مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(5) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (5) 2022

تحليل شبكات الاتصال الراديوي بمؤشرات السرية والثباتية

م لبنى الدنيا*

(تاريخ الإيداع 3/23 /2022 . قُبِل للنشر في 2022/6/20)

□ ملخّص□

في هذا البحث تم دراسة تحليل وتركيب شبكات الاتصال الراديوي بمؤشرات السرية والثباتية حيث يتضمن مؤشر الثباتية الحماية من التشويش و الحيوية بحيث يتم فك الارتباط بين الشبكة كبنية ووظيفة و بالتالي إلغاء القرائن الدالة المنظومية للشبكات وهذا ما يصعّب عملية التعرف على الشبكة و أهمية مستخدميها و يعطي الشبكة نوعا من المرونة بالمؤشرات السابقة وخاصة بعد استخدام الوسائط المناسبة التي تسمح بتحقيق النتائج التي تم الحصول عليها. من هذه الوسائط أجهزة الإرسال بالحزم باستخدام برمجيات خاصة و أجهزة الإرسال التي تعمل بتقنية نشر الطيف باستخدام تقنية القفز الترددي وفق سلسلة شبه عشوائية.

في البحث تم تحليل الخوارزميات المستخدمة في تصميم الشبكات و إظهار سلبياتها و إيجابياتها مما يسمح بشكل علمي دقيق محقق بالتجارب باعطاء نتائج ذات وثوقية عالية.

الكلمات المفتاحية: قرائن دالة– قفز ترددي– مؤشر الثباتية – خوارزمية التعارف

* قائم بالاعمال في كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات – جامعة طرطوس – سوريا

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(5) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (5) 2022

Study of radio communication networks with indicators of confidentiality and stability

M Lubna Al-Dunya*

(Received 23/3/ 2022 . Accepted 20/6/ 2022)

□ ABSTRACT □

In the following research, the analysis and installation of radio communication networks was studied with indicators of confidentiality and stability includd protection from interference and vitality so that the connection between the network as structure and function is disengaged and thus canceling the evidence of the systemic function of networks, and this makes it difficult to identify the network and the importance of its users and gives the network a kind of Flexibility with the previous indicators, especially after using the appropriate media that allows achieving the results obtained, and these media are packet transmitters using special software and transmitters that work with the spectrum propagation technique use frequency hopping according to a semi-random series .

In the research, the algorithms used in network design were analyzed and their negatives and positives were revealed, which allows in an accurate scientific manner, verified by experiments, to give results with high reliability.

Keywords: function clues, frequency hopping, stability index, dating algorithm

1.مقدمة:

إن مؤشرات الثباتية و الحماية من الاستطلاع لمنظومات الاتصال الراديوي من حيث المبدأ تعتبر متعاكسة، أي أن زيادة أحد المؤشرات يؤدي إلى إضعاف قيمة المؤشر الآخر و العكس صحيح، وبالتالي تركيب أو تصميم شبكات الاتصال الراديوي يتم بأحد المؤشرات بينما يتم وضع تحديدات أو شروط أولية محددة على المؤشر الآخر.

هذا الأسلوب صحيح عندما يتم كشف عناصر محدده ضمن الشبكة، و في حال كان المقصود إظهار الشبكة بالكامل، فالطريقة المستخدمة لإخفائها هو توحيد إشارات الاتصال الراديوي، عند ذلك يوجد طرق آخرى لحل هذه المسألة بشكل يمكننا من رفع كلا المؤشرين سواء مؤشر السرية اي الحماية من الاستطلاع او مؤشر الثباتية الحماية من التشويش.

2.طريقة البحث:

تم في هذا البحث استخدام نظرية التحليل المنظومي، وكذلك نظرية الإحصاء(طريقة مونتي كارلو) ونظرية المخططات، و كذلك نظرية الاحتمالات. تم في هذا البحث استخدام اللغة البرمجية DELPHI .

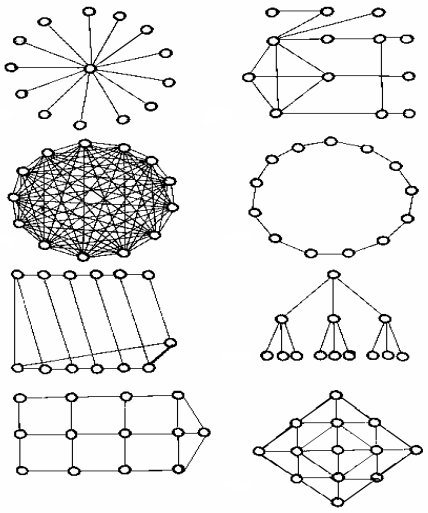
3. هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى إعداد خوارزمية تصميم شبكات الاتصال بمؤشري السرية(الحماية من التعارف) و الثباتية وتقدير الربح بهذه المؤشرات عند الانتقال من استخدام الشبكات التقليدية إلى شبكات مصممة بعدد من العناصر n والأضلاع m (تم تمثيل الشبكة وفق نظرية المخططات الشبكية على أن العقد أو مراكز الاتصال أو المحطات كرؤوس –عناصر المخطط و قنوات الاتصال بين العناصر عبارة عن أضلاع بين رؤوس المخطط).

4. حساب مؤشر الحماية من التعارف للشبكات التقليدية و الشبكات المصممة بخوارزمية(S-H Sfami-Harary):

عند التعارف على عناصر شبكات الاتصال و تحديد قرائنها الدالة يتم استخدم خوارزمية تحدد بشكل احتمالي أهمية العناصر ووظيفتها و الخطوط والتي تمثل قنوات الاتصال و خصائصها. العمليات الأساسية المستخدمة في التعارف على شبكات الاتصال في هذه الخوارزمية هي التشابه العام اي هل الشبكة تنطبق على شبكة معيارية او تقليدية وبالتالي يمكن تصنيفها على هذه الاساس والتأثير عليها، او الحصول على التشابه الضمني لهيكلية الشبكة اي أن هذه الشبكة جزء من شبكة معيارية او تقليدية [3]،[4] .

