة V1 هي 1 تكون قمة الرأس.

-e 1 هي حافة.

- درجة V5 هي 5.

– درجة V4 هي 2.

- درجة V3 هي 0 لذلك هو قمة معزولة.

في المستقبل سنقوم بتسمية الرسوم البيانية بالحروف

مثال $G=(V,E)$ تشير الى ادنى درجة من القمم في الرسم البياني G

بدلالة δG هو الرمز 0 أذا كان هناك قمة معزولة في G بالمثل نكتب $\Delta(G)$

كأقصى درجة من القمم في G.

مثال: $\delta G=0$ and $\Delta(G)=5$

تعليق: في هذه الدورة نعتبر فقط الرسوم البيانية.

أيV,E هما مجموعتان محدودتان لان كل حافة لها رأسان نهائيان نحصل عليهما.

نظرية 1-1

الرسم البياني

G=(V,E) حيث V={V1,...,Vn},E={e1,...,em}

النتيجة $\sum_{i=1}^{n} d(V_i)=2m$

كل رسم بياني له عدد زوجي من القمم من الدرجة الفردية

دليل: اذا القمم V1,...,Vk لها درجات غريبة والقمم Vk+1,...,Vn حتى درجة ثم نظرية1-1

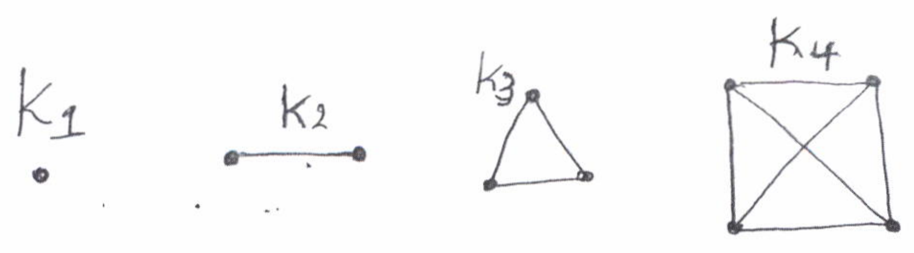
d (V1)+...+d (Vk)=2m-d(Vk+1)....-d (Vn)

مثال:-

[redacted]مجموع الدرجات هو2.5=10=1+2+0+2+5 يوجد رأسان من الدرجة الفردية وهما V_1 ، V_5

يسمى الرسم البياني البسيط الذي يحتوي على كل حافة ممكنة بين جميع الرؤوس رسماً بيانياً كاملاً.

هو رسم بياني كامل مع n القمم وهو كما يشار Kn يتم أعطاء الرسوم البيانية الأربعة الكاملة كأمثلة:



الرسم البياني:

G1=(V1,E1)

وهو مخطط فرعي ل

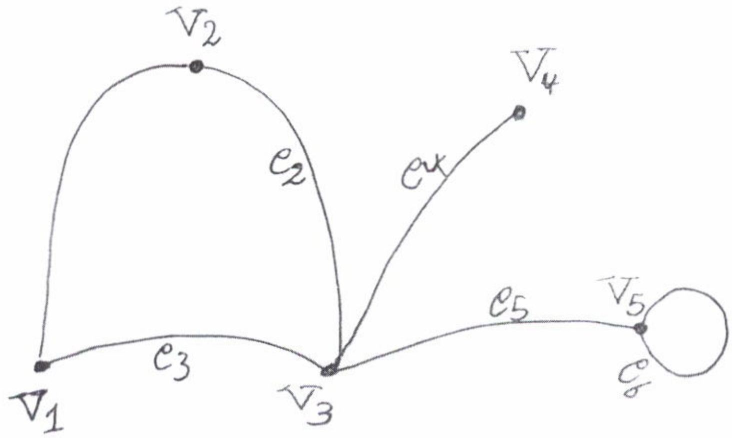
G2=(V2,E2)

1-V1   V2 and

2- G2 كل حافة من G1 هي ايضاً حافة من

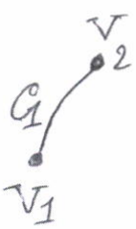
لدينا الرسم البياني التالي

G2:

