تخصيص الترددات للشبكات اللاسلكية باستخدام الخوارزميات الجينية

رسالة مقدمة

الى مجلس كلية العلوم-جامعة بابل وهي جزء من متطلبات نيل

درجة الماجستير في علوم الحاسبات

من قبل الطالب

واثق لفته عبدعلي التميمي

ربيع الأول ١٤٢٤هـ آيار ٢٠٠٣ م

توصية الأساتذة المشرفين

نشـهد أن أعـداد هـذه الرسـالة الموسـومة بـ**(تخصـيص التـرددات للشـبكات اللاسـلكية باسـتخدام الخوارزميات الجينية)** قد جرى تحت إشرافنا في قسم علوم الحاسبات-كلية العلوم-جامعة بابل وهـي جـزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الحاسبات.

التوقيع:
اسم المشرف: د. ستار بدر سدخان المالكي
المرتبة العلمية: أستاذ
التاريخ: / /٢٠٠٣

التوقيع:
اسم المشرف: توفيق عبد الخالق الأسدي
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
التاريخ: / /٢٠٠٣

توصية رئيس القسم

إشارة الى التوصية أعلاه المقدمة من قبل الأساتذة المشرفين احيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها.

التوقيع:
الاسم: د. نبيل هاشم كاغد الاعرجي
المرتبة العلمية: أستاذ
التاريخ: / /٢٠٠٣

قرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة نشهد أننا قد اطلعنا على الرسالة الموسومة **(تخصيص الترددات للشبكات اللاسلكية باستخدام الخوارزميات الجينية)**، وقد ناقشنا الطالب **((واثق لفته عبدعلي))** في محتوياتها وفيما له علاقة بها بتاريخ ٢٠٠٣/٧/٣٠ ووجدنا أنها جديرة بالقبول بدرجة (**جيد جداً**) لنيل درجة الماجستير في علوم الحاسبات.

التوقيع:
رئيس اللجنة: د. عماد حسين الحسيني
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
العنوان: كلية الرشيد للهندسة والعلوم
التاريخ: / /٢٠٠٣

التوقيع:
عضو اللجنة: د. نبيل هاشم كاغد الأعرجي
المرتبة العلمية: أستاذ
العنوان: جامعة بابل/كلية العلوم
التاريخ: / /٢٠٠٣

التوقيع:
عضو اللجنة: د. طه سعدون باشا
المرتبة العلمية: مدرس
العنوان: جامعة النهرين/كلية العلوم
التاريخ: / /٢٠٠٣

التوقيع:
عضو اللجنة (مشرفاً): د. ستار بدر سدخان المالكي
المرتبة العلمية: أستاذ
العنوان:
التاريخ: / /٢٠٠٣

التوقيع:
عضو اللجنة (مشرفاً): السيد توفيق عبدالخالق عباس الاسدي
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
العنوان: جامعة بابل/كلية العلوم
التاريخ: / /٢٠٠٣

مصادقة عمادة كلية العلوم

أصادق على ما جاء في قرار اللجنة أعلاه.

التوقيع:
الاسم:
المرتبة العلمية:
العنوان:
التاريخ: / /٢٠٠٣

شكر وتقدير

لا يسعني وانا اكمل هذه الرسالة ألا ان احمد الله سبحانه وتعالى واشكر فضله على ما أمدني به من القوة والصبر والإرادة.

بعد ذلك أتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من:

- **رئاسة جامعة بابل لتعاونها في تطوير مستوى الدراسات العليا في كليات وأقسام الجامعة كافة.**
- **عمادة كلية العلوم لإرشاداتها المتواصلة في دعم طلبة الدراسات العليا في كلية العلوم.**
- **أساتذتي المشرفين الأستاذ الدكتور ستار بدر سدخان والسيد توفيق عبد الخالق لملاحظاتهم القيمة وجهودهم المتواصلة في دعم الرسالة.**
- **قسم علوم الحاسبات وعلى رأسه الأستاذ الدكتور نبيل هاشم كاغد لجهوده في توفير كل ما نحتاج اليه من مستلزمات بحثية خلال فترة الدراسة.**

الخلاصــة

تعد مسألة تخصيص الترددات من المسائل العلمية المهمة التي يجب حلها لمنع حدوث التداخل بين المحطات الراديوية العاملة على الترددات المجاورة أو توافقيات الترددات، زيادةً على أنها تُعَدُّ من مسائل اللامتعددات الحدود الكاملة (NP-Complete) التي تحتاج الى وقت كبير في حلها وتعَدُّ من المسائل المتصلة (On-line) أيضاً، لذا فإنّ استخدام طريقة تبحث عن حل امثل للمسألة بصورة غير موجهة كأن تكون تعاقبية (خوارزمية التراجع) لن تحل المسألة بصورة كفوءة ويجب العثور على طريقة او تقنية تتعامل مع هذا النوع من المسائل بصورة كفوءة، أي تجد الحل للمسألة بأسرع وقت ممكن.

استخدمت الخوارزميات الجينية لحل مسألة تخصيص الترددات كونها طريقة تتعامل مع هذا النوع من المسائل (مسائل اللامتعددات الحدود الكاملة) بصورة كفوءة وتجد الحل بسرعة عالية، إذْ استخدمت الخوارزمية الجينية لحالة الاستقرار دون غيرها لانه في كل دورة يتم إدخال فرد جديد او فردين جديدين الى المجتمع وليس استبدال مجتمع كامل بآخر مما يضيف لهذه الخوارزمية السرعة في أيجاد الحل.

تم دراسة سلوكية طريقة انتقاء المجموعات الثنائية وطريقة الطفرة (1m) وطريقة إحلال المجموعات الثنائية وثلاثة طرائق للتزاوج هي طريقة التزاوج ذو نقطة القطع الواحد وطريقة التزاوج ذو نقطتي القطع وطريقة التزاوج المنتظم ومقارنة النتائج.

تم اختبار الطريقة المستعملة (الخوارزمية الجينية) والطريقة التقليدية (خوارزمية التراجع) على مجموعة من الأمثلة المختلفة ومقارنة نتائجهم إذْ أثبتت الطريقة المستعملة كفاءة جيدة في أيجاد الحل بوقت قليل جداً.

تم تنفيذ الطريقة المستعملة والطريقة التقليدية على حاسوب ذو معالج نوع بنتيوم ٣ وبسرعة معالج ٦٥٠ مليون ذبذبة/ثانية واستخدام لغة Visual C++ الإصدار ٦ في البرمجة.

المحتويات

العنوان	الموضوع	رقم الصفحة
	الخلاصة	ا-ب
	المحتويات	ج-و
	قائمة المختصرات	ز-ح
الفصل الأول	**المقدمة**	
١-١	مقدمة عامة	١
١-٢	نبذة مختصرة عن البحوث السابقة	٧
١-٣	مسألة تخصيص الترددات	٩
١-٣-١	أنواع التداخل	١٢
١-٣-١-١	تداخل الخيال	١٣
١-٣-١-٢	تداخل التوافقيات	١٥
١-٣-٢	المستقبلات الراديوية	١٩
١-٣-٣	المرسلات الراديوية	٢٠
١-٣-٤	الهوائيات	٢٢
١-٣-٥	المسافة الفاصلة بين الشبكات الراديوية	٢٢
١-٣-٦	قيود التداخل لشبكات الاتصال الراديوية	٣٠
١-٣-٦-١	قيود التوافقيات	٣٠
١-٣-٦-٢	قيد الموقع المشترك	٣٢
١-٣-٦-٣	قيد المرور	٣٢
١-٣-٦-٤	قيد المسافة	٣٣
١-٤	طرائق البحث التقليدية	٣٣
١-٥	الخوارزميات الجينية	٣٥

العنوان	الموضوع	رقم الصفحة
١-٥-١	أشكال الخوارزميات الجينية	٣٦
١-٥-١-١	الخوارزمية الجينية البسيطة	٣٦
١-٥-١-٢	الخوارزمية الجينية لحالة الاستقرار	٣٧
١-٥-٢	عناصر الخوارزمية الجينية	٣٨

١-٥-٢-١	المجتمع	٣٨
١-٥-٢-٢	التقويم	٣٩
١-٥-٢-٣	الترميز	٣٩
١-٥-٢-٤	الانتقاء	٤٢
١-٥-٢-٥	التزاوج	٤٨
١-٥-٢-٦	الطفرة	٥٠
١-٥-٢-٧	عامل العكس	٥١
١-٥-٢-٨	الإحلال	٥١
١-٥-٢-٩	مقاييس التوقف	٥٣
١-٥-٣	مشاكل الخوارزمية الجينية	٥٤
١-٥-٤	مقارنة بين sGA و ssGA	٥٥
الفصل الثاني	**الطريقة المستعملة**	
٢-١	هدف الطريقة المستعملة	٥٧
٢-٢	تمثيل الحل لمسألة تخصيص الترددات	٥٧
٢-٣	هيكل عمل الطريقة المستعملة	٥٩
٢-٣-١	قراءة المعاملات والبيانات المطلوبة	٥٩
٢-٣-٢	توليد مجتمع ابتدائي عشوائي من الأفراد	٦٣
٢-٣-٣	تقويم أفراد المجتمع	٦٣
٢-٣-٤	انتقاء فردين للتزاوج	٦٥
٢-٣-٥	تطبيق عامل التزاوج وانتاج طفلين	٦٦
٢-٣-٦	تطبيق عامل الطفرة على الطفلين	٧٠
٢-٣-٧	إحلال الطفلين محل فردين من المجتمع	٧١
٢-٣-٨	مقياس التوقف	٧٢
٢-٣-٩	إخراج الحلول المثالية	٧٣
٢-٤	خوارزمية التراجع	٧٤
الفصل الثالث	**النتائج، الاستنتاجات، الأعمال المستقبلية**	
٣-١	أداء الطريقة المستعملة	٧٦
٣-١-١	التجربة الأولى	٧٦
٣-١-٢	التجربة الثانية	٨٦

العنوان الموضوع رقم الصفحة

٣-١-٣	التجربة الثالثة	٩٤
٤-١-٣	التجربة الرابعة	١٠٣
٥-١-٣	التجربة الخامسة	١١٠
٦-١-٣	التجربة السادسة	١١٩
٧-١-٣	التجربة السابعة	١١٩
٨-١-٣	التجربة الثامنة	١٢٠
٩-١-٣	التجربة التاسعة	١٢٠
١٠-١-٣	التجربة العاشرة	١٢١
١١-١-٣	التجربة الحادية عشرة	١٢١
١٢-١-٣	التجربة الثانية عشرة	١٢٢
١٣-١-٣	التجربة الثالثة عشرة	١٢٢
١٤-١-٣	التجربة الرابعة عشرة	١٢٣
١٥-١-٣	التجربة الخامسة عشرة	١٢٣

العنوان الموضوع

رقم الصفحة

١٦-١-٣	التجربة السادسة عشرة	١٢٤
١٧-١-٣	التجربة السابعة عشرة	١٢٤
١٨-١-٣	التجربة الثامنة عشرة	١٢٥
١٩-١-٣	التجربة التاسعة عشرة	١٢٥
٢٠-١-٣	التجربة العشرون	١٢٦
٢١-١-٣	التجربة الحادية والعشرون	١٢٦
٢٢-١-٣	التجربة الثانية والعشرون	١٢٧
٢٣-١-٣	التجربة الثالثة والعشرون	١٢٧
٢٤-١-٣	التجربة الرابعة والعشرون	١٢٨
٢٥-١-٣	التجربة الخامسة والعشرون	١٢٨
٢-٣	الاستنتاجات	١٢٩
٣-٣	الأعمال المستقبلية	١٣٠
	المصادر	١٣١

قائمة المختصرات

المختصر باللغة الإنكليزية	المصطلح باللغة الإنكليزية
x_1	Single-Point Crossover
x_2	Double-Point Crossover
AFC	Automatic Frequency Control Circuit
AM	Amplitude Modulation
BT	BackTracking
BTS	Binary Tournament Selection
CSOP	Constraint Satisfaction Optimization Problem
FM	Frequency Modulation
HC	Harmonic Constraint
HF	High Frequency
I.F.Amp.	Intermediate Frequency Amplifier
NP	Non Polynomial
Pc	Probability of Crossover
PCSP	Partial Constraint Satisfaction Problem
Pm	Probability of Mutation
PM	Phase Modulation
R.F.Amp.	Radio Frequency Amplifier
RG	Regenerative
RWS	Roulette Wheel Selection
SC	Site Constraint
sGA	Simple Genetic Algorithm
SH	Superheterodyne
SHF	Super High Frequency
SRG	Super Regenerative
ssGA	Steady State Genetic Algorithm
SUS	Stochastic Universal Sampling
TC	Traffic Constraint

المختصر باللغة الإنكليزية	المصطلح باللغة الإنكليزية
TTS	Triple Tournament Selection
UHF	Ultra High Frequency
ux	Uniform Crossover
VHF	Very High Frequency

Frequency Assignment for Wireless Networks Using Genetic Algorithms

A Thesis

Submitted to the Council of the College of Science-University of Babylon in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Computer Science

by

Wathiq Laftah Abdul-Ali

May ٢٠٠٣

١-١ مقدمة عامة General Introduction

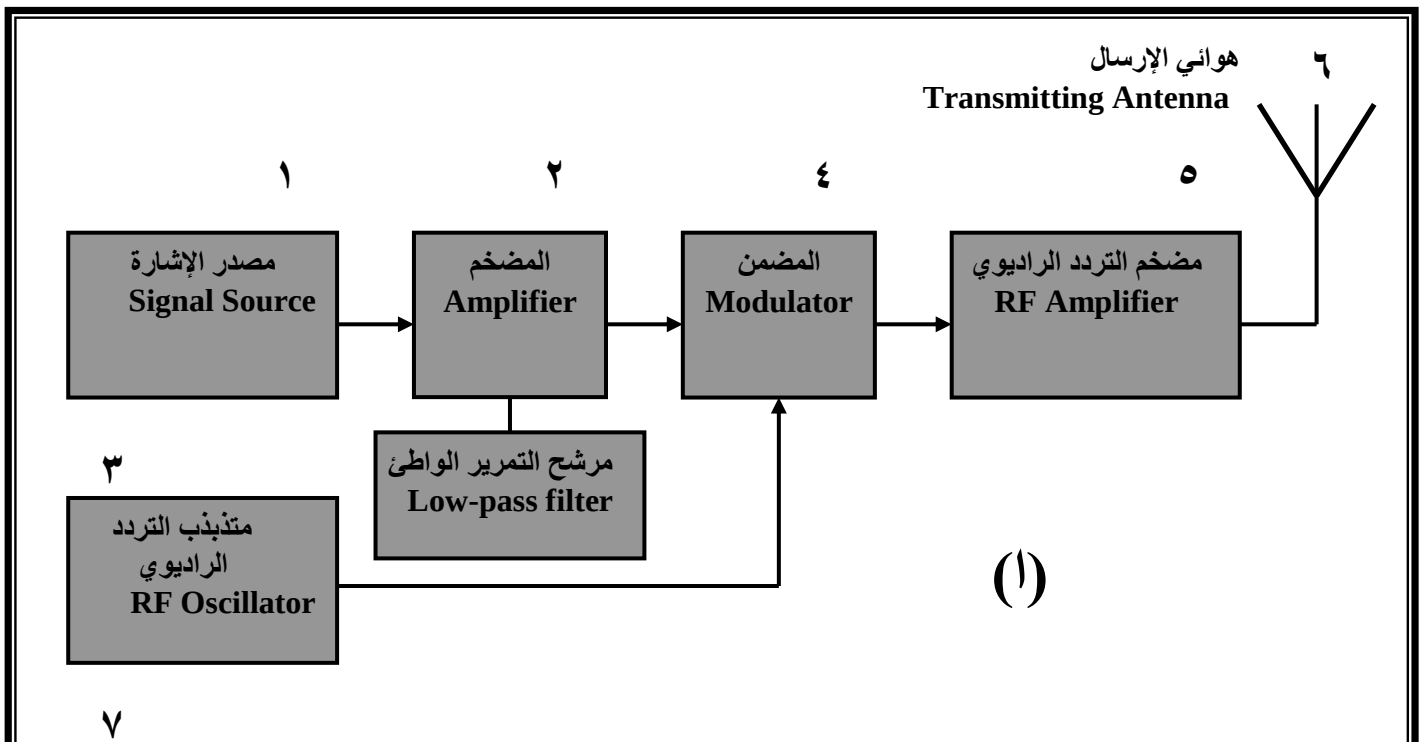
تعد مشكلة التداخل (Interference problem) بين الشبكات الراديوية من المشاكل المهمة التي ينبغي دراستها للتعرف على الأساليب والطرائق الصحيحة الواجب أتباعها لتخصيص الترددات الملائمة للشبكات الراديوية من دون أي تداخل.