المخططات المعيارية للشبكات المستخدمة هي المخططات التقليدية كالشبكة الالماظية، الدائرية، النجمية، ذات الاتصال n والموضحة على الشكل(1).



الشكل(1)الشبكات التقليدية المستخدمة في الاتصالات اللاسلكية.

نحصل على المخططات التي ستخضع للدراسة باستخدام الربح الإحصائي للاحتمالات المتراكمة خلال عملية كشف العناصر و الأضلاع (قنوات الاتصال) لهذه المخططات و المحددة بالعلاقة الرياضية:

$$P_i(t) = 1 - \exp\left(-\sum_{j=1}^{r_i} \int_0^t \lambda_{ij}(x)\, p_{ij}(x)\, dx\right) \qquad (1)$$

حيث r_i – عدد المرسلات العاملة على العنصر i.

$\lambda_{ij}(x)$ – كثافة الإرسال من العنصر i إلى العنصر j خلال إرسال برقية واحدة.

$P_{ij}(x)$ – احتمال كشف الإشعاع الراديوي خلال إرسال برقية واحدة من العنصر i إلى العنصر j.

$P_i(t)$ – احتمال كشف الإرسال خلال الزمن تتعلق بالمكان، المجال الترددي والمسافة

يوجد فرضية تثبت أن الشبكات الأكثر سرية هي الشبكات التي توصف بالتوزيع المتساوي لقوة (درجة) العناصر، حيث أنه بهذه الطريقة يتم إزالة العلاقة بين الشبكة كبنية والوظيفة الأساسية لهذه الشبكة. فيزيائياً هذا يتضح بصعوبة إظهار دور وأهمية العناصر الداخلة في تصميم الشبكة، ورياضياً هذا يؤدي إلى زيادة مجموعة التراكيب لعدد العمليات اللازمة باستخدام خوارزمية التعارف على التشابه لهذه الشبكات، وبالتالي يؤدي إلى زيادة الوقت اللازم للتعارف على الوظيفة التي تقوم بحلها أو تؤديها العناصر الداخلة في الشبكة و وظيفة الشبكة بشكل عام، إن الفرضية الواردة أعلاه تم استخدامها في خوارزمية تصميم الشبكات السرية بشكل أساسي. شرح هذه الخوارزمية و برنامج التعارف على التشابه للشبكات التقليدية في الاتصالات يوجد في [1]. التشابه في الخوارزمية تم حسابه من خلال القيم العالية لاحتمالات التعارف على العناصر. من أجل الحصول على القيمة العظمى لاحتمال التعارف على الشبكات النظيفة أي الشبكات بدون وجود احتمالات التعارف على العناصر، تم تصميم خوارزمية التعارف على التشابه، التشابه الضمني وإيجاد القسم المتشابه لشبكتين [6].

تم اختيار مؤشرات الفعالية(الحماية من التعارف) أثناء التقييم للشبكات كالتالي: **احتمال التعارف على الشبكة بزمن ما $P_{i/k}(t)$ حيث k نموذج ما للشبكة ، i أحد النماذج الممكنة لذات الشبكة.**

عندما يكون **i =k** فهذا يدل على مؤشر السرية اي كشف الشبكة كبنية ووظيفة و عندما يكون **i ≠ k** فهذا يدل على فعالية إجراءات التمويه التقني و عدم كشف وظيفة وبنية الشبكة أو مكوناتها أي أن الشبكة **i** تم كشفها على أنها شبكة مغايرة.

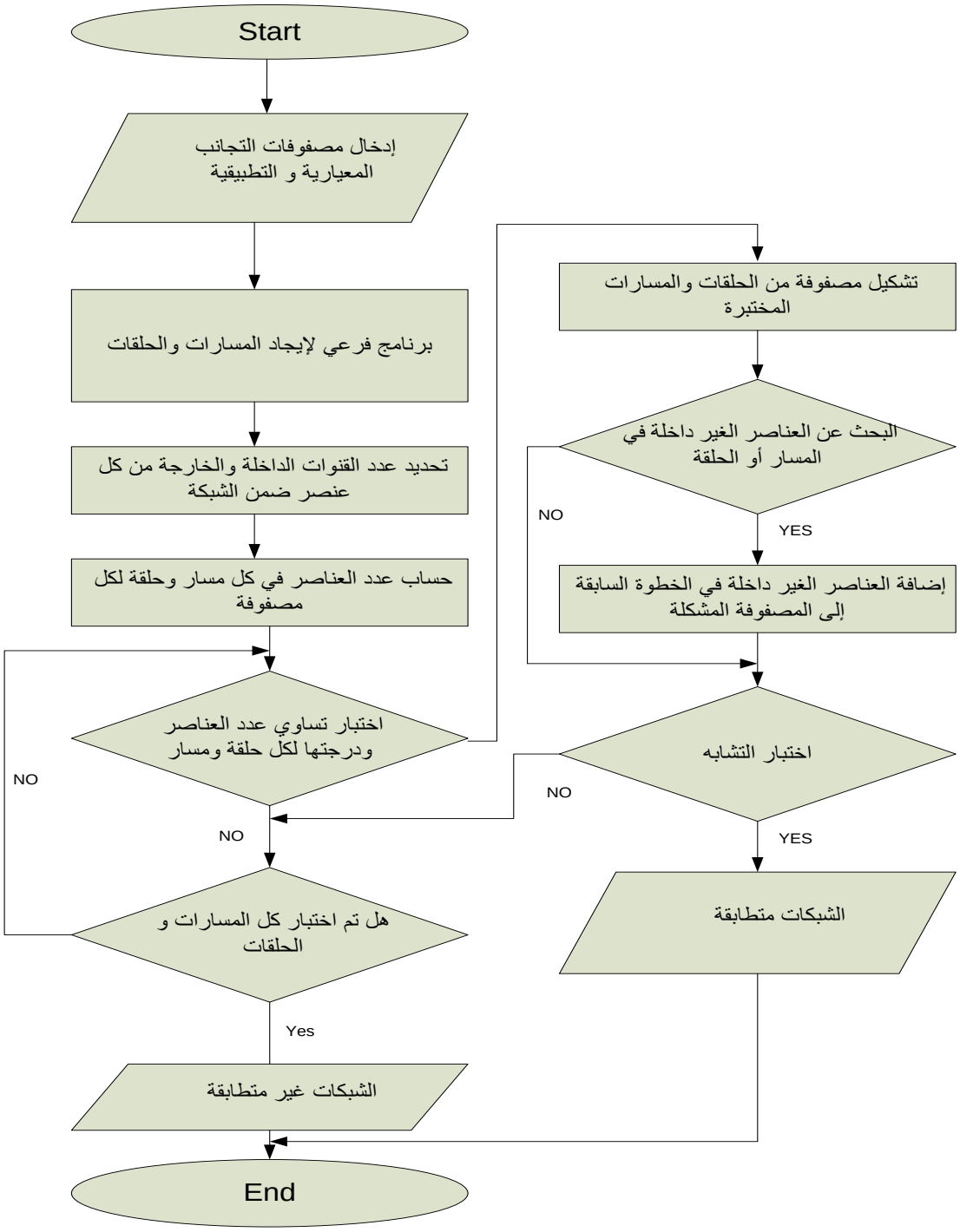
الشبكات التي تم دراستها وتحليلها هي الشبكة النجمية والشبكية وخلية النحل وكذلك الالماظية[7] و التي تعد من أكثر الشبكات استخداماً، أما الشبكات ذات الاتصال K فقد تم اختيار **K=3**، **K=4** و عدد متساوي من العناصر الداخلة في الشبكة. حيث **K** عدد قنوات الاتصال الخاصة بعنصر ما من عناصر الشبكة.