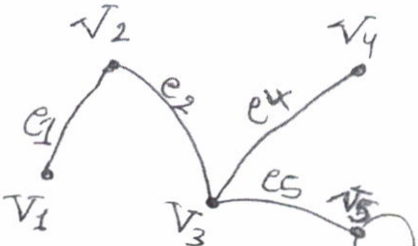


وبعض من ال Subgraph لها

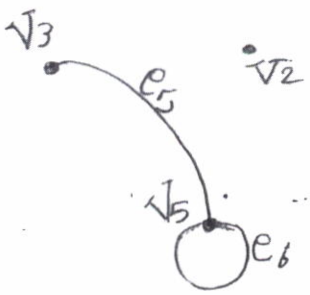
G1:



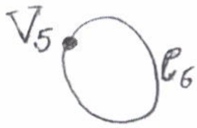
G1:



G1:



And

G1: 

المخطط الفرعي G=(V,E) الناجم عن مجموعة الحافة

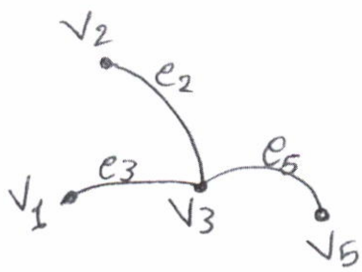
$E1 \subseteq E$

G1=(V1,E1)=def.<E1>

حيث يتكون V1من كل نهاية قمة للحواف في E1

مثال:

من الرسم البياني الاصليG الحواف e2,e3,e5 يحث الرسم البياني الثانوي

<e2,e3,e5>: 

المخطط الفرعي G(V,E) الناجم عن مجموعة قمة الرأس

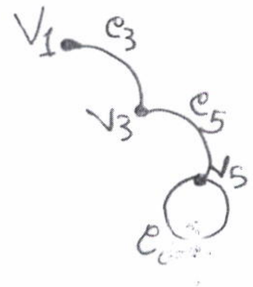
$V1 \subseteq V$

G1=(V1,E1)=def<V1>

حيث يتكون E1من كل حافة بين الرؤوس في V1

مثال:-من الرسم البياني الاصليG القمم V5,V1,V3 للحث على الرسم البياني الثانوي

<V1,V3,V5>



يسمى مخطط فرعي كامل من G زمرة من G.

النتيجة:- هناك العديد من الاختلافات المختلفة للمصطلحات التالية سنلتزم بالتعريفات هنا:

السير في الرسم البياني G=(V,E) هو تسلسل محدد للنموذج .

Vi0,ej1,Vi2,ej2,....,ejk,Vik

والذي يتكون من رؤوس متناوبة وحواف G يبدأ المشي في قمة الرأس.

الرؤوس Vit,Vit-1 هي نهاية القمم ejt (t=1,...,k)

Vi0 هي الرأس الاولي و Vik هي قمة الرأس.

K هو طول المشي.

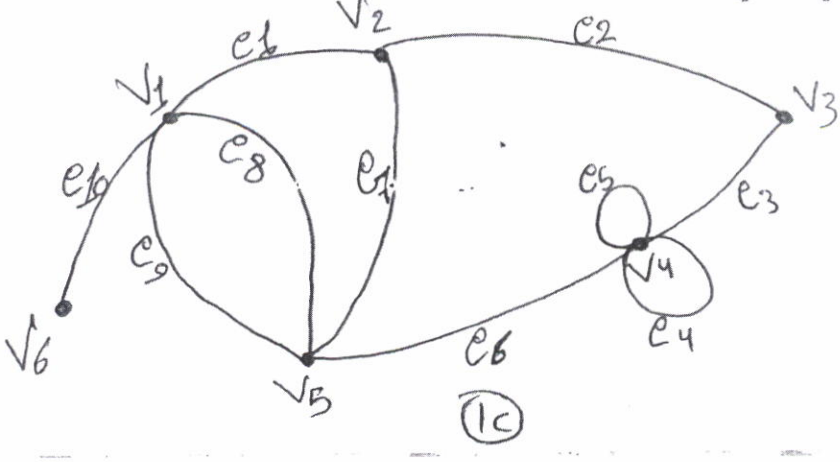
المشي بطول صفري هو مجرد قمة واحدة Vi0.