تبرز مسألة تخصيص الترددات بشكل واسع ومتنوع، إذْ يمكن صياغة المسألة كمسألة أمثلية (Optimization problem) بإعطاء مجموعة من الشبكات الراديوية ومجموعة من الترددات المطلوب تخصيصها الى تلك الشبكات دون حدوث أي تداخل بين الأجهزة التابعة لها، أي أنها تحقق دالة هدف (Objective function)) معينة معتمدة على قيود التداخل (Interference constraints) [١][٢].

تحدث مشاكل التداخل بين الشبكات الراديوية حينما تؤثر الطاقة الكهرومغناطيسية (Electromagnetic energy) الحاوية على المعلومات المراد إرسالها من جهاز راديوي معين الى جهاز آخر ضمن الشبكة نفسها على العمليات التي يقوم بها جهاز راديوي تابع لشبكة أخرى متواجد في الموقع نفسه (Co-site) أو قريب منه (Adjacent-site) حينما تعمل جميعها بصورة متزامنة وعلى نفس التردد أو توافقياته [٣][٤].

لكل جهاز راديوي مجموعة من المواصفات منها قدرة الجهاز الراديوي (power) التي تختلف من جهاز لآخر، ومدى الترددات الذي يغطيه الجهاز (Frequency range)، وحساسية المستقبل (Sensitivity of receiver)، ومدى الترددات الذي تغطيه الهزازة المحلية (Local oscillator) للمستقبل و التردد الوسطي (Intermediate frequency) للمستقبل وعرض حزمة البث وحزمة الاستقبال للجهاز الراديوي (Bandwidth)[٥][٦][٧].

يوضح الشكل (١-١) المكونات الأساسية لنظام الإرسال والاستقبال في المحطات الراديوية،



يمكن توضيح وظيفة كل جزء في النظام وبحسب التسلسل المذكور أعلى كل جزء كالأتي [٧][٨]:

١. **مصدر الإشارة** : ربما يكون ميكرفون (Microphone)، حاسوب (Computer)، كاميرا تلفزيونية (Television camera) أو أي جهاز آخر يحول المعلومات المرغوب فيها إلى إشارة كهربائية .

٢. **المضخم** : يستخدم لتضخيم الإشارة المراد إرسالها الحاوية على المعلومات المرغوبة ، وربما تمرر الإشارة خلال مرشح التمرير الواطئ (Low-pass filter) لتحديد عرض حزمة الإرسال.

٣. **متذبذب التردد الراديوي** : يولد التردد الحامل للإشارة المراد إرسالها مع العلم أنّ ثبوت التردد الجيد مطلوب لكي يحافظ جهاز الإرسال على التردد المخصص، إذْ تتم عملية السيطرة على المتذبذب بوساطة بلورات الكوارتز (Quartz crystal).

٤. **المضمن** : يمزج الإشارة والتردد الحامل لأنتاج موجات مضمنة متنوعة .

٥. **مضخم التردد الراديوي (الإضافي)** : يستخدم عند الحاجة بعد التضمين لزيادة مستوى القدرة للإشارة الناتجة الى القيمة المرغوب فيها قبل إدخالها الهوائي .

٦. **هوائي الإرسال** : يحول طاقة التردد الراديوي الى موجة كهرومغناطيسية .

٧. **هوائي الاستقبال** : ربما يكون متعدد الاتجاهات للخدمة العامة، أو اتجاه محدد كالأتصال من نقطة الى نقطة، وسيتضمن فولتية واطئة عند تسلمه الموجة المنتشرة من هوائي الإرسال.

٨. **مضخم التردد الراديوي** : يستخدم لزيادة قدرة الإشارة المستلمة الى المستوى المناسب قبل دخولها المازج المتوازن، ويساعد في عزل المتذبذب المحلي عن الهوائي، لا تمتلك هذه المرحلة درجة عالية من انتقاء التردد ولكن تستخدم لرفض الإشارات في الترددات الحاملة البعيدة عن القناة المرغوب فيها وحذفها.

٩. **المتذبذب المحلي** : يستخدم لانتاج تردد منغم (F_{Lo}) الذي يختلف عن تردد الإشارة المستلمة (F_{RF}) بالتردد الوسطي (F_{IF}).

١٠. **المازج المتوازن** : يستخدم لتزحيف الإشارة المستلمة الى التردد الوسطي، ويعد هذا الجهاز غير خطي.

١١. **مضخم التردد الوسطي** : يستخدم لزيادة مستوى الإشارة الى الحد المناسب لتمرير الإشارة المرغوب فيها وترشيح الإشارة غير المرغوب فيها.

١٢. **الكاشف** : يسترجع إشارة الرسائل الأصلية من خلال التردد الوسطي.

١٣. **المضخم** : يستخدم لزيادة مستوى القدرة الخارجة من الكاشف الى المستوى المطلوب لإدخالها الى جهاز الإخراج.

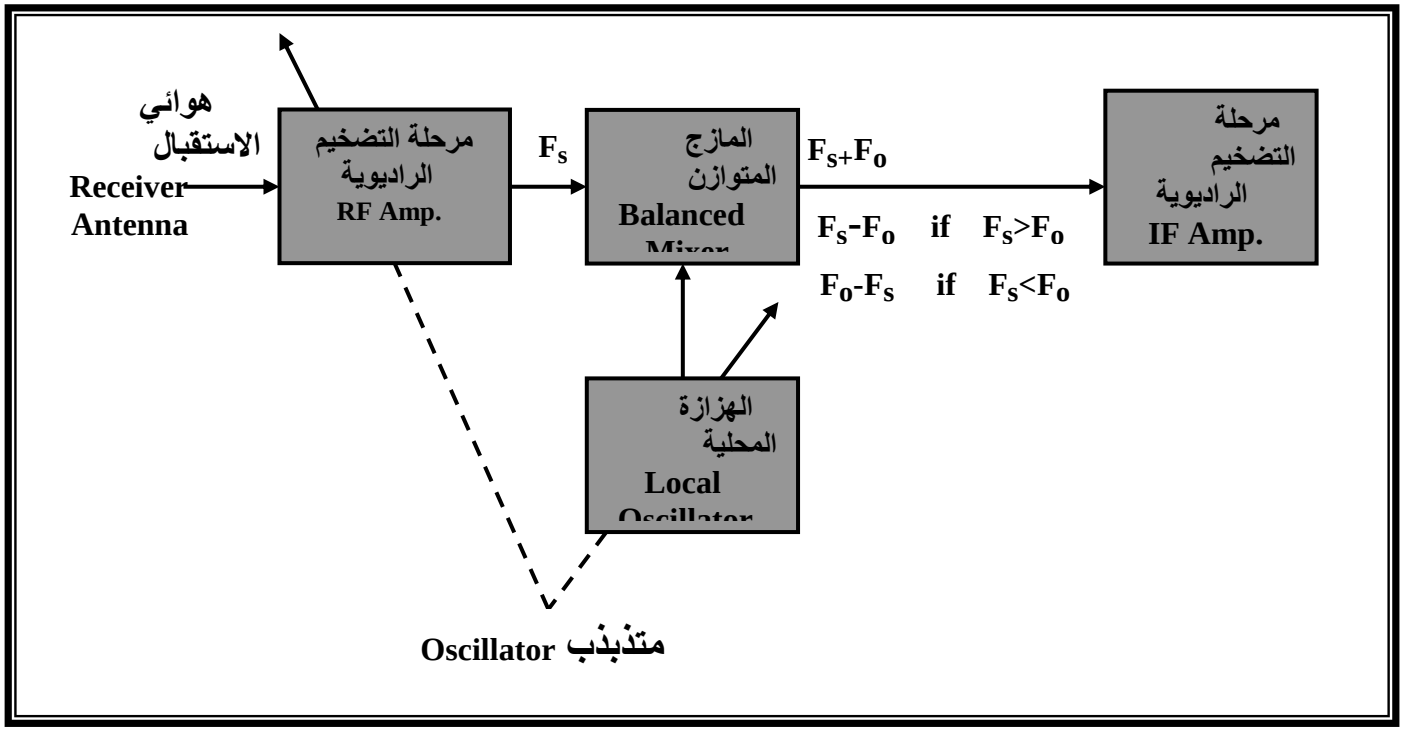
١٤. **الجهاز الطرفي**: ويمثل جهاز الإخراج الذي يحول الإشارة العائدة الى الصيغة الأصلية (صورة، صوت، ... الخ).

١٥. **دائرة تنظيم التردد طوعياً** : تستخدم للسيطرة على الإشارة قبل دخولها الى المتذبذب المحلي وبعد خروجها من الكاشف.

يتكون نظام الاستقبال من مستقبلات الاستحواذ العالي (Superheterodynes) التي تتكون من المازج المتوازن الذي يقوم بمزج إشارتين إحداهما (V_s) تصل المدخل الأول للمازج من مرحلة التضخيم الراديوية (RF Amp) وهي تمثل الإشارة المحمولة وترددها يرمز له (F_s) والثانية (V_o) التي تولدها الهزازة المحلية في المستقبل وتغذيها الى المدخل الثاني للمازج وترددها يرمز له (F_o)، وبذلك تصبح الإشارة الخارجة من المازج (V) مساوية لحاصل ضرب الإشارتين الداخلتين وعلى النحو الآتي[٥][٦]:

$$V = V_s * V_o \qquad (١-١)$$

إنّ الإشارة الخارجة تحتوي على ترددين أحدهما (F_s+F_o) ويمثل حاصل جمع الإشارتين الداخلتين الى المازج والثاني (F_s-F_o) ويمثل الفرق بين الإشارتين الداخلتين اليه في حالة $(F_s>F_o)$ أو (F_o-F_s) في حالة $(F_s<F_o)$، يوضح الشكل (١-٢)[٥] المازج المتوازن في المستقبلات:



الشكل (١-٢) المازج المتوازن

ويمكن تصنيف مستقبلات الاستحواذ العالي اعتماداً على تصميم مراحل التضخيم الوسطية (Intermediate frequency amplifier)[٥][٦][٩] كالأتي:

١- إذا كانت المرحلة الوسطية مصممة بحيث أنها منغمة على تردد وسطي (F_I) يساوي الفرق بين تردد الإشارة المنظم عليه جهاز الاستقبال (F_s) وتردد الهزازة المحلية (F_o)، فيسمى هذا المستقبل بمستقبل التحويل بالفرق، ويحسب تردد التنغيم الوسطي لهمن العلاقة (١-٢) عندما $(F_s>F_o)$ ومن العلاقة (١-٣) عندما $(F_s<F_o)$:

$$F_I = F_s-F_o \qquad (٢-١)$$

$$F_I = F_o-F_s \qquad (٣-١)$$

٢- إذا كانت المرحلة الوسطية مصممة بحيث أنها منغمة على تردد وسطي (F_I) يساوي مجموع تردد الإشارة الموغوبة (F_s) وتردد الهزازة المحلية (F_o)، فيسمى هذا المستقبل بمستقبل التحويل بالجمع، ويحسب تردد التنغيم الوسطي لهمن العلاقة (١-٤):

$$F_I = F_s + F_o \qquad (٤-١)$$

سنتطرق خلال البحث الى مستقبلات التحويل بالفرق فقط نظراً لقلة استخدام مستقبلات التحويل بالجمع.

تعد مسألة التخصيص من مسائل اللامتعددات الحدود الكاملة (NP-Complete) وتسمى في بعض الأحيان بمسألة تحقيق القيود (Constraint satisfaction problem)، والهدف من تطبيق القيود على الترددات المراد تخصيصها للشبكات الراديوية هو لتحقيق التناسق الكهرومغناطيسي (Electromagnetic compatibility) في مواقع تلك الشبكات لضمان عدم حدوث التداخل بينها من خلال الأجهزة المتواجدة فيها[١٠][١١][١٢][١٣]، والقيود المتواجدة في الشبكات الراديوية للمؤسسات الحكومية هي:

١- قيود التوافقيات (Harmonic constraints) [١][٦].
٢- قيود المواقع المشتركة (Co-site constraints) [١٠][١٤].
٣- قيد المرور (Traffic constraint)، اكثر من تردد يخصص للشبكة الراديوية [١٥][١٦].

ونظراً للمحددات التي تواجه التقنيات المستخدمة في مسالة تخصيص الترددات فقد كان من الضروري التوجه الى طريقة عامة تبحث عن حل (حلول) امثل للمسألة، لذلك كان التوجه الى استخدام تقنيات الأمثلية في مسألة التخصيص لأنها تمتلك صفة شائعة الاستعمال وهي استخدامها عدد من الحلول الممكنة التي عن طريقها تولد حلاً (حلول) جديداً في كل خطوة.

تُعَدُّ الخوارزميات الجينية(Genetic algorithms) المقترحة من قبل جون هولاند (John Holland) واحدة من خوارزميات البحث العامة المتأقلمة المتوازية والمعتمدة على آليات الانتقاء الطبيعي(Natural selection mechanisms) ، ونظام الجينات الطبيعية (Natural genes system)[١٧][١٨][١٩]، إذْ يمكن أن تجد حلولاً مثالية شاملة (Near-global) من بين مجموعة من الحلول في فراغ بحث (Search space) كبير ومعقد، وقد استخدمت الخوارزميات الجينية في مجالات عديدة ومنها مسائل التخصيص (Assignment problems)، إذْ لاقت نجاحاً كبيراً عند استخدامها[٢٠][٢١].

يهدف العمل الحالي الى استخدام طريقة جينية (Genetic method) تجد حلولاً مثلى من الترددات لتخصيصها الى الشبكات الراديوية دون أي تداخل، يتم تحقيق الهدف من خلال استخدام الخوارزمية الجينية لحالة الاستقرار (Steady state genetic algorithm)، بالإضافة الى ذلك يتم مقارنة نتائج الطريقة المستعملة مع طريقة تقليدية (خوارزمية التراجع Backtracking algorithm)

من حيث الوقت الذي تستغرقه الطريقتان في إيجاد الحلول المثلى، لأنَّ مسألة التخصيص من المسائل المتصلة (On-line problem).

يتكون الهيكل العام للرسالة من ثلاثة فصول، يتضمن الفصل الأول بالإضافة الى المقدمة توضيحاً للجوانب النظرية لكل من مسألة تخصيص الترددات والخوارزميات الجينية والطريقة التقليدية، ويوضح الفصل الثاني هيكل العمل لكل من الطريقة المقترحة والطريقة التقليدية وكيفية استخدامهما في حل مسألة التخصيص، ويعطي الفصل الثالث النتائج التي تم التوصل اليها من تطبيق الطريقتين وكذلك يقدم الاستنتاجات وتوجهات العمل المستقبلي.

١-٢ نبذة مختصرة عن البحوث السابقة

منذ منتصف القرن السابق ولحد الآن لا زال العمل جارياً في إيجاد طريقة يمكن بها تخصيص ترددات لمحطات الاتصال الراديوي دون حدوث أي تداخل، حيث قدمت بحوث مختلفة منها:

قدم كل من (Mathur, Salkin, Nishimura and Morito) عام ١٩٨٤[١٥] نظاماً برامجياً فعالاً يتكون من خوارزميتين، تسمى الأولى بخوارزمية فرع وابحث (Branch-and-search) وهي خوارزمية امثلية تقوم باختيار ترددات من قائمة محددة بصورة عشوائية أو كإدخال من قبل المستخدم إلى الشبكات الراديوية، وتأخذ الخوارزمية كمية كبيرة من الوقت ولذلك تم استخدام خوارزمية ثانية للتغلب على هذه الصعوبة، وهي خوارزمية تنقيبية (Heuristic algorithm) تستخدم لتقويم الترددات المخصصة للشبكات بوساطة الخوارزمية الأولى.