5. خوارزمية حساب مؤشر الحماية من التعارف للشبكات التقليدية و المصممة بخوارزمية S-H

تعتمد هذه الخوارزمية على توليد تركيبات محددة للشبكة و اختبار هذه التركيبات من خلال مصفوفة التجانب بمؤشرات التشابه أو التشابه الضمني الواردة أعلاه. عملية توليد التركيبات يمكن أن يتم بعدة طرق منها: طريقة البحث في العمق التي تسمح باختبار جميع العناصر الداخلة في الشبكة وطريقة البحث العشوائي حيث يتم الحث عن تطابقات ضمن الشبكة المدروسة مع شبكات معيارية ويتم البدء بالبحث عن تطابق المسارات وفق تابع عشوائي ويوجد طرق أخرى تستفيد من خصوصية بنية كل شبكة بحد ذاتها. الخوارزمية التالية تستخدم طريقة البحث في العمق من خلال المسارات والحلقات في الشبكة و يعتمد على النظرية التي تقول أن الحلقات في شبكة ما تتطابق مع الحلقات في شبكة أخرى تطابقها بالبنية ,[8],[6],[11].

تفرض هذه الطريقة استخدام المعلومات عن تطابق عدد القنوات الداخلة والخارجة من العناصر المشكلة للشبكة و تسلسل العناصر ضمن حلقة أو مسار ضمن هيكلية الشبكة وفي حال غياب حلقات Homilton ضمن الشبكة فإن عدد الاختبارات اللازمة لحساب مؤشر التعارف بمساعدة العلاقة (1) يتضاعف. يسمى مخطط الشبكة هاميلتوني اذا كان هناك مسار في مخطط هذه الشبكة يضم كافة العقد و كل مخطط شبكة به اكثر من رأسين يعتبر مخطط شبكة هاميلتوني. إن المعطيات الأولية اللازمة لعمل الخوارزمية هي مصفوفة التجانب المعيارية لشبكة ما و المصفوفة التطبيقية التي تم الحصول عليها لشبكة يراد معرفة لأي شبكة تنتمي.

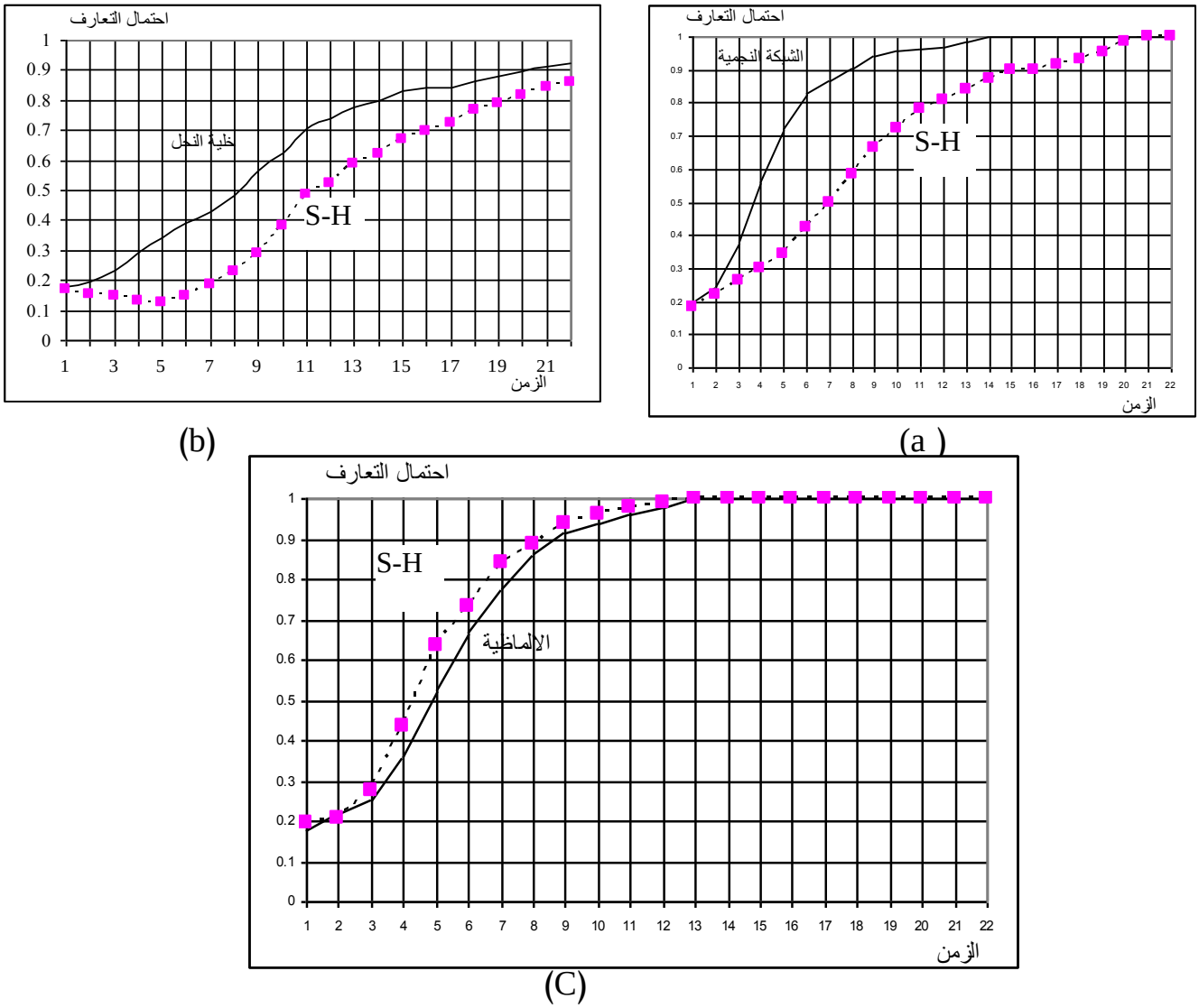
المخطط النهجي للخوارزمية موضح بالشكل (2):