يسمح لها بزيارة الرأس والذهاب من خلال حافة أكثر من مرة.

المشي مفتوح اذا Vi0=Vik خلاف ذلك يتم أغلاقه.

مثال:في الرسم البياني التالي:

G



V2,e7,V5,e8,V1,e8,V5,e6,V4,e5,V4,e5,V4 المشي مفتوح

من ناحية أخرى

V4,e5,V4,e3,V3,e2,V2,e7,V5,e6,V4 المشي مغلق

السير هو درب اذا أجتاز أي حافة على الاكثر مرة واحدة.~~ثم عدد المرات التي يمكن~~

ثم عدد المرات التي يمكن ان يظهر فيها قمة الرأس U,V كقنوات متتالية في درب

هو على الاكثر عدد الحواف المتوازية التي تربط U,V.

مثال: ألاستمرار في المثال السابق(المشي في الرسم البياني):-

هو درب V1,e8,V5,e9,V1,e1,V2,e7,V5,e6,V4,e5,V4,e4,V4

الدرب: هو مسار اذا تم زيارة أي قمة رأس على الاكثر مرة واحدة بأستثناء القمم الاولية والقديمة عندما تكون هي نفسها.

المسار المغلق: هو دائرة من اجل البساطة سوف نفترض في المستقبل أن الدائرة

ليست فارغة بمعنى ان (1≤طوله).

نحدد المسارات والدوائر مع الخطوط الفرعية الناجمة عن حوافها.

مثال:

V2,e7,V5,e6,V4,e3,V3 هو الطريق والمشي

V2,e7,V5,e6,V4,e3,V3,e2,V2 هي دائرة

المشي يبدأ فيU وينتهي فيV ويطلق عليه اسم المشي U-V ترتبطV,U اذا كان هناك المشي U-Vفي الرسم البياني(ثم هناك ايضاً مسار ! U-V).

اذا تم توصيل V,Uوتم توصيل W,U يتم توصيلW,U أيضاً أي اذا كان هناك مشيU-V ومشيU-W فهناك ايضاً مشي U-W

-يتم ربط رسم بياني اذا كانت جميع القمم متصلة ببعضها البعض.

(يرتبط الرسم البياني من خلال الاتفاقية)

مثال:- الرسم البياني

غير متصل

يمثل المخطط الفرعي G1(ليس رسماً بيضوياً)للرسم البياني Gأحد مكونات G.

1 – G1 متصل.

2-أما G1 هو (قمة معزولة منG) أوG1 ليست تافهة و G1 هو المخطط الفرعي الناجم عن تلك الحواف من G التي لها قمة رأس واحدة في G1.

**مكونات مختلفة من نفس الرسم البياني لا تحتوي على أي قمم مشتركة بسبب النظرية التالية:

نظرية2-1 :-

اذا كان الرسم البياني G يحتوي قمة الرأس V متصلاً بعلامة المكون G1

من G عندئذ U هو ايضاً قمة الرأس لG1.

برهان:-

اذا تم توصيل قمة الرأس V بقمة الرأس’V من G1 فهناك مشي من G

V=Vi0,ej1,Vi1,...,Vik-1,ejk,Vik=V’

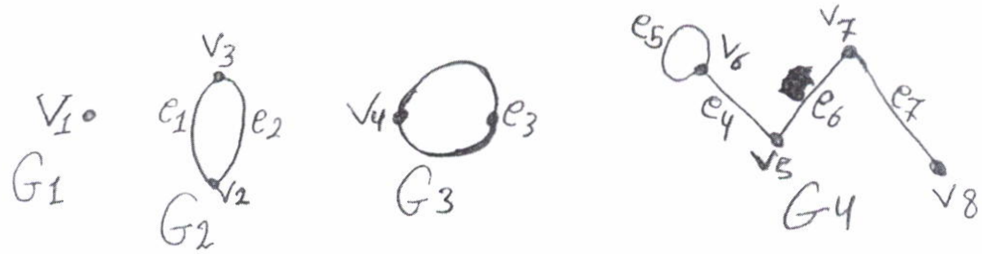
بما ان V عبارة عن قمة الرأس من G1 فأن ejk (شرط #2 أعلاه)

هي حافة G1 و Vik-1 هي رأس من G1.