قدم كل من (Funabiki and Takefuji) عام ١٩٩٢[١٤] بحثاً تضمن خوارزمية متوازية مبنية على الشبكة العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Network) المتكونة من (n x m) عنصر معالجة (خلية عصبية)، n عدد الشبكات الراديوية و m عدد الترددات المتوفرة، تحقق الخوارزمية قيود التداخل للشبكات الراديوية الخلوية باستخدام منظومة توافقيات، ويمكن تنفيذ الخوارزمية على آلية متوازية متكونة من (n x m) معالج.

وقدم كل من (Crompton, Hurley and Stephens) عام ١٩٩٤[١٢] بحثاً لتخصيص الترددات باستخدام الخوارزمية الجينية المتوازية، وقد استخدمت طريقتين لترميز الكروموسومات، وطبقت الخوارزمية على (٢٥٢) شبكة مع (٢٥) تردداً، بعدها طبقت باستخدام (٥٠) تردداً وكان حجم المجتمع (٥٠) واحتمالية تزاوج (٠.٧٥) واحتمالية طفرة (٠.٠١٥) مع معدل هجرة (٢%) من المجتمع، وقد استخدمت عوامل التزاوج (ux, ٢x, ١x).

وقدم كل من (Hao and Dorne) عام ١٩٩٥[١٦] دراسة من البحث الجيني لمسألة تخصيص الترددات للشبكات الراديوية الخلوية، حيث قدموا خوارزمية متطورة (هجينه) ونفذت على اكثر من

(٣٠٠) شبكة مع (٣٠) تردد، استخدمت في الخوارزمية طريقة انتقاء العينات الشاملة التصادفية (SUS)

وعوامل التزاوج (ux, ١x) وعامل تزاوج خاص يسمى بتزاوج قاعدة التصادم (Conflict-based crossover) وكذلك استخدام عامل طفرة خاص يسمى بطفرة قاعدة التصادم (Conflict-based mutation).

واقترح (Lau and Tasng) عام ١٩٩٨[٢٢] طريقة هجينة تجمع بين الخوارزمية الجينية وخوارزمية بحث الاستنباط المرافق (Meta-heuristic search algorithm)، تبحث هذه الطريقة مسألة تحقيق القيود المثالية (CSOP) ومسألة تحقيق القيود الجزئية (PCSP) للشبكات الخلوية، استخدم كل من عامل التزاوج (ux, ١x) وباحتمالية تزاوج وطفرة مقدارها واحد وحجم مجتمع (٢٠) وعدد أجيال (١٠٠) جيل.

وقدم كل من (Yokoo and Hirayama) عام ٢٠٠٠[١٣] بحثاً تضمن خوارزمية جديدة تستخدم تقنيات تحقيق القيود، وتتميز بتمثيلها كل شبكة راديوية خلوية كمتغير يمتلك مجال كبير جداً ويتم تحديد قيمته خطوة خطوة، ويتضمن البحث طريقة تنقيب الشبكات بصورة مرتبة وبحث فرع وقيد وكذلك طريقة بحث التناقض المحدد الذي يجد الحل بوقت محدود.

١-٣ مسألة تخصيص الترددات Frequency assignment problem

برزت مسألة تخصيص الترددات أول مرة منذ اكتشاف أجهزة الارسال (Transmitters) وأجهزة الاستقبال (Receivers) الراديوية المتواجدة في الموقع نفسه أو القريبة من بعضها والتي تمتلك تداخل غير مباشر فيما بينها، وهكذا دأب الباحثون والمصممون لمسائل تخصيص الترددات على تقليل أو إلغاء التداخل، ويمثل ذلك دالة الهدف المطلوبة[١].

تجرى عملية تخصيص الترددات اعتماداً على[٥][٨]:

أ. طرائق تنظيم الإتصالات الراديوية.

ب. السياقات المتبعة لإدامة الاتصال الراديوي.

ج. الغايات التي تتوخاها عملية نقل الإشارة وأسبقيات تلك الغايات.

وتعتمد أيضاً على مواقع أجهزة الاتصال الراديوي ونوع الجهاز فيما إذا كان من النوع المرسل (Transmitter) أو المستقبل (Receiver) أو المرسل المستقبل (Transceiver)، وتتطلب المسألة متخذ القرار (Decision maker) الذي يقوم بتخصيص الترددات للشبكات الراديوية[١٥].

ومن أهم النقاط الواجب أخذها بنظر الاعتبار أثناء تخصيص الترددات لمحطات الاتصال الراديوي (الشبكات)[١][٥][٦] تشمل ما يأتي:

أولاً: بعض المواصفات الفنية لكل جهاز ومنها:

١- مدى الترددات (للشبكات بصورة عامة).

٢- مدى الترددات الذي تغطيه الهزازة المحلية (للشبكات بصورة عامة).

٣- القدرة الخارجة للمرسلة.

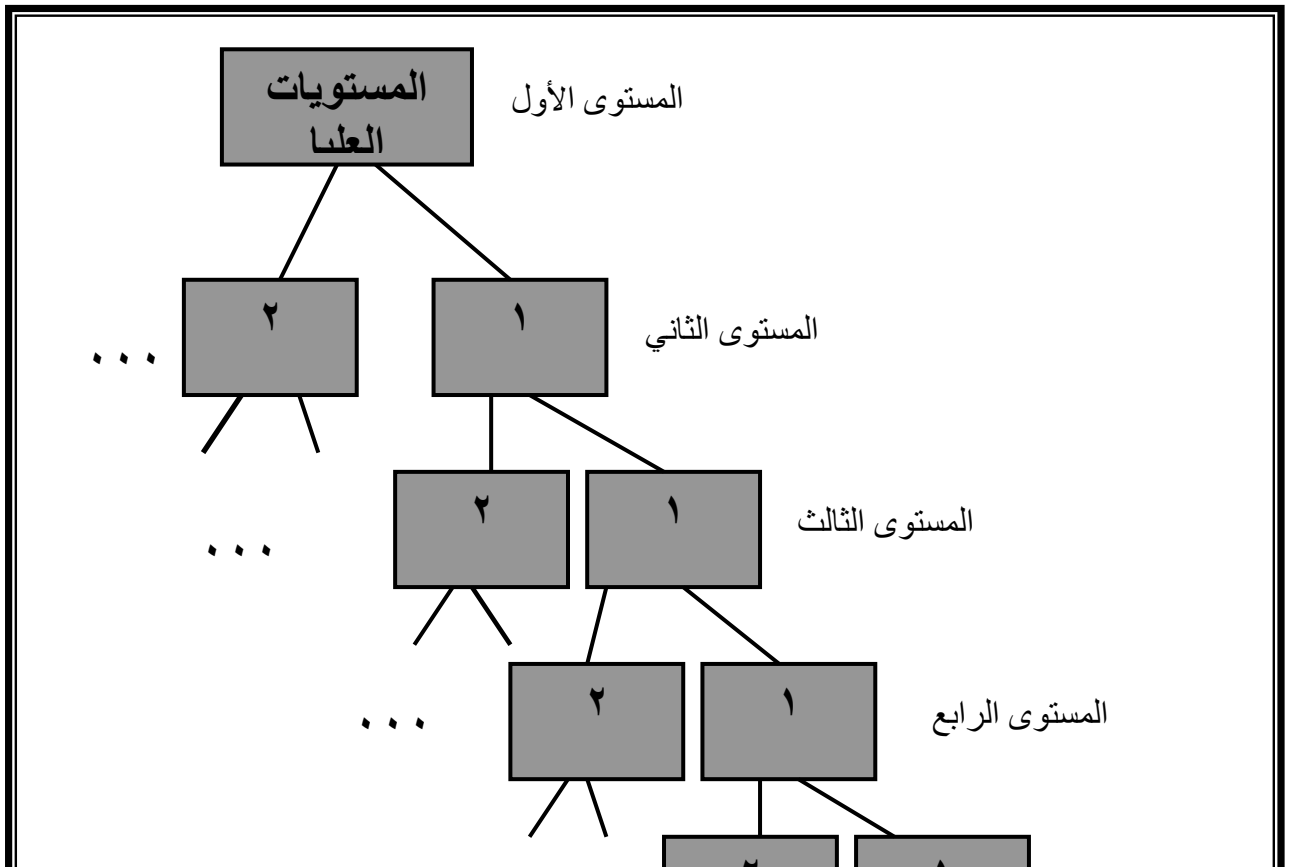
٤- التردد الوسطي للمستقبل.

٥- المقاومة المؤثرة للهوائي.

٦- عرض حزمة البث والاستقبال.

ثانياً: التلاحك (حزمة الحماية Guard band) المتوقع بين مديات الترددات للأجهزة المختلفة وأمكانية التداخل بينها.

تبدأ عملية حساب المتطلبات من الترددات من معرفة مجموعة المستويات ومصادرها الاحتياطية، ومعرفة تنظيم الاتصالات الراديوية فيها وفي المستويات التابعة لها، وفي هذا الصدد تعطى أهمية خاصة للمديات الحقيقة للمعدات الراديوية المستخدمة، فمثلاً تحسب الحاجة الحقيقية من متطلبات الترددات بالمستوى الثاني بصورة منفصلة لكل من ذلك المستوى ولكل من المستويات التابعة لها، بعد ذلك يحدد مجملاً عاماً للترددات التي يحتاجها المستوى الثاني، وتوازن هذه الحاجة الحقيقية بما يتوفر من ترددات خصصتها المستويات العليا للقرار فيما إذا كان العدد المخصص كافياً لتأمين حاجة المستوى الثاني أم لا، اذا ظهر بأن عدد الترددات المخصصة لا تؤمن الحاجة فعلى مسؤول المخابرة الخاص بالمستوى الثاني اختصار عدد الترددات البديلة (الاحتياطية) التي خُصصت ضمن الحاجة الحقيقية لشبكات المستوى الثاني الراديوية وشبكات المستويات التابعة لها، أو استخدام نفس الترددات في شبكات راديوية مختلفة إذا كانت منفصلة عن بعضها بمسافات كبيرة أو إذا كانت تلك الشبكات ثانوية (Secondary networks) وكذلك يمكن اختزال عدد الشبكات من خلال توحيد الشبكات الراديوية الثانوية مع بعضها، يوضح الشكل (١-٣) مستويات الاتصالات الراديوية:



يمكن صياغة مسألة تخصيص الترددات بالصورة الآتية[١٣][١٦][٢٣]:

N: عدد الشبكات الراديوية المراد تخصيص ترددات لها.

NF: عدد الترددات التي تخصصها المستويات العليا.

الصيغة $< X,F,f,C >$ تمثل الصيغة العامة لعملية تخصيص الترددات حيث:

$X = \{ Net_i \mid Net_i$ شبكة راديوية، $i \in \{١,٢,٣, \dots ,N\} \}$

$F = \{ F_i \mid F_i$ تردد متوفر في قائمة الترددات، $i \in \{١,٢,٣, \dots ,NF\} \}$

f: دالة الهدف (تمثل مجموعة قيود التداخل Interference constraints).

$f : X \rightarrow F$

C: قيود التداخل.

يجب تطبيق عملية تخصيص الترددات في وقت مبكر، ويجب اعداد الترددات وفقاً للسيـــاقات الآتية[٥]:

١- التعرَف على انفتاح المستويات ومنهُيتم التعرف على انفتاح الشبكات الراديوية.

٢- دراسة الأوامر والتعليمات الخاصة بالاتصالات الراديوية التي تصدرها المستويات العليا.

٣- تحديد متطلبات الترددات للأجهزة الراديوية المتواجدة في ذلك المستوى.

٤- تدقيق وتنسيق المتطلبات الحقيقية للترددات مع تلك التي خصصتها المستويات العليا.

٥- تخصيص الترددات للأجهزة بشكل نهائي ومحدد.

٦- إصدار التعليمات بصدد اختيار واستخدام الترددات في المستويات.

١-٣-١ أنواع التداخل Interference types

توجد عدة أنواع للتداخل ومنها:

Abstract

The frequency assignment problem is considered as an important scientific problem that must be solved to prevent the occurrence of interference among the operated radio stations at adjacent frequencies or harmonic frequencies. This problem is considered as Non Polynomial Complete problem that required large time to be solved at a real time. Hence using such method that search on optimal solution to this problem at backtracking approach will not solve optimally such problem. So that we must find a technique that treat such problem efficiently, i.e. finding a solution as fast as possible.

The genetic algorithms were used as a proposed method to solve the frequency assignment problem because it is a technique that treat with NP-Complete problem efficiently and find the solution fastly. The steady state genetic algorithm is used, since at each generation one or two individuals are added to population instead of replace the whole population to give this method the required speed in finding the solution.

The behaviour of binary tournament selection was studied, also the mutation method of (^{1}m) with binary tournament replacement and three methods of crossover (Single-point crossover, Double-point crossover and Uniform crossover) and comparison of their results.

The proposed method was tested with the convention used method on a set of different examples. The proposed method provide of it's efficiency with respect to the conventional one from the point of complexity (time wise).

The PC-type Pentium III was used to execute the corresponding programs with microprocessor of ٦٥٠ MHz speed, using Visual C++ version ٦.

$$F_S' = \frac{n}{m}(F_S - F_I) \pm \frac{F_I}{m} \qquad (٢٨-١)$$

عن طريق هذه العلاقة يتم حساب جميع ترددات الإرسال (F_S') التي يمنع تخصيصها للشبكات الراديوية الأخرى القريبة من الشبكة الراديوية العاملة على تردد الاستقبال (F_S)، ويمكن تخصيصها للشبكات التي تحقق قيد المسافة، عند عكس العلاقة (١-٢٨) تصبح بالشكل:

$$F_S = \frac{m}{n}F_S' + (\frac{n \pm 1}{n})F_I \qquad (٢٩-١)$$

تحسب بالعلاقة (١-٢٩) جميع الترددات التي لو خصصت للشبكات الراديوية الأخرى لتداخلت مرسلة الجهاز العامل على التردد (F_S') على مستقبلات الأجهزة العاملة على التردد (F_S)، ويجب أنْ يؤخذ بالاعتبار عرض الحزمة لكل من أجهزة الإرسال والاستقبال في العلاقات (١-٢٨) و (١-٢٩).

أمّا علاقات التوافقيات الأخرى فيكون استخدامها عندما يكون تردد الإشارة المرغوبة اقل من تردد الهزازة المحلية وهي (١-١٣) و(١-١٤)، ويمكن دمج العلاقتين لتصبح علاقة واحدة كالاتي:

$$F_S' = \frac{n}{m}(F_S + F_I) \pm \frac{F_I}{m} \qquad (٣٠-١)$$

عن طريق هذه العلاقة يتم حساب جميع ترددات الإرسال (F_S') التي يمنع تخصيصها للشبكات الراديوية الأخرى القريبة من الشبكة الراديوية العاملة على تردد الاستقبال (F_S)، ويمكن تخصيصها للشبكات التي تحقق قيد المسافة، عند عكس العلاقة (١-٣٠) تصبح بالشكل:

$$F_S = \frac{m}{n}F_S' - (\frac{n \pm 1}{n})F_I \qquad (٣١-١)$$

تحسب بالعلاقة (١-٣١) جميع الترددات التي لو خصصت للشبكات الراديوية الأخرى لتداخلت مرسلة الجهاز العامل على التردد (F_S') على مستقبلات الأجهزة العاملة على التردد (F_S)، ويجب أنْ يؤخذ بالاعتبار عرض الحزمة لكل من أجهزة الإرسال والاستقبال في العلاقات (١-٣٠) و(١-٣١).