الشكل(2) خوارزمية تحديد التشابه(التطابق) في الشبكات

6. نتائج حساب مؤشر الحماية من التعارف للشبكات التقليدية والشبكات المصممة بخوارزمية S-H

تم عمل خوارزمية التعارف وفق المخطط التدفقي في الشكل(2) . نتيجة عمل الخوارزمية تم الحصول على النتائج الرقمية التي سمحت برسم الخطوط البيانية التي أعطت تصوراً عن مؤشر التعارف على الشبكات الشكل (3).



الشكل–3– المخططات البيانية لاحتمال التعارف خلال الزمن للشبكات التقليدية(خلية النحل –النجمية) و الشبكات الموافقة لها المصممة بخوارزمية S-H.

(a)احتمال التعارف على الشبكة النجمية و الشبكة الموافقة لها المصممة بخوارزمية S-H

(b)احتمال التعارف على شبكة خلية النحل و الشبكة الموافقة لها المصممة بخوارزمية S-H

(c)احتمال التعارف على الشبكة الالماظية و الشكبة الموافقة لها المصممة بخوارزمية S-H

تحليل المخططات البيانية يظهر مايلي:

1. إن الشبكة النجمية تملك مؤشرات منظومية واضحة في هيكليتها و لذلك فإن الخط البياني لاحتمال التعارف يأخذ قيمة تصاعدية مباشرة وخلال فترة قصيرة من الزمن الشكل (3-a)
2. إن التعارف على شبكة خلية النحل يتطلب زمناً أكبر لاتخاذ قرار واضح على قيمة احتمالية موثوقة الشكل(3-b) نظراً لأن شبكة خلية النحل أكثر تجانساً من نظريتها النجمية.
3. إن التعارف على الشبكات المصممة بخوارزمية S-H تعطي ربحاً في قيمة احتمال التعارف قد تصل إلى 30%.
4. إن الشبكات التي تم الحصول عليها بخوارزمية S-H أكثر سرية وتساعد في التخلص من القرائن الدالة المنظومية.
5. إن المخططات البيانية ذات صفة أسية وفقاً للعلاقة (1).
6. إن احتمال التعارف على الشبكات التي تملك تجانس أعظمي مثل الالماظية أي ذات توزيع متساوي قريب من احتمال التعارف على نظيرتها المصممة بخوارزمية S-H و هذه نتيجة ايجابية ومنطقية كما هو في الشكل (3-C)

7.تصميم الشبكات بمؤشر الثباتية

من المعروف أن الشبكات الأكثر ثباتية هي الشبكات التي تحتوي أكبر عدد من الشجيرات المستقلة و بنفس الوقت ذات توزيع متساوي لقوة العناصر [2]. لحل مسألة تصميم الشبكات الأكثر حماية اي الشبكات ذات مؤشر السرية المرتفع و ذات مؤشر الحيوية المرتفع لا بد من تصميم هذه الشبكات على أساس الشبكات ذات الاتصال k .

العمليات الأكثر استخداما في تركيب الشبكات ذات السرية النسبية والثباتية العالية اللازمة لتصميم شبكات ذات k اتصال هي العمليات الواردة في خوارزمية **(S-H)** وذلك بعد تحديد **n** و**m**، $H_{k,n}$ كذلك خوارزمية **Kolysnikova**، [2،3، 4] التي تعتمد على تحقيق العدد ألأعظمي من الشجيرات المستقلة ضمن الشبكة بوجود تساوي أعظمي في درجة الرؤوس.

خوارزمية **Kolysnikova** تعمل بأية تركيبة لـ m، n عند تصميم شبكة مثالية، [4] و يتم ذلك بطريقة اختيار مجموعة تراكيب لتتابعات مختلفة من الشبكات الفرعية بشكل شجيرات مستقلة أو أجزاء شجيرات، وخلال ذلك كل تتابع يشكل شجرة فرعية ضمن الشبكة وكل تتابع جديد يبدأ من عنصر أخر وذلك من أجل الحصول على توزع متساوي أعظمي لدرجة الرؤوس بحيث عدد القنوات الداخلة والخارجة من الرأس موزع بشكل متساوي تقريبا. في كل مرة يجب تغيير تسلسل الرؤوس التي تم البدء منها لبناء شجرة فرعية.

عناصر مصفوفة التجاور، والتي تعكس هذه التتابعات الشبكية ، يتم توضعها بشكل مواز للقطر الأساسي في المصفوفة ، وهذه العناصر تتألف من واحد أو اثنين من الخطوط الموازية للقطر في المصفوفة وتحتوي على **n-1** أو اقل من العناصر.