نستمر في هذه العملية ونرى أن V هو رأس من G1 .

مثال:

G:



مكونات G هي G1,G2,G3,G4.

كل قمة من G تنتمي الى عنصر واحد من G وبالمثل تنتمي كل حافة G الى مكون واحد بالظبط من G.

دليل:نختار قمة رأس Vفي G.

نقوم بما يلي باكبر عدد ممكن من المرات بدءآ من {V}=V1

اذا كانت ’Vهي قمة G مثل V1 ’V∉V متصل ببعض قمة الرأسV1 ثم

V1←V1 U{V’}

نظرآ لوجود عدد محدود من الرؤوس في G تتوقف العملية في النهاية.

يقوم V1 الاخير بتحفيز G1 من G وهو المكون Gيحتوي على V.

يتصل G1 بتوصيل الرؤوس الى V بحيث تكون متصلة ايضا ببعضها البعض حالة

#2 يحمل لانه لايمكننا تكرار(*).

بواسطة النظرية2-1

V لا ينتمي الى أي مكون أخرى.

النظرية 3-1

يقسم الرسم البياني الى مكونات متميزة

الدليل:يعطي خوارزمية للقيام بذلك علينا ان نكرر ما قمنا به في الدليل طالما لدينا رؤوس حرة لاتنتمي الى اي مكون.

كل قمة معزولة تشكل المكون الخاص بها.

الرسم البياني الموصل يحتوي على مكون واحد فقط وهو نفسه

الرسم البيانيG مع nالقمم ومكونات m حواف وK لديه رتبة

$P(G)=n-k$

بطلان الرسم البياني.

$U(G)=m-n+k$

نرى أنه $P(G)+U(G)= m,P(G)\geq 0$ بالاضافة الى ذلك

$U(G)\geq 0$ بسبب نظرية 4-1 $P(G)\leq m$

برهان :سوف نستخدم المبدأ الثاني من الحث (الحث القوي) ل م .

اساس تعريفي :م=0 المكونات تافهة وn=ك.

فرضية الاستقراء: النظرية صحيحة لp< m (ع 1).

بيان الاستقراء: النظرية صحيحة ل p= m.

أثبات الاستقراء: نختار مكون G1 من G الذي يحتوي على حافة واحدة على الاقل.

تسمية تلك الحافة الالكترونية والقمم نهاية U و V ايضا تسمية G2 ورسم بياني ثانوي من G و G1 تم الحصول عليها عن طريق ازالة الحافة e من G1 (ولكن ليس القمم U و V) نحن تسمية G′ كما الرسم البياني الذي تم الحصول عليه عن طريق ازالة حافة e من G(ولكن ليس القمم U و V)والسماح K′ يكون عدد مكونات G لدينا حالتين:

1 - G2 متصل K′=K نستخدم فرضية الحث على G′

$n-k=n-k=P(G')\leqslant m-1<m$

2- G2غير متصل ثم هناك مسار واحد فقط بين U و V وليس هناك مسار اخر و بالتالي هناك مكونات في G2 و K′=K+1نستخدم فرضية الاستقراء على G′:

$P(G')=n-k'=n-k-1\leqslant m-1$

وبالتالي $n-k\leqslant m$

هذا النوع من النتائج الاندماجية لها العديد من النتائج فمثلا:

نظرية5-1.اذا كان G رسما بيانيا متصلا وكان$K\geq 2$ هو الحد الاقصى لطول المسير فسيكون أيا من اثنين تشترك المسارات في Gمع الطولK في قمة رأس واحدة على الاقل.

برهان : نحن نعتبر فقط الحالة التي تكون فيها المسارات غير دارات (يمكن اثبات الحالات الاخرى فيها بطريقة مماثلة),خذ في الاعتبار مسارين منGبطولK.