١-٣-٦-٢ قيد الموقع المشترك Co-site constraint

يجب أنْ تنفصل جميع الترددات المخصصة للشبكات الراديوية المتواجدة في نفس الموقع (وجود جهازين راديويين تابعين لشبكتين مختلفتين في نفس العجلة او السفينة او الطائرة او ...) بقيمة معينة يرمز لها بالرمز α ($٠.٠٥ \le \alpha \le ٠.٢$) وذلك حسب العلاقة الآتية[١٠][١٥]:

$$F_j \notin [F_i.(١-\alpha), F_i.(١+\alpha)], \quad F_i > F_j, \quad i,j = ١,٢,٣,\ldots,n, \qquad (٣٢-١)$$

$$i \neq j$$

n عدد الترددات المتوفرة المطلوب تخصيصها و F_i و F_j الترددات المخصصة للشبكات الراديوية، يعرف هذا القيد احياناً بقيد الانفصال (Separation constraint)، لتوضيح هذا القيد بصورة اكثر دقة نفترض وجود جهازين راديويين على مساحة مقدارها ١٠ م^٢ تابعين لشبكتين مختلفتين، تردد الشبكة الأولى ٢٥ ميكاهرتز وتردد الشبكة الثانية ٣٠ ميكاهرتز، عندما تكون قيمة α=٠.١ فإنّ ٢٥ لا تنتمي الى الفترة [٣٣.٢٧] أي ان قيد الانفصال متحقق ويمكن تخصيص الترددين للشبكتين، أمّا إذا كانت α=٠.٢ فإنّ ٢٥ تنتمي الى الفترة [٣٦.٢٤] وبذلك لا يمكن تخصيص واحد من الترددين ويجب البحث عن حل آخر، تعتمد قيمة α على التردد المرغوب وعلى القدرة المستلمة من الإشارة المرغوبة وغير المرغوبة وعلى المسافة الفاصلة بين الجهازين.

١-٣-٦-٣ قيد المرور Traffic constraint

يمكن أنْ يخصص لكل شبكة راديوية اكثر من تردد واحد أحدهما رئيسي (Main) والأخرى ترددات بديلة (Alternative)، يجب ان تكون الترددات مختلفة عن بعضها حتى يتحقق قيد المرور الذي صيغته الرياضية كالأتي[١٤][١٦][٢٨][٢٩]:

$$|F_i - F_j| \neq ٠, \quad i,j = ١,٢,٣,\ldots,n, \; i \neq j \qquad (٣٣-١)$$

n عدد الترددات المتوفرة والمطلوب تخصيصها للشبكات الراديوية، F_i و F_j الترددات المخصصة لنفس الشبكة.

١-٣-٦-٤ قيد المسافة Distance constraint

يمكن أن تخصص نفس الترددات الى شبكتين او اكثر بشرط ان تحقق تلك الشبكات قيد المسافة الفاصلة بين اقرب جهازين من الشبكتين، أي يجب ان تحقق العلاقة (١-٢٧) حيث يفترض الجهاز المتواجد في الشبكة الراديوية الأولى جهاز استقبال والجهاز المتواجد في الشبكة الراديوية الأخرى جهاز إرسال وتطبق العلاقة لحساب اقل مسافة فاصلة ولتكن ($d_١$) ثم يتم افتراض الجهاز المتواجد في الشبكة الراديوية الأولى جهاز إرسال والمتواجد في الشبكة الراديوية الأخرى جهاز استقبال وتطبق العلاقة مرة

أخرى لحساب المسافة ولتكن (d_2)، اذا كانت كل من (d_1) و (d_2) اقل من المسافة الفعلية بين الجهازين فيمكن تخصيص التردد نفسه للشبكتين وخلاف ذلك يمكن تخصيص التردد لواحدة من الشبكتين.

٤-١ طرائق البحث التقليدية Traditional search methods

تكشف طرائق البحث التقليدية عن عدد من الصعوبات (Difficulties) عندما تستخدم في حل المسائل المعقدة، وتنشأ اعظم الصعوبات عندما تطبق لحل عدد من المسائل المختلفة، والسبب ان كل طريقة تقليدية صممت لحل مسألة واحدة فقط بصورة كفوءة، واكثر طرائق البحث التقليدي تميل الى حل امثل محلي (Local optimal solution) [٣٠]، ويمكن تصنيفها على مجموعتين[٣١][٣٢] الطرائق المباشرة (Direct methods) والطرائق المبنية على المشتقة (Gradient-based methods).

تستخدم دالة الهدف والقيود فقط لتوجيه عملية البحث في الطرائق المباشرة وتكون بطيئة وتتطلب الكثير من عملية التقويم لتتقارب الى الحل ويمكن استخدامها لحل الكثير من المسائل دون تغيير في الطريقة، على حين تستخدم المشتقة الأولى والثانية من دالة الهدف بالإضافة الى القيود لتوجيه عملية البحث في الطرائق المبنية على المشتقة وتكون سريعة وتتقارب بسرعة الى الحل المثالي ولكنها غير كفوءة في المسائل المتقطعة، بالإضافة لذلك تعاني طرائق البحث التقليدي بصورة عامة من بعض الصعوبات ومنها:

١- يعتمد التقارب الى الحل المثالي على الحل الابتدائي المختار.
٢- ميول أغلب طرائق البحث التقليدي الى أمثلية محلية.
٣- تكون الطريقة كفوءة في حل احدى مسائل البحث والأمثلية وغير كفوءة في حل مسائل أخرى.
٤- غير كفوءة في حل ومعالجة المسائل ذات المتغيرات المتقطعة.
٥- لا يمكن استخدامها على المعالجات المتوازية بصورة كفوءة.

من طرائق البحث التقليدي طريقة التراجع (Backtracking method) التي تستخدم نوعين من القيود، القيود الضمنية (Implicitly constraints) والقيود الصريحة (Explicitly constraints) التي تطبق على جميع الحلول الممكنة، ويمكن صياغة طريقة التراجع بالخطوات الآتية[٣٣][٣٤][٣٥][٣٦]:

١- تبدأ الطريقة بفراغ حلول (Solutions space) للمسألة يتضمن حل مثالي واحد في الأقل.
٢- تنظيم فراغ الحلول بصورة تسهل عملية البحث (مخطط Graph، شجرة Tree).
٣- تبدأ عملية البحث من عقدة البداية (Start node) وتسمى بالعقدة الحية الحالية.
٤- من العقدة الحية الحالية نحاول التحرك الى عقدة جديدة تسمى بعقدة التمديد E-node (Expansion node) وتصبح عقدة جديدة حية.

٥- اذا لم نستطع التحرك الى عقدة جديدة فإنّ عقدة التمديد الحية الحالية تموت ونعود الى اقرب عقدة حية متبقية وتصبح عقدة تمديد حية مرة أخرى.

٦- تكرار الخطوات (٤ و ٥) على كل الحلول الممكنة المتواجدة في فراغ الحلول.

تتطلب طريقة التراجع عند تطبيقها على مسائل من نوع اللامتعددات الحدود الكاملة وقت كبير لإنجازها لأنها تعمل على فراغ حلول متكون من ٢^n أو n! عقدة.

١-٥ الخوارزميات الجينية Genetic algorithms

تعد الخوارزميات الجينية خوارزميات بحث عامة تعتمد مبدأ الانتقاء الطبيعي (Natural selection) و الجينات الطبيعية (Natural genetics)، اشتقت الخوارزميات الجينية اعتماداً على العمليات الجينية من الكائنات الحية، وضمن عدة مراحل من التوليد يطور المجتمع الطبيعي طبقاً لمبدأ الانتقاء الطبيعي والبقاء للاصلح ("Survival of the fittest").

طورت من قبل العالم جون هولاند (John Holland) في جامعة ميشيجان (Michigan)، وبعد بحث دام عقداً من الزمن انتهى بكتابة منشورهِ عام ١٩٧٥ الذي عنوانه("Adaptive in natural and artificial systems") [١٧][١٨][٣٧].

تُعدُّالخوارزميات الجينية من الخوارزميات القادرة على حل مشاكل العالم الحقيقية، وتستخدم في حل الكثير من مسائل الأمثلية (Optimization problems) والمسائل المعقدة (Complex problems) وفي مختلف المجالات، تبدأ بمجتمع عشوائي يمثل مجموعة الحلول الممكنة (Possible solutions) وكل حل يمثل فرداً (Individual) يتكون من مجموعة من الجينات (Genes) تسمى بالكروموسوم (Chromosome).

بعد توليد المجتمع يتم تقويم كل فرد فيه حيث إنّ لكل فرد صلاحية (Fitness) ترتبط مباشرة

بدالة الهدف (Objective function) للمسألة المعنية، ثم يتم تطوير وتوليد مجتمع آخر جديد من خلال تطبيق مجموعة من العوامل الجينية (Genetic operators) ومنها الإنتقاء (Selection) والتزاوج (Crossover) والطفرة (Mutation) بصورة متكررة ومتتابعة على أفراد كل جيل الى حين تحقق شرط التوقف (Stop criteria)[١٧][٣٧][٣٨][٣٩].

تمتاز الخوارزميات الجينية بالخصائص الآتية[٣٧][٤٠]:

أ. تعمل على شفرة المعاملات التي تمثل متغيرات القرار للمسألة وليس على المعاملات نفسها.

ب. تبحث انطلاقاً من مجموعة نقاط في فراغ البحث (Search space) وليس من نقطة واحدة.

ج. تستعمل قواعد انتقالات عشوائية (Probabilistic) وليس قواعد محددة (Deterministic).

د. تستعمل معلومات دالة الهدف وليس مشتقاتها أو أية معرفة أخرى.

١-٥-١ أشكال الخوارزميات الجينية Forms of genetic algorithms

يوجد شكلان أساسيان للخوارزمية الجينية هما الخوارزمية الجينية البسيطة والخوارزمية الجينية لحالة الاستقرار.

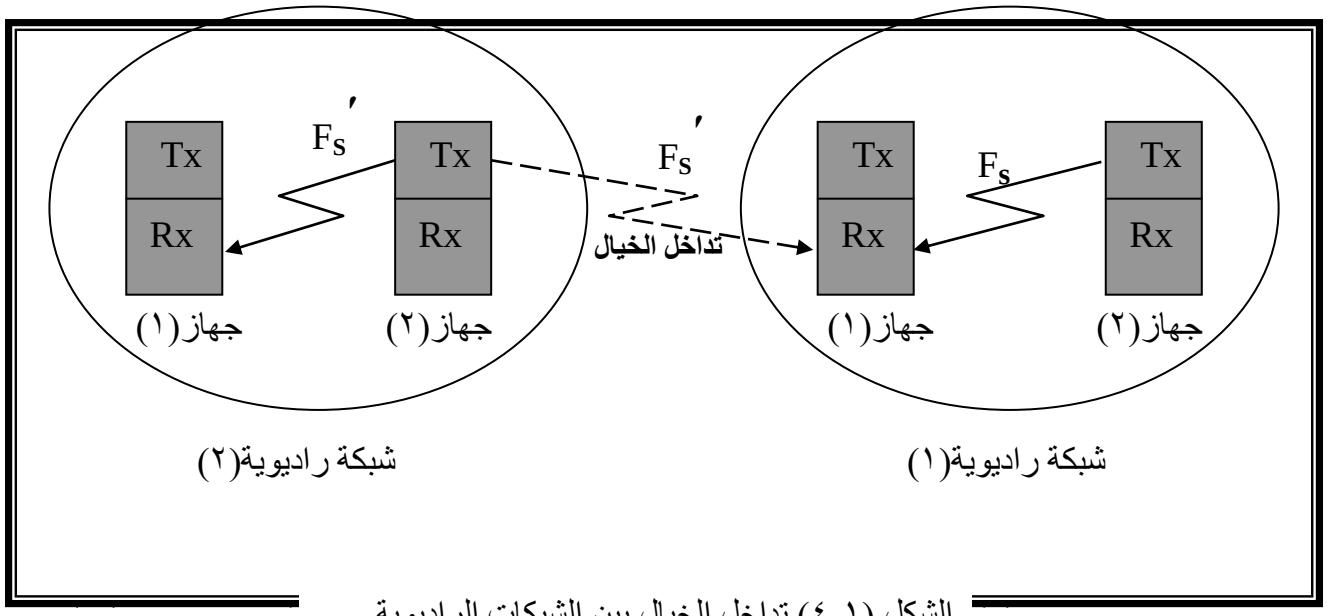
١-٥-١-١ الخوارزمية الجينية البسيطة Simple genetic algorithm(sGA)

هي التوجه الأصلي الذي اقترحهُ هولاند من خلال دراستهِ لمجتمع ذباب الفاكهة، ففي هذه الخوارزمية يتم توليد كل مجتمع لكل جيل بالإعتماد على الجيل السابق (مجتمعات لا متداخلة)

١-٣-١-١ تداخل الخيال Image interference

تواجه ظاهرة تداخل الخيال كافة الأجهزة الراديوية المتواجدة في مواقع الشبكات الراديوية المختلفة عندما تتهيأ ظروف ملائمة لذلك[٥]، وتنطوي هذه الظاهرة على اكتشاف قنوات أو مكالمات في مواقع من الترددات غير تلك التي تنظم عليها الأجهزة مما يسبب إرباكاً للقناة المطلوبة وتشويشاً على المعلومات الجارية خلالها[٥][٦].

يوضح الشكل (١-٤) تداخل الخيال الحاصل بين جهازين راديويين من النوع المرسل المستقبل تابعين لشبكتين مختلفتين:



الشكل (١-٤) تداخل الخيال بين الشبكات الراديوية

والشبكة(٢) على التردد (F_s')، فمن الممكن أن يؤثر الجهاز(٢) التابع للشبكة(٢) على الجهاز(١) التابع للشبكة(١) بظاهرة تداخل الخيال عندما تتهيأ ظروف ملائمة يتمكن من خلالها التردد (F_s') وبقدرة كافية من اختراق مرحلة التضخيم الراديوية لمستقبل الجهاز(١) وصولاً الى مدخل المازج المتوازن الذي يتعامل معه بدوره كما يتعامل مع تردد الاشارة المرغوبة (F_S)، وعلى الرغم من تمكن الإشارة غير المرغوبة (Undesired signal) من اختراق المراحل الراديوية للمستقبل ومزجها مع إشارة الهزازة المحلية (Local oscillator signal) داخل المازج المتوازن أسوة بالإشارة المرغوبة (Desired signal) إلاّ أنها لن تتمكن من المرور عبر مرحلة التضخيم الوسطية وأحداث التداخل مع الإشارة المرغوبة إلا إذا كان ترددها يشغل مواقع معينة تتعلق بالتردد الوسطي (Intermediate frequency) للمرحلة.

➢ حالات تداخل الخيال Image interference states

هناك حالتان أساسيتان لتداخل الخيال في مستقبلات التحويل بالفرق[٥][٩]:

أ- عندما يصمم المستقبل بحيث يكون تردد الهزازة المحلية (F_o) اقل من التردد المرغوب (F_s) الذي ينظم عليه بمقدار ثابت يساوي التردد الوسطي لمرحلة التضخيم الوسطية (F_I)، وتوجد إشارة غير مرغوبة (F_s') تتمكن من اختراق مراحل التضخيم الراديوية، ففي هذه الحالة يمكن لتداخل الخيال أن يتم بحسب العلاقة (١-٢)، ولكي يصبح بإمكان إشارة التداخل العبور خلال مرحلة التضخيم الوسطية فيجب أن يكون ترددها في موقع بحيث:

$$F_I = F_o - F_s' \qquad (٥-١)$$

ومن العلاقتين (١-٢) و (١-٥) نجد:

$$F_s' = F_s - ٢F_I \qquad (٦-١)$$

أي أن الإشارة غير المرغوبة تستطيع مواصلة طريقها بالمرور عبر مراحل التضخيم الوسطية بعد أن تتمكن من اختراق مراحل التضخيم الراديوية للمستقبل عندما يتحدد ترددها بالعلاقة (١-٦).