من الأهمية تحديد العنصر الجديد للانتقال إلى الخط الموازي التالي في الخوارزمية وهذا ليس في كل مسألة يمكن تشكليه أو تحديده بشكل دقيق لكن يتضح بشكل واضح من خلال النظر ضمن المصفوفة أي ليس باستطاعتنا بشكل رياضي تحديد القطر الموازي ولكن بديهيا يمكن تحديده.

خوارزمية **S-H** تعمل عندما يكون عدد القنوات بدقة يساوي $m = \frac{kn}{2}$ ولا تعطي نتيجة للحل بما يتعلق بالقنوات المتبقية **وهذه السلبية يمكن تداركها**. بالإضافة إلى ذلك خوارزمية **S-H** لا تحتوي على دقة كافية تسمح بتطبيقها وبالتالي هذا **ما استدعى ضرورة تحديث هذه الخوارزمية [8].**

1.7 الخوارزمية المقترحه لتصميم الشبكات:

ان جوهر الخوارزمية المقترحه هو ان نحصل على مخطط للشبكة بوضع قناة اتصال بين عنصرين **i** و**j** وفق القواعد التالية :

1- الحالة الأولى: **k** -عدد زوجي و **n** - عدد زوجي

i =1…n : j = i + (1..r)

2-الحالة الثانية: **k = 2r + 1** : **n** - عدد زوجي

i = 1…n : j = i + (1 +…r)

i =1…n/2 : j = I + n/2(mod n)

3- الحالة الثالثة: **n** - عدد فردي ، **k = 2r + 1**

i = 1…(n-1)/2 : j = i + (n + 1)/2 (mod n)

i = 1…n : j = i + (1…r)

حيث r-عدد مرات الارسال من كل راس في المخطط و الذي يمثل عقدة

عندما يكون **m = kn/2** فان خوارزمية S-H و خوارزمية **Kolysnikova** تعطيان نتائج متطابقة وبالتالي في هذه الحالة فإنه لتصميم الشبكة يتم استخدام خوارزمية **S-H** المحدثه وللقنوات المتبقية يمكن استخدام خوارزمية **Kolysnikova**.

2.7 تقدير مؤشر الثباتية للشبكات المصممة بالخوارزمية المقترحه

من أجل تقدير الربح الحاصل من خلال الانتقال بين الشبكات التقليدية إلى الشبكات المصممة بالخوارزمية المقترحه وبتحديد m و n يوجد طريقين الطريقة التحليلية وطريقة النمذجة الإحصائية.

من أجل الأخذ بعين الاعتبار لخصائص الشبكة فإن احتمال المحافظة على قنوات الاتصال تم اختيارها بشكل متساو في المجال من **0.4** حتى **0.9** اي خروج قنوات الاتصال من الجاهزية يتم بطريقة غير معروفة (عطل _تشويش) وهنا اثناء النمذجة تم استخدام طريقة مونتي كارلو التي تعتمد التوزيع المتساوي للاحتمال حيث نعتبر ان خروج اي قناة عن الجاهزية يتم بتابع شبه عشوائي randomize rnd و حسب قيمة التابع العشوائي اما يتم المحافظة على القنالات او حذفها من مخطط الشبكة و بالتالي تصفير القيم المناسبة في المصفوفة المعبرة عن ذلك وبعد ذلك يتم حساب احتمال الثباتية للشبكة من خلال تحديد هل يوجد مسار من كل عنصر في الشبكة الى بقية العناصر.

من العلاقات الرياضية الواعدة بالحلول والتي لا تعطي احتمال الثباتية بشكل دقيقبشكل دقيق العلاقة التالية [5].

$$P_{CB} = N_T p^{n-1} q^{m-n+1} + \sum_{i=1}^{m-n+1} C_m^{n-1+i} p^{n-1+i} q^{m-n+1-i} \quad (2)$$

حيث:

- **m** عدد الاطلاع (قنوات الاتصال)
- **n** عدد الرؤوس (عقد الاتصال ،مرسلات، مستقبلات)
- N_T عدد الشجيرات ضمن الشبكة

ولكن بعد التدقيق تبين أنه بـ **n>5** اي بعدد رؤوس للمخطط اكبر من خمسة رؤوس فإن عدد القنالات ليست في كل الشبكات **m ≥ n** و لا يتم تشكيل مسار اي قناة اتصال بين كل عناصر الشبكة. ولهذا السبب هذه العلاقة لا يمكن أن تكون مستخدمة عندما يكون عدد رؤوس المخطط **n> 5** . وكذلك خصائص الشبكة لا يتم أخذها بعين الاعتبار في العلاقة الرياضية إلا في طرف واحد من العلاقة: $N_T p^{n-1} q^{m-n+1}$ والمتغيرات الأخرى في العلاقة لا تأخذ بعين الاعتبار خصائص الشبكة. وهذا ما استدعى أهميه أنشاء نموذج خاص لتقدير اتصالية الشبكة.

مسألة تعداد عدد المخططات ذات الاتصال تم حلها من قبل هراري على أساس نظرية **Boya** [3]، حيث تم تحديد عدد المخططات ذات الاتصال ضمن المخطط الكلي والذي به عدد قنوات الاتصال مساوية لعدد العقد لكل عقده **وهذا الأسلوب لا يمكن استخدامه لتحليل شبكات تقليدية محددة** نظراً لأن قيمة التغير في مؤشر الاتصالية للشبكات غير مرتفع فإن دقة المؤشرات والتحكم بها يجب أن تكون عالية خلال التجارب ولهذا الهدف تم اقتراح نموذج تحليلي رياضي إحصائي.

8. خوارزمية تقييم الشبكات التي تم الحصول عليها من خلال حساب مؤشر الثباتية :

في هذه الخوارزمية يتم حساب المركبة الاحتمالية الأساسية لمؤشر الثباتية والتي تعطينا فكرة عن وضع الشبكة بطريقتين:

–طريقة تحليلية رياضية.

–طريقة إحصائية .