Vi0,ej1,Vi1,ej2,...ejk,Vik(path P1)

And

V′i0,e′j2,V′i1,e′j2,..., e′jk, V′ik (path P2)

دعونا ننظر في فرضية العداد لاتشترك المسارات P1 و P2في قمة الراس المشتركة

بما ان Gمتصل يوجد Vi0-Vi

ثم نجد قمة الراس الاخيرة في هذا الطريق وهو ايضا في P1 (على الاقل Vi0

في P1) ونسمي ذلك قمة الرأس V نجد اول قيمة من Vit-Vi’k

والمسارk الذي يوجد في P2(على الاقل V’ik على P2)والمسارVit-Vi’s

Vit,ej”1,...ej”e,Vi’s.

الوضع كما يلي Vi0,ej1,Vi1,...,Vit,ejt+1,...,ejk,Uik

ej”1

eje”

Vi’0,ej’1,Vi’1,...,Vi’s,ej’s+1,...ej’k,Vi’k

من هنا نحصل على مسارين مسارVi0-Vi’k ومسار Vi’0-Vik

الحالتين:

1- t≥s :الان طول المسار$\Rightarrow \geq k+1$Vi0-Vi’k

2- t<s : الان طول المسار$\geq k+1$Vi’0-Vik

الرسم البياني :هو بدون دائرة اذا لم يكن به اي دائرة فيه.

نظرية 6-1

الرسم البياني هو بدون دائرة بالظبط عندما لاتكون هناك حلقات وهناك واحد على الاكثر المسار بين أي أثنين من القمم المعنية.

برهان: اولا:لنفترض ان G غير دائرة ثم لاتوجد حلقات في G.

دعونا نفترض فرضية مضادة :هناك مساران مختلفان بين القمم المتميزة V,U في G.

مسار P_1 $U=V_{i0},e_{j1},V_{i1},e_{j2},\dots,e_{jk},V_{ik}=V$

And

مسار P_2 $U=V_{i'0},e_{j'1},V_{i'1},e_{j'2},\dots,e_{j'e},V_{i'e}=V$

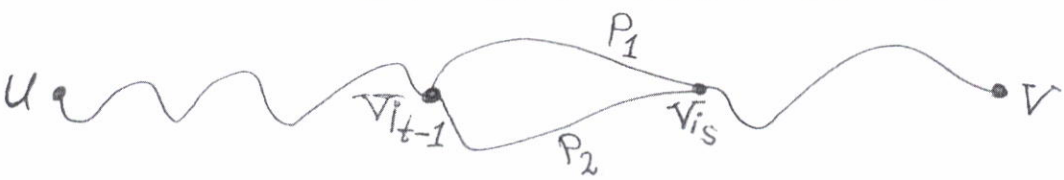
(لدينا هنا $i0=i'0$ و $ik=i'e$) حيث $k\geq e$

نختار المؤشر الاصغر t ذلك $V_{it}\neq V_{i't}$

هناك مثل t لانه خلاف ذلك من الان فصاعدا فأن الرمز يعني التناقض اذا حصل تناقض من خلال الشروع في الافتراضات يجب ان تكون الفرضية خاطئة.

1- $k>e$ و $V_{ik}=V=V_{i'e}=V_{ie}$

2- $k=e$ و $V_{i0}=V_{i'0},\dots,V_{ie}=V_{i'e}$ ثم سيكون هناك حواف متوازية بين اثنين من القمم المتتالية في المسار وهذا يعني وجود دائرة بين القمم في G.



نختار اصغر مؤشر S حيث $S\geq t$ و V_{is} في المسار P_2(على الاقل V_{ik} في P_2)نختار فهرس r مثل $r\geq t$ و $V_{i'r}=V_{is}$(موجود لان P_1 هو مسار)ثم

هي دائرة $V_{it-1},e_{jt},\dots,e_{js},V_{is},(=V_{i'r}),e_{j'r},\dots,e_{j't},V_{i't-1},(=V_{it-1})$

(تحقق من الحالة $t=s=r$)

دعونا نثبت التأثير الضمني اذا لم يكن للجرعة البيانية اي حلقات ولم يكن هناك أي قمتان مميزتان لهما مساران مختلفان بينهما فليس هناك دائرة.