ب- عندما يصمم المستقبل بحيث يكون تردد الهزازة المحلية (F_o) اكبر من التردد المرغوب (F_s) الذي ينظم عليه بمقدار ثابت يساوي التردد الوسطي لمرحلة التضخيم الوسطية (F_I)، فإنّ تداخل الخيال يتم عندما يتخذ تردد الإشارة غير المرغوبة (F_s') موقعاً بحيث:

$$F_I = F_s' - F_o \qquad (٧-١)$$

ومن العلاقتين (١-٣) و (١-٧) نجد:

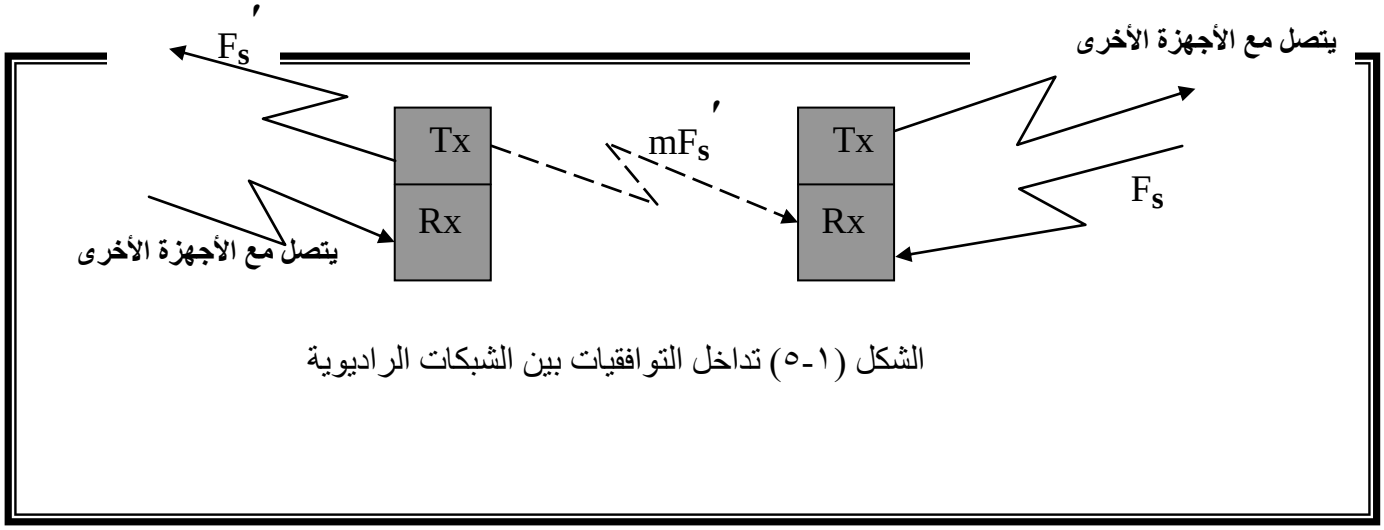
$$F_s' = ٢F_I + F_s \qquad (٨-١)$$

إذن تمثل العلاقات (١-٦) و(١-٨) علاقات تداخل الخيال التي يمكن من خلالها حساب ترددات الخيال (Image frequencies) التي يمنع تخصيصها للشبكات الراديوية الأخرى في مستقبلات التحويل بالفرق.

١-٣-١-٢ تداخل التوافقيات Harmonic interference

يحدث هذا النوع من التداخل بين الأجهزة الراديوية القريبة نسبياً من بعضها والتابعة لشبكات راديوية مختلفة[٦]، وعلى عكس تداخل الخيال الذي يحدث بصورة مباشرة بين ترددات الشبكات فإنّ تداخل التوافقيات يحدث بصورة غير مباشرة نتيجة لتولد عدد من التوافقيات (Harmonics) مع التردد الأساسي[٥].

يوضح الشكل (١-٥) تداخل التوافقيات بين جهازين راديويين منصوبين في عجلة واحدة أو في موضع واحد أو يستخدمان نفس الهوائي عبر مرشحة ويشكلان شبكتين مستقلتين مع أجهزة بعيدة.



الشكل (١-٥) تداخل التوافقيات بين الشبكات الراديوية

تولد الهزازة المحلية للجهاز(١) في الشكل (١-٥) تردداً أساسياً مقدارهُ (F_o) بالإضافة الى عدد من مضاعفات هذا التردد (توافقياته nF_o) حيث n عدد صحيح موجب، ويبث الجهاز(٢) العامل على التردد (F_s') إضافة الى ترددهُ عدد من التوافقيات ترددتها (mF_s') حيث m عدد صحيح موجب.

وقد يحدث أن يكون اختيار الترددين (F_s , F_s') لكلا الجهازين ان تخترق التوافقية (mF_s') للتردد غير المرغوب مرحلة التضخيم الراديوية في مستقبل الجهاز(١) ومزجها بالتوافقية (nF_o) التي تولدها الهزازة المحلية للجهاز(١) بحيث تتمكن الإشارة غير المرغوبة من المرور عبر مرحلة التضخيم الوسطية للمستقبل بنفس السهولة التي تمر بها الإشارة المرغوبة، ونتيجة لذلك ينخفض نقاء القنوات الراديوية وتسوء نوعية الاتصال، وبما أنّ قدرة التوافقيات (Harmonics power) المتولدة قليلة جداً بالقياس بالترددات الأساسية وكذلك بسبب اضمحلالها اكثر من خلال مرورها عبر مرشحات المراحل الراديوية (Radio stages filters) للمرسلة المتداخلة وللمستقبلة المتأثرة بالتداخل فإنّ تأثير هذا التداخل لا يظهر إلاّ إذا كانت المسافة بين هوائيات الأجهزة لا تتجاوز بضعة أمتار وكذلك اعتماداً على قدرة المرسلة المتداخلة وعلى حساسية المستقبلة المتأثرة بالتداخل.

كلما أخذت قيم المعاملين (m,n) بالازدياد فإنّ شدة التوافقيات المتولدة تنخفض بحدة ولهذا عندما تكون قيمتاهما كبيرة فإنّ تأثير التوافقيات سينعدم.

➢ حالات تداخل التوافقيات Harmonic interference states

هناك حالتان أساسيتان لتداخل التوافقيات في مستقبلات التحويل بالفرق[٥][٨][٩]:

أ- عندما يصمم المستقبل بحيث يكون تردد الهزازة المحلية (F_o) اقل من التردد المرغوب (F_s) الذي ينظم عليه بمقدار ثابت يساوي التردد الوسطي لمرحلة التضخيم الوسطية (F_I)، وتوجد مرسلة تبث على التردد (F_s') قريبة من هذا المستقبل، فمن المؤكد أنّ تلك المرسلة ستولد عدد من التوافقيات (mF_s') تبث مع التردد الأساسي (F_s')، ويحدث تداخل التوافقيات بين هذه المرسلة والمستقبل العامل على التردد (F_s) إذا كان تردد الإرسال (F_s') في موقع بحيث إنّ التوافقية (mF_s') لدى اختراقها لمرحلة التضخيم الراديوية للمستقبل ووصولها الى مدخل المازج المتوازن ومزجها مع توافقية الهزازة المحلية (nF_o) فإنّ الفرق بين ترددي التوافقيتين يساوي التردد الوسطي لمرحلة التضخيم الوسطية للمستقبل، وهنا تبرز حالتان تؤمنان هذا الشرط اعتماداً على قيمة كل من الترددين (F_o, F_s') والعددين (m,n) وهما:

١- إذا كان ($mF_s' > nF_o$) فإنّ:

$$F_I = mF_s' - nF_o \qquad (٩-١)$$

ومن العلاقتين (١-٢) و (١-٩) نجد أنّ:

$$F_s' = (\frac{n}{m})F_s - (\frac{n-1}{m})F_I \qquad (١٠-١)$$

٢- إذا كان ($mF_s' < nF_o$) فإنّ:

$$F_I = nF_o - mF_s' \qquad (١١-١)$$

ومن العلاقتين (١-٢) و (١-١١) نجد أنّ:

$$F_s' = (\frac{n}{m})F_s - (\frac{n+1}{m})F_I \qquad (١٢-١)$$

وبذلك يجب الامتناع عن تخصيص الترددات المحسوبة من العلاقتين (١-١٠) و (١-١٢) للجهاز(٢).

ب- عندما يصمم المستقبل بحيث يكون تردد الهزازة المحلية (F_o) اكبر من التردد المرغوب(F_s) الذي ينظم عليه بمقدار ثابت يساوي التردد الوسطي لمرحلة التضخيم الوسطية (F_I)، هنا تبرز

حالتان لتداخل التوافقيات تعتمد على كل من الترددين (F_o, F_s') وعلى قيمة كل من العددين (m,n) وهما:

١- إذا كان ($mF_s' > nF_o$)، نجد من العلاقتين (١-٣) و (١-٩) العلاقة الآتية:

$$F_s' = (\frac{n}{m})F_s + (\frac{n+1}{m})F_I \qquad (١٣-١)$$

٢- إذا كان ($mF_s' < nF_o$)، نجد من العلاقتين (١-٣) و (١-١١) العلاقة الآتية:

$$F_s' = (\frac{n}{m})F_s + (\frac{n-1}{m})F_I \qquad (١٤-١)$$

وبذلك يجب الامتناع أيضاً عن تخصيص الترددات المحسوبة من خلال العلاقتين (١-١٣) و (١-١٤) للجهاز(٢).

من الواضح أنّ حساب الترددات لتداخل التوافقيات من العلاقات (١-١٠)،(١-١٢)، (١-١٣)،(١-١٤) يبدأ بمعرفة مجموعة من المواصفات الفنية للمستقبلة المتوقع تأثرها بالتداخل ولاسيما قيمة التردد الوسطي لمرحلة التضخيم الوسطية فيها، وفيما إذا كان تردد هزازتها المحلية اكبر أو اقل من التردد الذي تنظم عليه (التردد المرغوب).

وكما أوضحنا سابقاً بأنّ (m,n) عددان صحيحان موجبان يتخذ كل منهما القيم (٣،٢،١،٠،...)، فعندما تكون قيمة كل منهما مساوية للواحد في العلاقات الأربعة (١-١٠)،(١-١٢)،(١-١٣)،(١-١٤) فإنّ تداخل التوافقيات سيتحول الى إحدى الحالتين الآتيتين[٩]:

<u>الأولى</u>: أمّا أن يكون تداخل مباشر كما تشير العلاقتان (١-١٠) و (١-١٤) حيث يكون تردد مرسلة الجهاز(٢)(F_s') المتداخل مساوياً لتردد مستقبل الجهاز(١)(F_s) المتأثر بالتداخل أي ($F_s=F_s'$).

<u>الأخرى</u>: أو يكون بصيغة تداخل خيال كما تشير العلاقتان (١-١٢) و (١-١٣) أي العلاقة (١-١٢) تكون مكافئة للعلاقة (١-٦) والعلاقة (١-١٣) تكون مكافئة للعلاقة (١-٨)، نلاحظ أنّ تداخل الخيال هو حالة خاصة من تداخل التوافقيات في مستقبلات التحويل بالفرق.

١-٣-٢ المستقبلات الراديوية Radio receivers

يمكن تصنيف المستقبلات الراديوية على صنفين هما المستقبلات الإذاعية (Broadcast receivers) ومستقبلات الاتصال (Communication receivers) [٨].

تستخدم المستقبلات الإذاعية لاستقبال البرامج الصوتية والمرئية (Sound and visual programs) والموجه الى عامة الناس، أمّا مستقبلات الاتصال فيمكن تصنيفها طبقاً الى (مبدأ العمل

Operating principle، الطول الموجي Wave length (او التردد)، نوع الخدمة Type of service، نوع التضمين Type of modulation، نوع التنصيب Type of installation، مدى العمل Range of operation)[٨].

طبقاً لمبدأ العمل توجد مستقبلات التردد الراديوي المنغم (TRF) ومستقبلات إعادة التوليد (Regenerative) ومستقبلات إعادة التوليد الفوقية (Superregenerative) ومستقبلات الاستحواذ العالي (Superheterodyne).

وطبقاً للطول الموجي (التردد) توجد مستقبلات الموجة الطويلة (Long-wave) (التردد الواطئ) ومستقبلات الموجة المتوسطة (Medium-wave) (التردد المتوسط) ومستقبلات الموجة القصيرة (Short-wave) (التردد العالي) ومستقبلات الموجة فوق القصيرة (Ultra short-wave).

وطبقاً لنوع التضمين توجد مستقبلات تضمين الوسع (AM) ومستقبلات تضمين التردد(FM) ومستقبلات تضمين الطور (PM).

وطبقاً لنوع التنصيب توجد المستقبلات الثابتة (Stationary) والمستقبلات المتنقلة (Mobile).

وطبقاً لمدى العمل توجد مستقبلات المدى الطويل (Long-range) ومستقبلات المدى المتوسط (Medium-range) ومستقبلات المدى القصير (Short-range)، ويوضح الشكل (١-٦) تصنيف المستقبلات اللاسلكية[٢٤].

١-٣-٣ المرسلات الراديوية Radio transmitters

يعرف المرسل (Transmitter) بأنه نظام الكتروني يحول الإشارة المرسلة الى صيغة يمكن إرسالها عبر نظام الهوائي الى بيئة الغلاف الجوي (Surrounding atmosphere)[٢٥][٢٦]، ويجب أن يكون المرسل قادراً على:

أ. إنتاج إشارة حاملة (Carrier signal) بحيث تكون مميزة عن كل أجهزة الإرسال الراديوية المحلية الأخرى.

ب. يضمن الإشارة الحاملة مع الإشارة المرسلة قبل ان ترسل الى المستقبل.

ج. يزود قدرة كافية (طاقة) الى الإشارة المضمنة ليكون بإمكانها أن تتجاوز المسافة بين المرسل والمستقبل.

تنتج أجهزة الإرسال الراديوية بالإضافة الى الإشارة المرغوبة التي تولدها العديد من الإشعاعات غير المقصودة كترددات مزيفة تسمى بالإشارات غير المرغوبة (Undesired signals)، وهي جميع الإشارات الناتجة عن طريق الجهاز الراديوي او منتشرة بهوائي إرسال وهي ليست ضرورية لإرسال المعلومات المرغوبة[٦][٢٥].

إنّ كل من الإشارات المرغوبة وغير المرغوبة ربما تنتج التداخل الكهرومغناطيسي في مستقبلات الأجهزة الأخرى، ولذلك يجب أن تعامل كل أجهزة الإرسال كمصادر محتملة للتداخل.

١-٣-٤ الهوائيات Antennas

يعرف الهوائي (Antenna) بأنه الجزء الذي عن طريقهترسل وتستلم القدرة الكهرومغناطيسية من والى وسط الانتشار في الفضاء[٢٥][٢٧].

تلعب الهوائيات دوراً رئيسياً في عمل المحطات الراديوية والرادارات والملاحة بأنواعها، لقد تطور علم الهوائيات بدرجة كبيرة وأصبحت كفاءة الاتصال تعتمد على كفاءة الهوائي حتى انه في بعض الأحيان يمكن تغطية كفاءة الإرسال والاستقبال القليلة باستخدام هوائي ذي كفاءة عالية.

تتحدد كفاءة الهوائي (Antenna efficiency) بمقدار الفقدان في القدرة الحاصلة في الهوائي وتعتمد هذه الخسائر على عدة عوامل ومنها[٢٧]:

أ. الفقدان في جسم الهوائي الذي يتحول الى حرارة، ويعتمد ذلك على نوع المعدن المستخدم (مقاومة المعدن).

ب. الفقدان في مغذي الهوائي، ويعتمد على التضاؤل الذي يسببُهالمغذي للإشارات.

ج. الفقدان في العوازل ويكون عادةً كمية غير كبيرة.

د. الفقدان نتيجة عدم التوافق بين المغذي والهوائي، المغذي والمرسلة، المغذي والمستقبلة.

هـ. الفقدان في الأرض نتيجة نفوذ المجالات الكهرومغناطيسية وتضاؤلها.

تنتشر القدرة الكهرومغناطيسية في الفضاء بشكل أمواج تتكون من مركبات المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي، ويمكن تصنيف الهوائيات طبقاً لمزايا وخواص متعددة يوضحها الشكل (١-٧)[٢٦][٢٧].