مؤشر الثباتية يتحدد بإحتمال الحفاظ على k قناة من m قناة وتحدد بالعلاقة التالية:

$$P(k) = C_m^k p^k q^{m-k} \qquad (3)$$

وتحسب قيمة تواتر وقوع هذا الحدث:

$$\hat{P}(k) = \frac{d(k)}{N} \qquad (4)$$

حيث $d(k)$ –عدد المرات التي تم بها المحافظة على k قناة و ذلك بإجراء N تجربة.

التجارب يستمر إجرائها حتى تتحقق العلاقة :

$$\left|P(k) - \hat{P}(k)\right| \le \varepsilon \qquad (5)$$

حيث ε الدقة المقترحة للتجارب.

نظرا لكون جميع العمليات الواردة في الخوارزمية تعتبر تحويل محدد لقيمة عشوائية فإن دقة جميع المتغيرات الأخرى في الخوارزمية تحدد بـ ε .

اتصالية الشبكات التي تم الحصول عليها يتم فحصها بواسطة خوارزمية أواورشل[4] وبشكل رقمي ويعبر عنها بالاحتمال الشرطي للاتصال وذلك بالمحافظة على k قناة اتصال.

$$\gamma(k) = \frac{b(k)}{d(k)} \qquad (6)$$

حيث: d(k)– عدد المرات عندما نحصل على k قناة .

b(k)– عدد المرات عندما يتأمن اتصال مع كل عنصر من الشبكة .

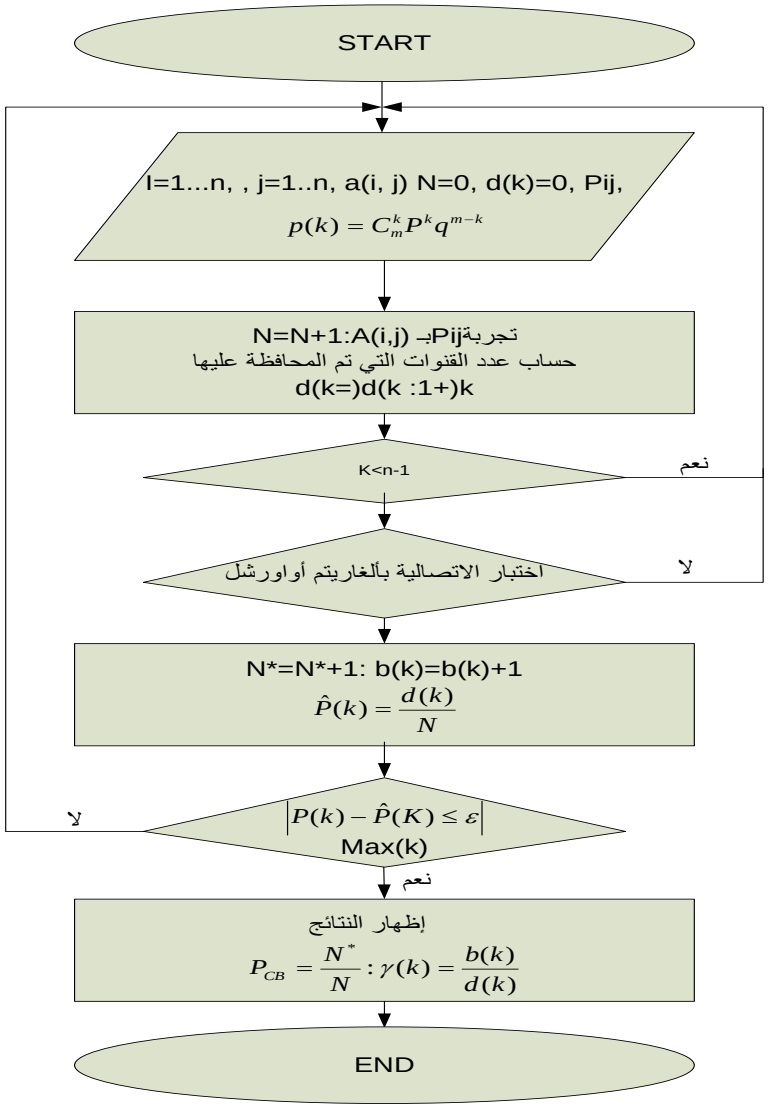
الاحتمال العام للاتصال في الشبكة يحدد بالعلاقة:

$$P_{CB} = \frac{N^*}{N} \qquad (7)$$

حيث N - عدد المرات التي حصلنا بها على شبكة

N^*- عدد المرات التي نحصل بها على شبكة متصلة

المخطط النهجي الذي يوضح عمل الخوارزمية في الشكل–4–:



الشكل–4– المخطط التدفقي للخوارزمية المقترحة لحساب الثباتية للشبكات

1.8 جوهر عمل خوارزمية حساب الثباتية للشبكات:

1. يتم إدخال المعطيات الأولية: مصفوفة التجانب **A(i, j)** وحيث **i=1..n, j=1..n** ، احتمال المحافظة على القنوات **P_{ij}={0.9, 0.8,..,0.5}** ، المتغيرات **N, d(k), b(k)** تعطى قيم أولية وهي الصفر من أجل كل قيمة **P_{ij}** و **k** يتم احتمال المحافظة على k قناة $P(k) = C_m^k p^k q^{m-k}$

2. في الخطوة التالية **N =N + 1** يتم الحصول على الشبكة **A(i, j)** ويحسب عدد القنوات التي تم المحافظة عليها **d(k)**.

3. نختبر الشرط **k<n-1** في حال كانت تحقق الشرط يتم تنفيذ الخطوة 2 ويتم إجراء تجربة جديدة و إلا يتم الانتقال إلى الخطوة 4 .

4. من خلال خوارزمية أواورشل نختبر اتصالية الشبكة التي تم الحصول عليها في حال كان نعم فإن $N^* = N+ 1$، **b(k) = b(k) + 1** و يتم تحديد $\hat{P}(k) = \frac{d(k)}{N}$ وإلا تنفذ الخطوة 2.

5. نختبر تطبيق الشرط $\left|P(k) - \hat{P}(k)\right| \le \varepsilon$ في حال تحقق الشرط تنفيذ الخطوة 6 وإلا الخطوة 2.