مثال: اذا

$V_{i0}, e_{j1}, V_{i1}, e_{j2}, \ldots, e_{jk}, V_{ik}=V_{i0}$ هي دائرة

ثم اما $k=1$ وe_{j1} هي حلقة او $k>2$ وترتبط القمتين V_{i0} وV_{i1} بمسارين متميزين.

و V_{i0}, e_{j1}, V_{i1} and $V_{i1}, e_{j2}, \ldots, e_{jk}, V_{ik}=V_{i0}$

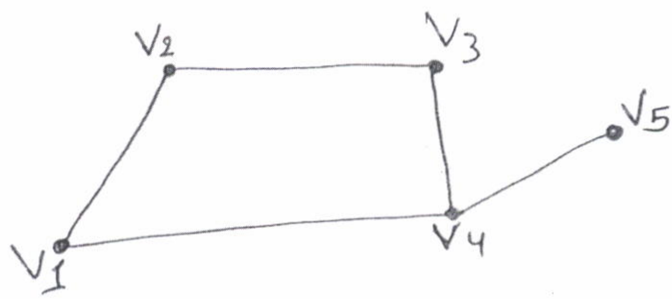
عمليات المخطط

تكملة الرسم البياني البسيط $G=(V,E)$ هو الرسم البياني البسيط $\overline{G}=(V,\overline{E})$.

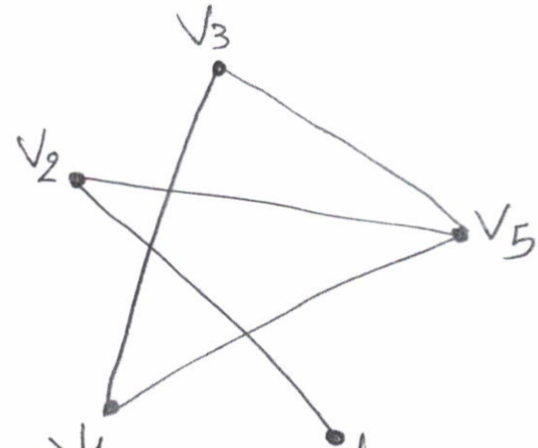
حيث تكون الحواف في $\overline{E}$ هي الحواف غير الموجودة بالظبط في G.

مثال:

G:



$\overline{G}$:



مثال:تكملة الرسم البياني الكامل kn هو الرسم البياني الفارغ مع رووس n.

بوضوح:$\overline{\overline{G}}=G$ اذا كانت الرسوم البيانية (G=(V,E و (G’=(V’,E’ بسيطة و

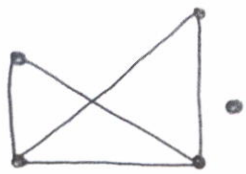
$V' \subseteq V$ثم الفرق في الرسم البياني .

(G-G’=(V,E’’حيث ’’E تحتوي على هذه الحواف من G غير الموجودة في’G.

(الرسم البياني البسيط)

مثال:

G:



$\overline{G}$:

G-G̀:

هنا بعض العمليات الثنائية البسيطة بين اثنين من الرسوم البيانية البسيطة:

$G1=(V1,E1)$ and $G2=(V2,E2)$

الاتحاد هو $G1\cup G2=(V1\cup V2,E1\cup E2)$ (الرسم البياني البسيط)

التقاطع هو $G1\cap G2=(V1\cap V2,E1\cap E2)$ (الرسم البياني البسيط)

مجموع الحلقة $G1\oplus G2$ هو مخطط فرعي ل $G1\cup G2$ الناجم عن مجموعة الحافة

$E1\oplus E2$ (الرسم البياني البسيط)

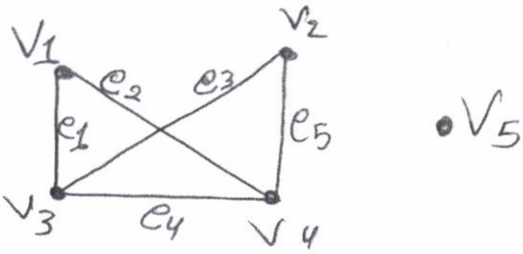
ملاحظة: العملية المحددة $\oplus$ هو الفرق بين المتناظر اي:-