١-٣-٥ المسافة الفاصلة بين الشبكات الراديوية

Separation distance among the radio networks

تعد المسافة الفاصلة بين الشبكات الراديوية عاملاً مهماً ومؤثراً في عملية تخصيص التردد

وبصورة أدق يقصد بها المسافة التي تفصل بين هوائيات أجهزة الإرسال والاستقبال الراديوية التابعة لشبكات مختلفة[٥].

يعين لمسؤول مخابرة مستوى معين مجموعة من الترددات ليقوم الأخير بتخصيصها الى كافة المستويات المرتبطة به وتأمين عمل الأجهزة فيها، ويعني ذلك أنّ الطلب على الترددات للتشكيل بمستوى واحد كبيرة جداً، ونظراً الى أنّ أجهزة الاتصال الراديوي أصبحت مهمة في الوقت الحاضر فقد أخذت كثافة هذه الأجهزة بالازدياد عدة أضعاف وتناسوا أمر تداخل الأجهزة الراديوية فيما بينها (الزيادة آسية في الطلب على أجهزة الاتصال قياساً بالبحوث التي تناقش مسألة تخصيص الترددات لمحطات الاتصال الراديوي[١])، خلفت هذه الحالة مشاكل التداخل التي تحدث بين الشبكات الراديوية نتيجة تخصيص نفس الترددات او توافقياتها الى جهازين راديويين قريبين من بعضهما تابعين لشبكتين مختلفتين، مما يضيف ذلك مشكلة أخرى هي مشكلة تأمين المسافات الفاصلة الضرورية بين الهوائيات[٥].

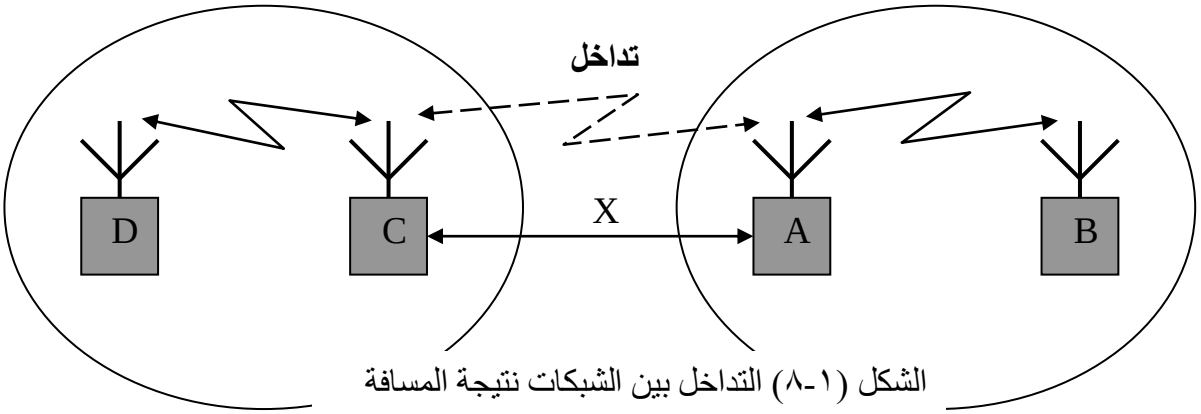
لذلك وقبل القيام بتوزيع الترددات على أي مستوى فإنَّ أهم واجب من واجبات مسؤول مخابرة المستوى القيام بحساب المسافات التي تفصل بين كل منطقتين أو موقعين قبل النظر في إمكانية تخصيص القنوات المتماثلة (الترددات المتماثلة) للشبكات الراديوية، ويعتمد مدى التغطية (Coverage range) التي يتأمن من خلالها الاتصال بين جهازين على قدرة الجهاز المرسل وعلى حساسية الجهاز المستقبل، لأنّ حساسية الاستقبال تُعدُّبوابة لتحديد تأمين الاتصال وعدم تأمينه.

لنفترض وجود جهازين متباعدين بمسافة X كيلومتر أحدهما مرسل والآخر مستقبل، إنّ قيمة X تحددها العلاقة بين قيمة القدرة لجهاز الإرسال فيما لو كانت اكبر او تساوي من قيمة الحساسية لجهاز الاستقبال، يوجد اتصال مادامت هذه العلاقة متحققة أمّا إذا كانت غير متحققة فإنّ الاتصال لا يتم وهذا يعني أنّ القدرة ماتت في منطقة أقل من X، وهذا يجعلنا نتوقف عند حقيقة أهمية حساسية أجهزة الاستقبال الراديوية لأنها تُعدَّعاملاً مهماً ومؤثراً في تحديد المسافة بين جهازين ضمن نفس الشبكة لتأمين الاتصال وكذلك بين جهازين تابعين لشبكتين مختلفتين لمنع التداخل المحتمل الحدوث بينهما.

ومن هنا يجب أيجاد علاقة تحكم بين توزيع الترددات للشبكات وقيم القدرة لأجهزة الإرسال وقيم الحساسية لأجهزة الاستقبال.

كقاعدة بسيطة جرت العادة أنّ تخصص نفس الترددات الى المستويات المتباعدة (أي تلك المنفتحة على الأجنحة) وهذا بشكل عام يحقق المسافة المطلوبة، إلاّ أنّ هذا الأسلوب يعاني من سلبيات ناتجة عن استخدام أجهزة اتصال تختلف في بعض المواصفات او اختزال المسافات الفاصلة بين المناطق التي تتواجد فيها الشبكات، وهنا تبرز إمكانية ظهور التداخل الشديد بين قنوات الأجهزة التي تستخدم نفس الترددات، ولهذا يُعدَّ اعتماد الحسابات الرياضية لمعرفة مقدار المسافة الفاصلة بين الأجهزة بالضبط مطلباً ضرورياً.

يوضح الشكل (١-٨) التداخل الناتج عن المسافة بين شبكتين راديويتين تعملان في قاطعين منفصلين وعلى نفس التردد:



الشكل (١-٨) التداخل بين الشبكات نتيجة المسافة

الشبكتين (بين هوائيات الأجهزة) بحيث نجعل التداخل بينهما لا يتعدى المستوى الذي يؤثر على الإشارة المرغوبة بدرجة كبيرة ؟

من الشكل (١-٨) نجد أنّ اقرب جهازين بين الشبكتين (١)و(٢) هما A و C على التوالي ولندرس التداخل الذي تسببه مرسلة الجهاز(C) في مستقبل الجهاز(A)، ونسمي قدرة التداخل التي يستلمها هوائي جهاز الاستقبال(A) من هوائي جهاز الإرسال(C) بالقدرة غير المرغوبة بينما نسمي القدرة التي يستلمها الجهاز(A) من الجهاز(B) بالقدرة المرغوبة.

أنّ القدرة التي يجمعها هوائي استقبال (P_r) يتعرض لمجال كهربائي متغير شدته (E) تتناسب طردياً مع ربح الهوائي ((Antenna gain(G)) ومربع شدة المجال (Field strength) وبحسب العلاقة الاتية[٥][٨][٢٦]:

$$P_r = (\lambda/4\pi)^2 .GE^2/30 \qquad (١٥-١)$$

حيث λ تمثل الطول الموجي للمجال الكهربائي، إنّ شدة المجال الكهربائي لموجة راديوية (Radio wave) سطحية في نقطة تقع على بعد (r) متراً من هوائي جهاز الإرسال الذي يبث بقدرة مقدارها (P_t) واط وارتفاع هوائيه (h) متراً والطول الموجي لهذه الموجة هو (λ) متراً [٥][٦]:

$$E = \frac{60}{r}\sqrt{\frac{Pt}{Rt}} . (1-\cos\theta) \qquad (١٦-١)$$

حيث (R_t) مقاومة هوائي جهاز الإرسال (Resistance of transmitter antenna) و $\theta = 2\pi h/\lambda$ ويمكن تبسيط العلاقة (١-١٦) كالاتي:

$$E = \frac{60}{r}\sqrt{\frac{Pt}{Ret}} \qquad (١٧-١)$$

حيث (R_{et}) المقاومة المؤثرة لهوائي جهاز الإرسال (Effective resistance of transmitter antenna) وهي كمية غير ثابتة تتناسب مع مقاومة الهوائي طردياً كما في العلاقة الاتية:

$$R_{et} = R_t / (1 - \cos\theta)^2 \qquad (١٨-١)$$

زيادةً على ذلك فإنَّ الموجة الراديوية السطحية لا بد أنَّ تتعرض الى خسارة ناتجة عن الضوضاء (noise) المتواجدة في بيئة الغلاف الجوي، وهي كمية اقل من واحد تتغير بشكل معقد مع طول الموجة (λ) وايصالية التربة (Conductivity(σ)) والبعد عن هوائي جهاز الإرسال (r) ويرمز لها بالرمز (δ) وبذلك تصبح العلاقة (١-١٧) كالأتي:

$$E = \frac{60}{r}\sqrt{\frac{Pt}{Ret}} . \delta \qquad (١٩-١)$$

حيث إنّ الخسارة (δ) يمكن حسابها كالأتي: $\delta = 60\lambda^2\sigma / \pi r$

وبتعويض (δ) في العلاقة (١-١٩) نجد أنّ شدة المجال الكهربائي لموجة سطحية راديوية في نقطة تقع على سطح الأرض بمسافة مقدارها (r) متراً من هوائي جهاز الإرسال تتناسب عكسياً مع مربع هذه المسافة وكما في العلاقة الاتية:

$$E = ٦٠^{٢}.\lambda^{٢}.\sigma\sqrt{\frac{Pt}{Ret}}/\pi r^{٢} \qquad (٢٠-١)$$

وبما أنّ هوائيات الأجهزة المستخدمة هي هوائيات عمودية وتعمل على نفس التردد فإنّ ربح الهوائي في العلاقة (١-١٥) كمية ثابتة في كافة الاتجاهات الأفقية حول هوائي الاستقبال، وبذلك سيتعامل هوائي جهاز الاستقبال(A) في الشبكة(١) بنفس الربح مع مرسلة أي من أجهزة الإرسال المحيطة وتكون القدرة التي يجمعها الهوائي من العلاقة (١-١٥) كالاتي:

$$P_r = k_١.E^{٢} \qquad (٢١-١)$$

حيث $k_١$ كمية ثابتة $\qquad k_١ = ((\lambda/٤\pi)^{٢}.G/٣٠)$

وبما أنّ جهازا الإرسال(B) و(C) يعملان على نفس التردد الذي يعمل عليه جهاز الاستقبال(A) وكذلك تواجد الأجهزة الراديوية في منطقة لا تتغير طبيعة تربتها بدرجة كبيرة (الايصالية σ كمية ثابتة) فإنّ العلاقة (١-٢٠) تصبح:

$$E = k_٢\sqrt{\frac{Pt}{Ret}}/r^{٢} \qquad (٢٢-١)$$

حيث $k_٢$ كمية ثابتة $\qquad k_٢ = (٦٠^{٢}\lambda^{٢}\sigma/\pi)$

وبذلك تكون القدرة التي يجمعها هوائي الاستقبال من هوائي الإرسال عندما تكون المسافة بينهما (r) هي:

$$P_r = k_١.k_٢^{٢}.\frac{Pt}{Ret}.(\frac{1}{r})^{٤} \qquad (٢٣-١)$$

إنّ أقصى مدى تؤمنه الشبكة الراديوية(١) يتحدد بأقل قدرة مؤثرة في هوائي جهاز الاستقبال(A) عندما يبث جهاز الإرسال(B) بأقصى قدرتهِ، وبالاستفادة من العلاقة (١-٢٣) نحصل على:

$$P_r \min = k_1 k_2^2 . (\frac{Ptd\max}{Retd}) . (\frac{1}{Dd})^4 \qquad (٢٤-١)$$

حيث $P_r \min$: اقل قدرة مؤثرة في هوائي جهاز الاستقبال(A).

$P_{td} \max$: أقصى قدرة يبثها هوائي جهاز الإرسال(B).

R_{etd}: المقاومة المؤثرة لهوائي جهاز الإرسال(B).

D_d: أقصى مدى (أبعد جهازين) للشبكة(١).

ولكي يكون جهاز الإرسال(C) المتداخل غير مؤثر بدرجة كبيرة على الإشارة المرغوبة من

جهاز الإرسال(B) فإنّ المسافة الفاصلة (Separation distance) بين الجهازين (A) و (C) يجب ان لا تقل عن المقدار الذي تكون فيه القدرة غير المرغوبة التي يجمعها هوائي جهاز الاستقبال مساوية لربع اقل قدرة مؤثرة فيه أي انّ:

$$\frac{Pr\min}{4} \qquad (٢٥-١) \qquad = k_1 k_2^2 . (\frac{Ptu\max}{Retu}) . (\frac{1}{Du})^4$$

حيث $P_{tu} \max$: أقصى قدرة تبثها المرسلة غير المرغوبة(C).

R_{etu}: المقاومة المؤثرة لهوائي جهاز الإرسال(C).

D_u: اقل مسافة فاصلة يجب تأمينها بين الجهازين (A) و (C).

ومن تقسيم العلاقتين (١-٢٤) و (١-٢٥) على بعضهما نحصل على:

$$(\frac{Du}{Dd})^4 = ٤ . (\frac{Ptu\max}{Ptd\max}) . (\frac{Retd}{Retu}) \qquad (٢٦-١)$$

ولتبسيط العلاقة (١-٢٦) يؤخذ اللوغاريتم العشري للطرفين ومع أجراء التبسيط نحصل على:

$$D_u = ١٠^{\frac{\log(4) + \log(\frac{Ptu\max}{Ptd\max}) + \log(\frac{Retd}{Retu})}{4}} . D_d \qquad (٢٧-١)$$

إذن من العلاقة (١-٢٧) يمكن حساب اقل مسافة فاصلة بين أقرب جهازين راديويين تابعين لشبكتين مختلفتين من معرفة مدى إحدى الشبكتين، لكي يكون بالإمكان تخصيص نفس التردد للشبكتين دون حدوث أي تداخل مؤثر.

إنّ مدى كل شبكة راديوية يتمثل بأبعد جهازين راديويين داخل الشبكة لأن كلا الجهازين سيبثان بأقصى قدرتيهما ليصل البث الى الجهاز الآخر، لذلك يجب أن يتوفر لدى مسؤول المخابرة معلومات كافية عن كل شبكة راديوية من حيث قدرة البث لكل جهاز إرسال والمقاومة المؤثرة لهوائي كل جهاز وكذلك المسافة الفاصلة بين كل جهازين داخل الشبكة.

١-٣-٦ قيود التداخل لشبكات الاتصال الراديوية

Interference constraints for the radio communication networks

١-٣-٦-١ قيود التوافقيات Harmonic constraints [٥][٦][٨][٩][٢٦]

تعد الترددات التي تنتشر مع التردد المرغوب في الإشارة الحاملة بالإضافة الى التردد نفسه عناصر تداخل في أجهزة الاستقبال التابعة للشبكات الراديوية الأخرى، لذلك يجب تجنب تداخل الخيال وتداخل التوافقيات من خلال تطبيق قيود التوافقيات المتمثلة بعلاقات التوافقيات التي عن طريقها يتم حساب كل الترددات المحتمل توليدها مع التردد المخصص لشبكة راديوية معينة ليمنع تخصيصها الى الشبكات القريبة او المتواجدة معها في نفس الموقع.

توجد أربع علاقات لقيود التوافقيات منها علاقتان عندما يكون تردد الإشارة المرغوبة اكبر من

تردد الهزازة المحلية وهي (١-١٠) و (١-١٢)، حيث يمكن دمجهما لنحصل على العلاقة الآتية:

((Non-overlapping populations))، ويمكن توضيح عملها من خلال الخوارزمية الاتية[١٨][٣٧][٣٨]:

Algorithm sGA

Initialization (population);
Evaluation (population);
Generation ← ٠;
Do
Selection (population, parents);
Crossover (parents, offspring, pc);
Mutation (offspring, pm);
Population ← offspring;
Evaluation (population);
Generation ← Generation + ١;
***While** (not Stop-Criteria);*

End sGA

في كل دورة في الخوارزمية يتم إحلال المجتمع الجديد محل المجتمع القديم بكامله وهذا ما يقصد به مجتمعات لا متداخلة.