إخراج النتائج للطباعة وهي:

-احتمال اتصال الشبكة $P_{CB} = \frac{N^*}{N}$

-الاحتمال الشرطي لاتصال الشبكة المؤلفة من k قناة $\gamma(k) = \frac{b(k)}{d(k)}$

إن استخدام هذه الطريقة يعطينا ربح بدقة النتائج الحاصلة وتحديد هذا الربح بالدقة يمكن بعدة طرق:

في الشبكات التقليدية العدد الوسطي للقنالات **m≈34** و بالتالي عدد الحالات التي نحصل منها على شبكة باستخدام هذا العدد من القنوات **$2^m=2^{34}\approx1,7.10^{10}$** و هذا غير ممكن و لذلك أثناء إجراء الحسابات لمجموعة التراكيب التي يمكن الحصول عليها بالطرق التقليدية يمكن استخدام العلاقة التالية :

$$N = p(1-p)[\frac{\Phi_0^{-1}(\frac{\alpha}{2})}{\varepsilon}] \qquad (8)$$

حيث:

α- الاحتمال الموثوق

ε- المجال الموثوق

P -احتمال المحافظة على عدد ما من القنوات.

P(1-P)- التشتت للقيم العشوائية.

$$\phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp(\frac{-t^2}{2}) dt$$

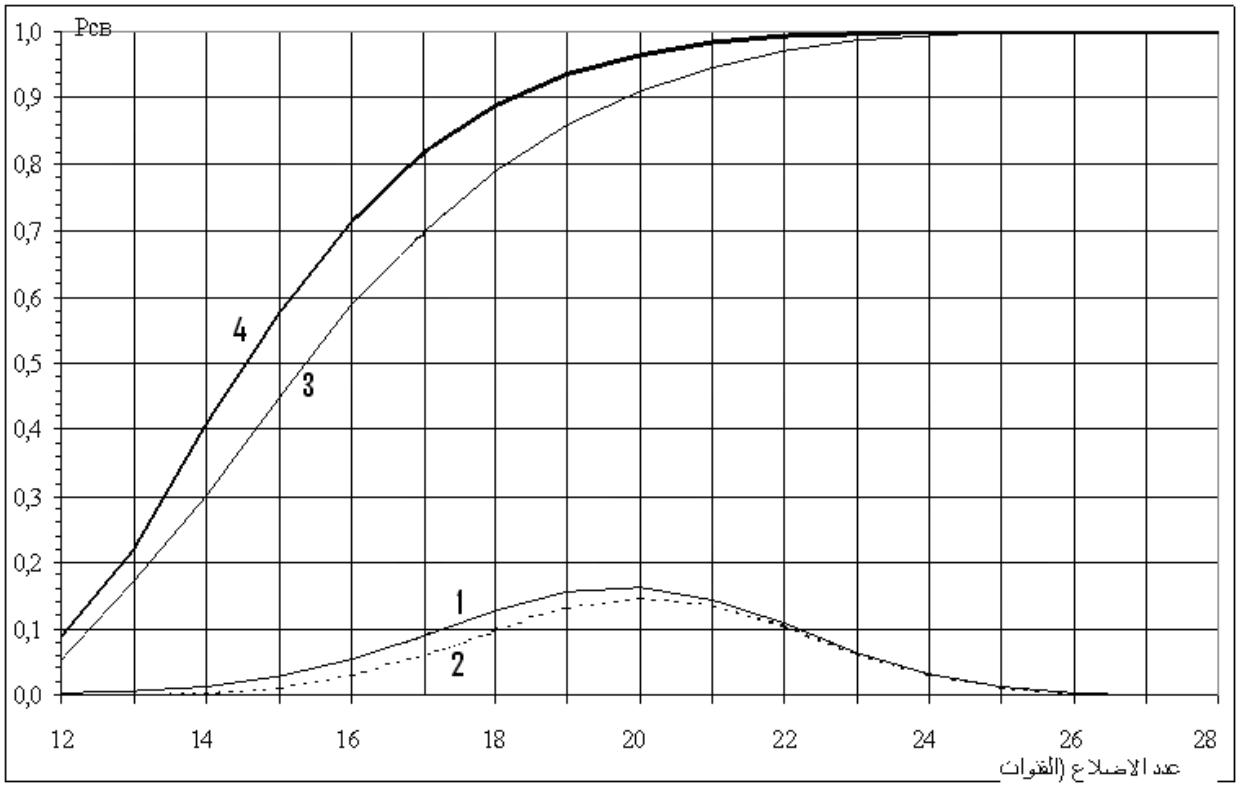
حيث $\phi_0(x)$ - تكامل جدولي

$$when\,\alpha = 0{,}9999 and \varepsilon = 0{,}0001 then N_{0,5} \approx 3{,}8.10^8, N_{0,9} \approx 1{,}37.10^8$$

$$when\,\alpha = 0{,}999 and \varepsilon = 0{,}0001 then N_{0,5} \approx 2{,}7.10^6, N_{0,9} \approx 0{,}97.10^6$$

و الطريقة المقترحة تخفض عدد التجارب درجة أو درجتين.

نتائج البحث للشبكة الالماظية والشبكة المصممة بالخوارزمية باستخدام البيئة البرمجية Delphi موضحة في الشكل (5).



الشكل (5)المخطط البياني للعلاقة بين احتمال اتصالية الشبكة وذلك حسب عدد القنوات التي تم المحافظة عليها منه اجل الشبكة التقليدية الالماظية والشبكة المصممة الموافقة عند احتمال المحافظة على القنوات يساوي $P_{ij}(0,7)$ حيث عند بقية الاحتمالات لا تعتبر الشبكة ذات مؤشر حيوية و تفقد اتصاليتها وفق المعايير المعتمدة

النتائج:

1. الشبكات المصممة بالخوارزمية المقترحه تعطي تغير نحو الأفضل في مؤشر الإتصالية حتى 20% وهذه القيمة تكون اكبر عندما تكون الشبكة التقليدية الموافقة تختلف أكثر عن الشبكة المصممة .وكذلك هذه الخوارزميات تعطى تحسن في مؤشر السرية حتى 30%(نتيجة سابقة)أو لا تؤدي إلى إنقاصه و هذا ما يتضح من الفرق بين الخط البياني رقم 4 الذي يمثل احتمال اتصالية الشبكة المصممة بالخوارزمية المقترحه و الخط البياني رقم 3 لاحتمال اتصالية الشبكة التقليدية الالماظية .