$E1\oplus E2=(E1-E2)\cup(E2-E1)$

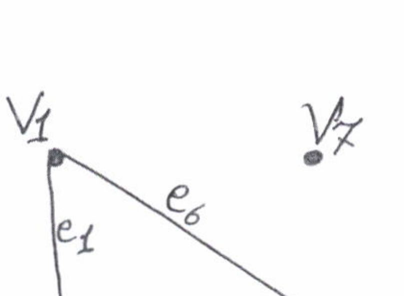
حيث ان مجموع الرنين هو مخطط فرعي مستحث بواسطة مجموعة حافة لاتوجد القمم المعزولة جميع العمليات الثلاث هي تبادلية وتعاونية .

مثال: للرسم البياني

G1:



G2:



الفصل الثالث

الخوارزميات أو الدوال

3-1:

Is Simple Graph Function:

Is Simple Graph(V,E)

1-if V is empty list

2- then return error message

3- if V or E are not lists

4- then return error message

5- if Γ has loops

6- then return error message

7- if $E \not\subset V \times V$

8- then return error message

9- $M \leftarrow$ size(E)

10- for i in {1,....,M}

11- do if E has multiple edges

12- then return error message

13- return true

3-2:

Delete Vertices From Graph Function:

Delete Vertices(St,V,E)

1-sV$\leftarrow$ size(V)

2- M$\leftarrow$ size(E)

3- for v in V(Γ)

4- do for e in E(Γ)

5- do if e is not adjacent to u$\in$ St(v)

6- then Add e to H1

7- ADD vertices incident to edges in H1 to H2

8- Append H1 to NE and H2 to NV

9- return(NV,NE,s nv ,sNE)

3-3:

Connected Components Of Graph Function:

Connected Components Of Graph(G1,G2)

1-M$\leftarrow$Length(G2) $\triangleright$G2 is edge list of a simple graph B

2- for i in {1,....M}

3- do D$\leftarrow$ compute vertex list of non-isolated components(B)

4- sD$\leftarrow$ size(D)

5-for i in {1,......M}

6- do W$\leftarrow$compute Adjacency Matrix(B)

7- for i in {1,...sD}

8-do if color [s]=0 ▷color is a list of size sD with entries the ▷numbers of non-isolated components

9- then count←count+1

▷Count is a specific number representing

▷The vertices of each component

10- color [i]←count

11- N on Isolated comps← DFS visit(i , W , sD, count , color)

12-for k in {1,....,count}

13- do for i in {1,..., sD}

14- do add non-isolated component with its inverse to new list P

15- Append P to the list Non Isolated comps

16- F←difference(G1,D)▷F is vertices of isolated components

17- sF←size(F)

18- for i in {1,...., sF}

19- do I solated comps←compute I solated components(B)

20- All comps←compute all components(B)

21- return[All comps, sAll comps,NonIsolated comps,D,Isolated comps, F]

3-4:

DFS Visit Function:

DFS Visit(i ,W, sD ,count, color)

1-for s in {1,...., sD }

2- do if color [s]=0 and W[i][s]=1

3- then color[s]=count

4- DFS visit (s,W, sD ,count ,color)

5- End

3-5:

Star Link Of Vertex Function:

Star Link Of Vertex(V,E)

1-sV $\leftarrow$ size(V)

2-M $\leftarrow$ size(E)

3-St $\leftarrow$ Null Mat(sV,1,0)

4-for v in V(Γ)

5- do ADD v to St[v]

6- for e in E( )

7- do if e is adjacent v

8-then ADD "end point" of e to St[v]

9- for v in V(Γ)

10- do Y2 $\leftarrow$ set(St[v])

11- Y3 $\leftarrow$ Remove Set(Y2,v)

12- Add Y3 to new list Lk

13- return[St ,Lk)

3-6:

Combinations Of Connected Components Function:

Combinations Of Connected Components (comps)

1-C1←Combinations (comps)

2- sC1 ← size(C1)

3- for q in {1,...., sC1}

4- do L2←concatenation(C1[q])

5- U2←SSORTED LIST(L2

6- ADD L2 to new list Y2 and U2 to new list Y3