١-٥-١-٢ الخوارزمية الجينية لحالة الاستقرار
Steady state genetic algorithm(ssGA)

في هذه الخوارزمية يتغير المجتمع تدريجياً وذلك بتوليد الأفراد الجدد واحداً تلو الآخر ثم يتم إحلال عدد قليل من الأفراد الجدد في كل جيل (مجتمعات متداخلة) ((Overlapping populations)) وهذا يماثل تطور الفيلة حيث يستبدل جزء صغير من المجتمع بالأطفال الجدد[١٧][١٨][٣٧][٣٨]، ويمكن توضيحها بالخوارزمية الآتية:

Algorithm ssGA

Initialization (population);
Evaluation (population);
Generation ← ٠;
Do
Selection (population, parents);
Crossover (parents, offspring, pc);
Mutation (offspring, pm);
Evaluation (offspring);
Replacement (population, offspring);
Generation ← Generation + ١;

***While** (not Stop-Criteria);*
End ssGA

في هذه الخوارزمية يتم إحلال عدد قليل من الأفراد (واحد أو اثنين) محل أفراد سيئين في المجتمع وهذا ما يقصد به بتداخل الأجيال.

١-٥-٢ عناصر الخوارزمية الجينية Elements of genetic algorithm

تتكون الخوارزمية الجينية من العناصر الآتية:

١-٥-٢-١ المجتمع Population

يتكون المجتمع من N من الأفراد الذي يمثل حجم المجتمع (Population size)، تحدد قيمة N من قبل مصمم الخوارزمية، يمثل كل فرد بوساطة خيط ثابت الطول يسمى بالكروموسوم الذي يتكون من l من الجينات، يمثل الكروموسوم المستوى الجيني (Genotype) والفرد المستوى التركيبي (Phenotype) وتسمى قيمة الجينة (allele) والصيغة العامة للكروموسوم كالاتي[١٧]:

$$Chromosome_i = Gene_١\ Gene_٢ \ldots Gene_l,\ ١ \le i \le N$$

عند استعمال الترميز الثنائي على سبيل المثال فإنّ:

$$Gene_j \in \{٠,١\},\ ١ \le j \le l$$

بعد تحديد حجم المجتمع وطول الكروموسوم يتم توليد قيم عشوائية (بالاعتماد على نوع الترميز المستخدم) لتمثل القيم الابتدائية لجينات كل فرد في المجتمع ويمثل هؤلاء الأفراد نقاط بداية في فراغ البحث.

١-٥-٢-٢ التقويم Evaluation

بعد توليد أفراد المجتمع الابتدائي وتفسيرهم يتم تقويمهم من خلال تخصيص قيمة صلاحية (Fitness value) لكل فرد، وكذلك يتم تقويم الأفراد الذين يتم توليدهم لاحقاً خلال الأجيال القادمة، ترتبط قيمة الصلاحية بقيمة دالة الهدف للمسألة فمثلاً تكون قيمة الصلاحية للهدف في مسائل التعظيم مساوية لأكبر قيمة لدالة الهدف بينما يكون الهدف من مسائل التصغير هو أيجاد الحل الذي يمتلك اقل قيمة لدالة الهدف [٣٢][٣٧][٣٨].

١-٥-٢-٣ الترميز Encoding

يعد الترميز العامل الأساسي في نجاح الخوارزمية الجينية ويقصد به أيجاد التمثيل المناسب للحل ويعتمد بصورة أساسية على المسألة المطلوب حلها، وهنالك عدة أنواع للترميز منها[١٨][٣٨]:

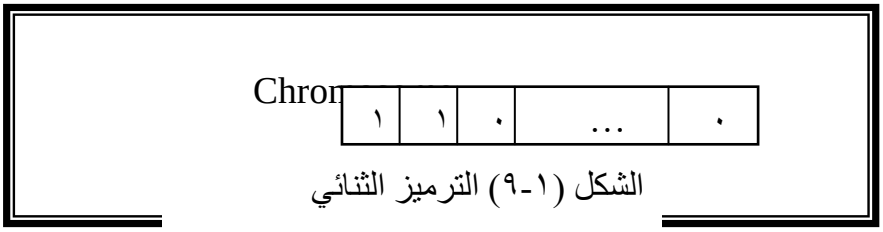
١- الترميز الثنائي Binary encoding

إنّ هذا الترميز يعد الترميز الأساسي الذي استخدمه هولاند في الخوارزمية الجينية، ولقد شاع استعماله في الخوارزمية الجينية فيما بعد نظراً الى المبدأ القائل "يجب ان ينتقي المصمم أصغر الهجائيات التي تسمح بالتعبير الطبيعي عن المسألة" التي يمكن توضيحها بالعلاقة الآتية:

$$S = \frac{N \times 2^{l}}{(k+1)^{l}} \qquad (٣٤-١)$$

حيث تمثل S النسبة بين العدد الأقصى من نماذج التماثل ($N\times٢^{l}$) والعدد الفعلي من النماذج المستخدمة في المسألة $(k+١)^{l}$ وتمثل k عدد القيم المحتملة لكل جينة (k=٢ في الترميز الثنائي) بينما يمثل l طول الكروموسوم وN حجم المجتمع[١٧][٣٧].

ومن اجل تحسين معالجة نماذج التماثل يجب إبقاء قيمة S عالية وذلك بجعل قيمة k اقل ما يمكن، (k=٢) تعد قيمة مقبولة نظرياً حيث تمتلك الجينة في هذا النوع قيمة ثنائية (١,٠) ويوضح الشكل (١-٩) هذا النوع من الترميز:

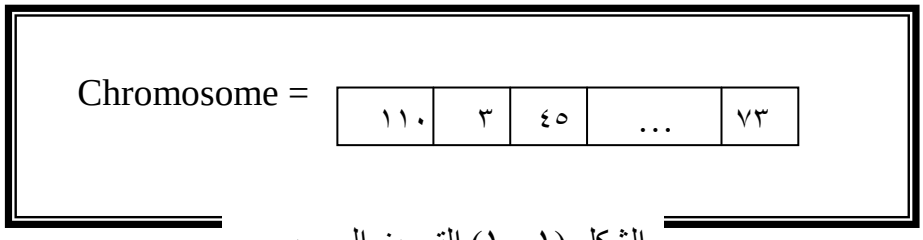


الشكل (١-٩) الترميز الثنائي

إنّ هذا النوع من الترميز يكون بطيء في المسائل التي تكون قيم معاملاتها غير ثنائية نتيجة لتحويل المعاملات الى الشكل الثنائي ومن ثم إعادة تفسيرها فضلاً عن إمكانية التعبير عن بعض المسائل بصورة اكثر طبيعية عند استعمال قيم غير ثنائية للجينات.

٢- الترميز الصحيح Integer encoding

تكون قيمة الجينة في هذا النوع من الترميز صحيحة (Integer) كما مبينة في الشكل (١-١٠)، وقد بينت الدراسات أنّ استخدام عامل التزاوج ذي نقطة القطع الواحد (١x) (الذي سيرد توضيحه لاحقاً) مع الأعداد الصحيحة افضل من استخدامه مع الأعداد الثنائية ويمكن توضيح ذلك في الشكل (١-١١)[١٧].



الشكل (١-١٠) الترميز الصحيح

يوضح الشكل (١-١١) قيام عامل التزاوج في حالة الترميز الثنائي بإنتاج أطفال جدد فيهما بعض الأعداد الصحيحة الموروثة من الأبوين بينما لا وجود للرقم الأول للطفلين في الأبوين

نتيجة تمزيق عامل التزاوج للحلول الأصلية منتجاً حلولاً جديدة على المستوى التركيبي ولا يحدث ذلك في الترميز الصحيح، يسرع الترميز الصحيح عملية المحاكاة للخوارزمية الجينية نتيجة لعدم حاجته لعملية التفسير المرافقة للترميز الثنائي[١٧]، وقد قام العالم مارتن شميدت (Martin Schmidt) عام ١٩٩٦ باستخدام الترميز الصحيح في حل مسألة الرجل الرحالة (Travel salesman problem).

Encoding	Parent chromosome	Offspring chromosome
Binary	١ ٠٠ ٠١٠ ٠٠١ = ٤٢١	١٠١ ١١٠ ٠٠٠ = ٥٦٠
Binary	٠٠١ ١١٠ ٠٠٠ = ١٦٠	٠٠٠ ٠١٠ ٠٠١ = ٠٢١
Integ		
Integer	١٦٠	١٢١

الشكل (١-١١) مقارنة بين الترميز الثنائي والترميز الصحيح (ترميز الثمانيات)

توضيحها في الشكل (١-١٢):

Chromosome =

١٣.٤٥	٤.٧٢	٣.٧٧	...	٠.٢٥٤

الشكل (١-١٢) الترميز الحقيقي

ويمتاز هذا النوع من الترميز بتجنب التمثيل على المستوى التركيبي المصاحب للترميز الثنائي بالإضافة الى عدم حاجته الى التفسير وكذلك يمتلك المميزات الآتية[١٧]:

ا- دقة الحقيقي (The precision of real)

تتطلب القيم الحقيقية عدداً كبيراً من الجينات (كروموسومات طويلة) في حالة استخدام الترميز الثنائي (فمثلاً استخدام ١٣ بت للحصول على دقة ٠.٠٠١) بينما لا يعاني الترميز الحقيقي من هذه المشكلة.

ب- الطفرة على الحقيقي (Mutation on the real)

يمكن ضبط حجم الطفرة (Mutation size) عند استخدام الترميز الحقيقي وذلك من خلال إضافة قيمة عشوائية من توزيع كاوس الى جينات الكروموسوم وباحتمالية معينة (يستخدم في استراتيجية التطور).

٤- الترميز المعقد Complex encoding

كل طرائق الترميز السابقة تتشابه في الهيكل العام للكروموسوم الذي يكون بشكل خيط أحادي البعد، ولكن بعض المشاكل لا يمكن تمثيلها بخيط أحادي البعد ولذلك يتم اللجوء الى الترميز المعقد ومن أنواعه[١٧][٣٥]:

ا- ترميز الشجرة (Tree encoding)

وفيه يتم ترميز الكروموسوم بشكل هيكل شجري، ويستخدم في البرمجة الجينية (Genetic programming) التي وضع أساسها العالم كوزا (Koza) عام ١٩٩٢.

ب- الترميز المعتمد على المحتوى (Marker based encoding)

في هذا النوع من الترميز يعتمد معنى الجينة على المشكلة المطلوب حلها.

١-٥-٢-٤ الانتقاء Selection

وهي عملية اختيار الآباء (Parents) من المجتمع لاجل التزاوج وإنتاج أطفال جدد، في عملية الإنتقاء يحصل الأفراد ذوو الصلاحية العالية على فرصة اكبر للعيش والتزاوج من الأفراد ذوي الصلاحية الواطئة طبقاً لنظرية دارون التي تنص على مبدأ البقاء للاصلح ("Survival of fittest")، تتمايز جميع طرائق الانتقاء من خلال عامل يدعى ثقل الانتقاء (Selection pressure) الذي يمثل عدد النسخ التي يحصل عليها الفرد الأفضل أثناء أجراء عملية الانتقاء، وبذلك فإنّ طرائق الانتقاء ذات ثقل الانتقاء الكبير يحصل فيها الفرد الأفضل على عدد اكبر من النسخ ومن ثَمَّ يؤدي الى مشكلة التقارب المبكر والانتهاء البطيء (التي سيرد توضيحها لاحقاً)، ولذلك يجب الحفاظ على هذا العامل متوازناً نسبياً، هنالك العديد من طرائق الانتقاء المستخدمة وسنتطرق الى بعض الأنواع الشائعة[٣٢][٣٧][٣٨].

١- انتقاء عجلة الروليت Roulette wheel selection(RWS)

هي الطريقة التي استخدمها هولاند في خوارزميته الجينية البسيطة، تستعمل لإنتقاء الآباء الذين لهم صلاحية عالية باحتمالية أعلى، حيث تجمع صلاحيات جميع الأفراد في المجتمع ثم تحسب احتمالية اختيار الفرد من المجتمع كالنسبة بين صلاحية الفرد ومجموع الصلاحيات، وبعدها يحسب العدد المتوقع لمرات انتقاء ذلك الفرد للتزاوج وذلك حسب العلاقة الآتية[١٧][١٨][٣٢][٣٧] :

$$e_i = \frac{Fi}{\overline{F}} \qquad (٣٥-١)$$

حيث e_i: العدد المتوقع لمرات انتقاء الفرد i للتزاوج.

F_i: صلاحية الفرد i.

$\bar{F}$: متوسط الصلاحيات لأفراد المجتمع $\bar{F}$ ($= \frac{\sum_{i=1}^{N} Fi}{N}$) و N حجم المجتمع.

بعد حساب الاحتمالية والعدد المتوقع لكل فرد تُدار عجلة الروليت N دورة لانتقاء الأفراد وإضافتهم الى بركة التزاوج (Mating pool) لتجرى بعدها عملية التزاوج وانتاج الأطفال الجدد الذين سيصبحون أفراد الجيل التالي، يوضح المقطع الآتي هذه الطريقة:

Roulette wheel selection

Sum ← ٠;
i ← ٠;
Rand ← *random value between [* ٠, ١*]* × *sum of the fitness;*
Do
i ← *i* + ١;
Sum ← *Sum* + *fitness*$_i$;
While *(Sum* < *Rand)* ***and*** *(i* ≠ *N); /* N is population size */*

تعاني هذه الطريقة من مشكلة التقارب المبكر ومشكلة الإنتهاء البطيء.

٢- انتقاء النخبة Elitism selection [١٨]

قُدمت هذه الطريقة من قبل كينث دي جونك (Kenneth De Jong) عام ١٩٧٥ لتضاف الى طرائق الانتقاء الكثيرة، حيث توجب الخوارزمية الجينية بان تبقي عدد محدد من الأفراد ذوي الصلاحية العالية في كل جيل، ويمكن فقدان هؤلاء الأفراد إذا لم يتم انتقاءهم للتزاوج أو إذا تم تمزيقهم بوساطة عامل التزاوج أو الطفرة، وبما ان هذه الطريقة قد حلت واحدة من مشاكل الطريقة السابقة إلاّ أنها ما زالت تعاني من المشاكل الأخرى.

٣- انتقاء الرتب Rank selection

هي طريقة بديلة غرضها منع مشاكل التقارب المبكر والانتهاء البطيء[١٨]، وهناك عدة أشكال لتنفيذ الطريقة ابسطها الرتب الخطية (Linear rank) التي اقترحها جيمس بيكر (James Baker) عام ١٩٨٥، التي ترتب الأفراد تنازلياً بحسب قيمة الصلاحية وبعدها يعطى للفرد ذي الصلاحية الأعلى الرتبة ١ (rank=١) والفرد الثاني في الترتيب الرتبة ٢ (rank=٢) وهكذا، ومن ثم تطبق العلاقة الآتية لحساب الصلاحية الجديدة (F') لكل فرد كالآتي[١٧]:

$$F' = Max - (Max-Min)\frac{(rank-1)}{N-1} \qquad (٣٦-١)$$

حيث

حجم المجتمع :N, $١ < Max \leq ٢$ & $Min = ٢ - Max$ & $rank \in \{١,٢,\ldots,N\}$, N

تتجنب طريقة انتقاء الرتب إعطاء مجموعة كبيرة من الأطفال الى مجموعة صغيرة من الأفراد ذوي الصلاحية العالية وبذلك تقلص ثقل الانتقاء عندما يكون تباين الصلاحيات عالياً وتحافظ عليه عندما يكون التباين واطئاً لأفراد المجتمع، فتكون النسبة من العدد المتوقع للأفراد الذين رتبهم i و i+١ نفسها إذا كان الفرق المطلق لصلاحياتهم عالياً او واطئاً[١٨].