2. الخوارزميه المقترحه لتصميم الشبكات تسمح برفع المؤشرات الهيكلية في الحيوية والسرية معا وذلك باستعمال شبكات ذات تجانس أعظمي حيث عندما نحصل على شبكة ذات تجانس اعظمي يتم رقع مؤشر الثباتية بزيادة عدد قنوات الاتصال وبنفس الوقت يتم ازالة القرائن الدالة المنظومية لكل عنصر من

الشبكة وللشبكة ككل بحيث يصعب تحدد الاهم بالاضافة لامكانية وجود اتصال بين كل عنصر من عناصر الشبكة عند التشويش او خروج القنالات بسبب عطل ويظهر ذلك من خلال الصعوبة في تحديد التشابهات والتشابهات الضمنية لهذه الشبكة مع شبكات اخرى معيارية.

3. الطريقة المقترحة لاختبار الدقة تسمح باختصار عدد التجارب بدرجة أو درجتين بالمقارنة مع الطرق التقليدية التي تستخدم الاحتمال الموثوق والمجال الموثوق

4. مع الأخذ بعين الاعتبار للدراسة السابقة يمكن إجراء تعديل في العلاقة الرياضية(2) و ادخال ثابت تصحيح لتصبح مناسبة للاستخدام حيث انها لاتعطي قيمة دقيقة لمؤشر الثباتية عندما يزيد عدد رؤوس المخطط عن خمسة ولا بد من اضافة ثابت تصحيح على الطرف الثاني من العلاقة.

5. المخططات البيانية 3و4 الموجودة على الشكل 5.هي عبارة عن الاحتمال الشرطي لاتصالية الشبكة بشرط الحفاظ على k قناة وهذه المخططات يمكن استخدامها في الحسابات التحليلية باستخدام العلاقة رقم 9 وكذلك لتحديد عدد الشجيرات ضمن الشبكة عندما $k=n-1$ و كذلك عند $k\geq n$ بواسطة الإحصاء الرياضيي للشبكة.

6. نظرا للتشابه بين الشبكات التقليديه والشبكات المتجانسة، فان العلاقة بين درجة عدم التجانس للشبكات ومؤشرات السرية و الحيوية و التأثير المتبادل بينهما عند الانتقال إلى الشبكات المتجانسة يتطلب بحوث خاصة.

7. في مراجع مختلفة يؤكد الباحثون أن الشبكات ذات اتصال k تتمتع بثباتية عالية ولكن لا يوجد تقديرات كمية لهذا المؤشر و كذلك لا توجد مقارانات بين الشبكات التقليدية والشبكات ذات اتصال k وذلك ضمن عدد محدد من الرؤوس وقنوات الاتصال **ولذلك في هذا البحث العلمي تم تقديم هذه الحسابات الكمية و الخوارزميات المناسبة والمقارنات المطلوبة.**

8. إن احتمال اتصالية الشبكات يزداد تصاعدياً مع زيادة عدد قنوات الاتصال و هذه نتيجة منطقية مبينة على الخط البياني 3 و4 .

9. الخط البياني رقم 1 يمثل احتمال المحافظة على k قناة من m قناة لشبكة ما و الشبكة التي نحصل عليها قد لا تحتوي على شجرة تحقق الاتصالية بين جميع عناصرها و بالتالي تحتوي على نسبة خطأ

10. المخطط البياني رقم 2 يبين احتمال المحافظة على k قناة من m لشبكة ما مع وجود شجرة تربط جميع العناصر مما يؤسس لادخال ثابت تصحيح في العلاقة الرياضية (2) لتصبح أكثر دقة لتقييم اتصالية الشبكات بطريقة تحليلية.

المراجع:

1. Макаренко С. И. Перспективы и проблемные вопросы развития сетей связи специального назначения // Системы управления, связи и безопасности. 2017. No 2. С. 18-68.
2. URL:http://sccs.intelgr.com/archive/2017-02/02-Makarenko.pdf
Reference for citation: Makarenko S. I. Prospects and Problems of Development of Communication Networks of Special Purpose.
3. Systems of Control, Communication and Security, 2017, no. 2, pp. 18-68
4. Лялюк И. Н. С4I: системы связи, АСУ и разведки вооруженных сил США. – М.: ВАТУ, 2000.
5. Боговик А. В., Игнатов В. В. Эффективность систем военной связи и методы ее оценки. – СПб.: ВАС, 2006. – 183 с.
6. Будко П. А., Рисман О. В. Многоуровневый синтез информационно- телекоммуникационых систем. Математические модели и методы оптимизации:Монография. – СПб.: ВАС, 2011. – 476 с.
7. Bollobás B., Riordan O., Spencer J., Tusnády G. The degree sequence of a scale-free random graph process // Random Structures Algorithms. 2001. vol. 18. no. 3. pp. 279–290.
8. Ibrahim Ali Mansour - Protection of the Radio Communication System from Interference, St. Petersburg-2001 -193 p.
9. Grechnikov E.A. An estimate for the number of edges between vertices of given degrees in random graphs in the Bollobás–Riordan model // Moscow Journal of Combinatorics and Number Theory. 2011. vol. 1. no. 2. pp. 40–73.
10. Tsitsiashvili G.Sh. Complete calculation of disconnection probability in planar graphs // Reliability: Theory and Applications. 2012. vol. 1. no. 1. pp. 154–159.
11. Харари Ф. Теория графов. М., 2003. 300 с
12. Needham M., Holder E ,Graph Algorithms, 2020-258p-ISBN: 978-5-97060-799-2
13. K. Erciyes Discrete mathematics and Graph Theory, A concise study companion and Guide-2021- springer