٤-انتقاء العينات الشاملة التصادفية Stochastic universal sampling(SUS)

أقترح بيكر عام ١٩٨٧ هذه الطريقة لتقليل الفارق بين العدد الفعلي والعدد المتوقع لنسخ كل فرد والتي تعاني منها طريقة انتقاء عجلة الروليت، فبدلاً من تدوير العجلة N دورة لانتقاء N من الأباء تدور SUS العجلة مرة واحدة ولكن مع N من المؤشرات المتساوية البعد المستخدمة لانتقاء N من الآباء[١٨]، وقد قدم بيكر المقطع الآتي الذي يمثل هذه الطريقة:

Stochastic universal sampling

Temp ← random value between [٠,١];
Sum ← ٠;
***For** (i ← ١; i ≤ N; i ← i + ١) /* N is population size */*
***For** (Sum ← Sum + e_i; Sum > Temp; Temp ← Temp + ١)*
Selection i;

حيث تمثل e_i القيمة المتوقعة (Expected value) لمرات انتقاء الفرد i التي يمكن حسابها من العلاقة (١-٣٥) ويحصل كل فرد في المجتمع على عدد النسخ كالاتي:

$$\lceil e_i \rceil \geq \text{عدد النسخ للفرد } i \geq \lfloor e_i \rfloor$$

لم تحل هذه الطريقة مشكلة التقارب المبكر ومشكلة الإنتهاء البطيء ولذلك يتم دمجها مع طريقة انتقاء الرتب في طريقة واحدة، تحسب الصلاحية (F') باستخدام انتقاء الرتب ثم تطبق طريقة SUS لأجراء عملية الانتقاء[١٧]، وتعد الطريقة الجديدة غير ملائمة للانتقاء المتوازي.

٥- انتقاء المجموعات Tournament selection

تتطلب طرائق الانتقاء السابقة المرور بمرحلتين قبل أجراء عملية الانتقاء، في المرحلة الأولى يتم حساب قيمة الصلاحية لكل فرد في المجتمع وفي المرحلة الثانية يحسب العدد المتوقع لكل فرد في ذلك المجتمع وهذا يتطلب وقتاً طويلاً[١٨]، تشبه هذه الطريقة طريقة انتقاء الرتب من حيث ثقل الانتقاء ولكنها اكثر كفاءة من حيث سرعتها وإمكانيتها العالية في أجراء عملية الانتقاء المتوازي[١٨][٣٨].

تقوم هذه الطريقة بتنظيم عدد النسخ ضمنياً، إذ يعطى للأفراد ذوي الصلاحية الدنيا فرصة للانتقاء[٤١]، وتوجد العديد من الأشكال لتنفيذ هذا النوع من الانتقاء وسنتطرق الى اثنتين منها:

أ. **انتقاء المجموعات الثنائية Binary tournament selection(BTS)**

- ***طريقة وايتلي Whitley method***

ينتقى فردان مختلفان عشوائياً ويفوز أفضلهما من حيث الصلاحية ليضاف الى بركة التزاوج (اذا تساوت الصلاحيات ينتقى أحدهما عشوائياً) وتتكرر هذه العملية الى ان نحصل على العدد المطلوب والعلاقة الرياضية لهذه الطريقة كالآتي[١٧]:

$$Select_n = \begin{cases} ind_i & \text{if} \quad fitness_i > fitness_j \\ ind_j & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (٣٧-١)$$

$Select_n$: الفرد المختار ذو الرقم n.

$fitness_i$: صلاحية الفرد i.

$fitness_j$: صلاحية الفرد j.

N: حجم المجتمع.

- ***طريقة كولدبيرك Goldberg method***

ينتقى فردان مختلفان عشوائياً من المجتمع ثم يتم توليد رقم عشوائي $(٠ \le r < ١)$ وتتم مقارنته مع القيمة k (تحدد من قبل مصمم الخوارزمية حيث استخدم كولدبيرك $k = ٠.٧٥$)، اذا كان $r \le k$ يفوز الفرد ذو الصلاحية الأعلى وخلافاً لذلك يفوز الفرد الأقل صلاحية[١٨][٣٨].

ب. **انتقاء المجموعات الثلاثية Triple tournament selection(TTS)**

هي طريقة مشابهة لطريقة وايتلي لانتقاء المجموعات الثنائية، يتم انتقاء ثلاثة أفراد مختلفين عشوائياً من المجتمع، لاحظ انه كلما زادت مجموعات التنافس فإنّ ذلك يزيد من ثقل الانتقاء حيث يحصل الأفراد ذوو الصلاحية تحت المتوسط على احتمالية واطئة للانتقاء على حين يحصل الأفراد ذوو

الصـلاحية فـوق المتوسـط علـى احتماليـة أعلـى والعلاقـة الرياضـية لإنتقـاء المجموعـات الثلاثيـة كالاتي[١٧][٤١]:

for n = {١,٢,٣}, i, j and k are random numbers $\in$ {١,٢,…,N}, i $\neq$ j $\neq$ k

$Select_n$: الفرد المختار ذو الرقم n.

$fitness_k$, $fitness_j$, $fitness_i$: صلاحيات الأفراد i و j و k على الترتيب.

N: حجم المجتمع.

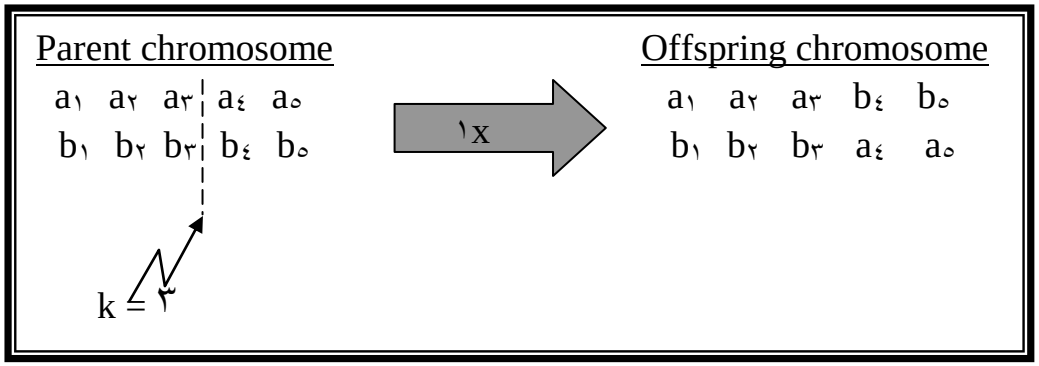
١-٥-٢-٥ التزاوج Crossover

هـو العامـل الـذي ميـز الخوارزميـة الجينيـة عـن بقيـة خوارزميـات التطـور (اسـتراتيجية التطـور والبرمجـة التطويريـة)[١٧]، يوجـد غرضـان لعامـل التـزاوج الغـرض الرئيسـي هـو البحـث فـي فـراغ المعاملات (Parameter space) والآخر هو الحاجة الى أيجاد طريقة تحافظ على المعلومـات المخزونـة في كروموسومات الأبوين بصورة قصوى وذلك لأنّ كروموسومات الأبوين هـي أمثلـة للكروموسومات الجيدة المنتقاة بعملية الانتقاء[٣٢][٣٨]، تعتمد طرائق التزاوج على المسألة المطلوب حلها وعلى نوع الترميز المستخدم وفيما يأتي بعضاً من طرائق التزاوج الشائعة.

أ. عامل التزاوج ذو نقطة القطع الواحدة Single-point crossover(١x)

يمثل ابسط أنواع طرائق التزاوج وقد استعمله جون هولاند في الخوارزمية الجينية البسيطة، وفيه تتم عملية التزاوج باحتمـالية (pc) (٠.٩ > pc > ٠.٦) من اختيار نقطة قطـع عشوائيـة k ($k \in \{١,٢,\ldots,l\text{-}١\}$) وانتاج كروموسومين جديدين وكالآتي:

تنسخ k جينـة من الأب الأول(الثـاني) الـى الطفل الأول(الثـاني) و l-k جينـة المتبقيـة من الأب الأول(الثاني) الى الطفل الثاني(الأول)[١٧][٣٢][٣٧]، ويمكن توضيح ذلك في الشكل (١-١٣):

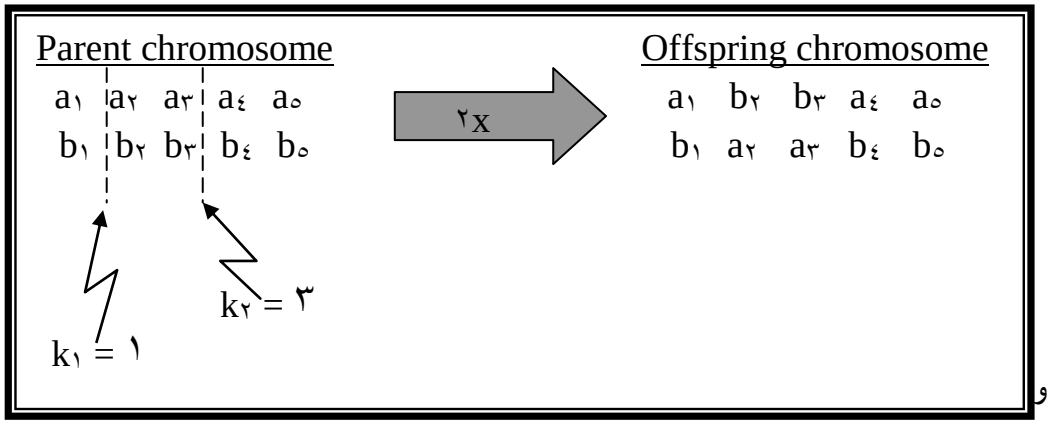


الشكل (١-١٣) عامل التزاوج ١x

أمّا إذا لم يحصل التزاوج فتستنسخ جينات الأبوين مباشرة الى الطفلين، ويتميز هذا العامل بسرعته الفائقة ولكنه يعاني من مشكلة نقصان التنوعية (Diversity) وخاصة عندما يحتوي المجتمع على أفراد متشابهين[١٨] وكذلك تمزيق أحد طرفي الكروموسوم.

ب. عامل التزاوج ذو نقطتي القطع Double-point crossover(٢x)

يمتاز هذا النوع من التزاوج بالاحتمالية العالية لعدم تمزيق طرفي الكروموسوم ولكنه اكثر تمزيقاً من العامل ١x لاستعماله نقطتي قطع، يتم اختيار نقطتين بصورة عشوائية k_1 و k_2 $(k_1, k_2 \in \{1,2,\ldots,l\}, k_1 < k_2)$، تجرى عملية التزاوج من استنساخ k_1 و l-k_2 جينة من الأب الأول(الثاني) الى الطفل الأول(الثاني) و k_2-k_1 جينة من الأب الأول(الثاني) الى الطفل الثاني(الأول)[١٧][١٨][٣٢]، يمكن توضيحه من خلال الشكل (١-١٤):

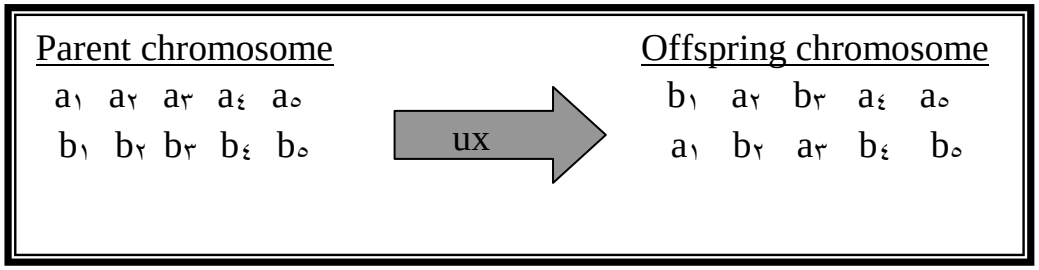


الشكل (١-١٤) عامل التزاوج ٢x

ج. عامل التزاوج المنتظم

يختلف هذا العامل عن عوامل التزاوج السابقة وله تأثير كبير في تمزيق الكروموسومات لكنه يعطي انجازية جيدة في مسائل الحياة الحقيقية وكذلك اقتداره في الحفاظ على التنوعية في المجتمع، ولهذا يستخدم كثيراً في الخوارزمية الجينية.

يقوم العامل بمبادلة جينات الأبوين بصورة عشوائية وباحتمالية متساوية (٠.٥) منتجاً طفلين جديدين والشكل (١-١٥) يوضح ذلك[١٧][٣٢][٣٨]:



الشكل (١-١٥) عامل التزاوج ux

١-٥-٢-٦ الطفرة

هي التغير العشوائي لجينة او اكثر في الفرد، وتختلف عوامل الطفرة باختلاف طرائق الترميز المستخدمة والمسألة المطلوب حلها فمثلاً في حالة الترميز الحقيقي يتم إضافة قيمة عشوائية الى قيمة الجينة، أما عند استخدام الترميز الثنائي فيتم قلب قيمة الجينة من (٠ الى ١، ١ الى ٠).

يقوم هذا العامل بزيادة التنوعية في المجتمع من خلال توليد فرد جديد لا يماثل أي من الأفراد الموجودين في ذلك المجتمع، بالإضافة الى إمكانيته في التخلص من النهايات الصغرى المحلية[١٧][٣٢][٣٧][٣٨].

تستخدم الخوارزمية الجينية البسيطة احتمالية طفرة قليلة وذلك لتقليل التأثير السلبي لهذا العامل في تمزيق كروموسومات المجتمع بينما تكون احتمالية الطفرة أعلى في الخوارزمية الجينية لحالة الاستقرار حيث يستبدل عدد قليل من الأفراد في كل خطوة وهذا لن يؤثر في انجازية الخوارزمية[١٧]، ويوجد نوعان من عامل الطفرة:

أ. **عامل الطفرة m١**

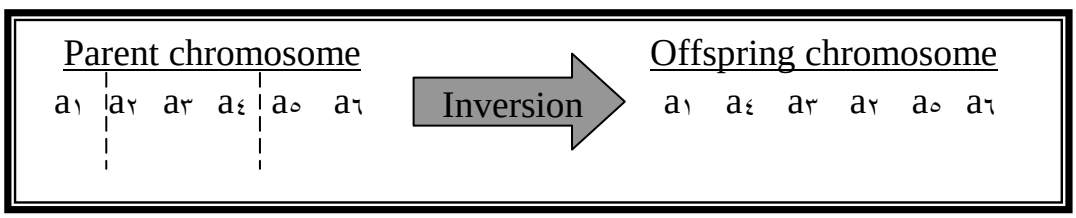
ينجز هذا العامل من خلال مسح الكروموسوم جينة-جينة وباحتمالية طفرة معينة، يتم قلب او تغيير قيمة الجينة عند تحقق الطفرة وبذلك يسمح هذا العامل بإدخال قيمة جديدة الى الكروموسوم[١٧][٣٧][٣٩].

ب. **عامل الطفرة m٢**

ينجز هذا العامل من خلال اختيار جينتين ضمن الكروموسوم الواحد ومبادلة قيم تلك الجينات وبذلك يحتفظ هذا العامل بقيم الجينات في الكروموسوم[١٧].

١-٥-٢-٧ عامل العكس Inversion operator

يقوم هذا العامل بعكس ترتيب مجموعة من الجينات محصورة بين نقطتين في الكروموسوم الواحد، إذْ يتم انتقاء النقطتين بصورة عشوائية ويتم تطبيق العامل باحتمالية معينة وغالباً ما تكون أعلى من احتمالية الطفرة وأقل من احتمالية التزاوج[١٧][٣٧][٣٨]، يمكن توضيح ذلك من خلال الشكل (١-١٦) الآتي:



الشكل (١-١٦) عامل العكس

يحتفظ العامل أيضاً لطفرة m٢، وقد قام كولدبيرك ورفاقه عام ١٩٨٥ بدمجه مع عامل التزاوج حيث حصلوا على مجموعة من طرائق التزاوج ومنها

طريقة (PMX) وطريقة (CX) وطريقة (OX) ولمزيد من التفاصيل يمكن الاطلاع عليها في المصادر[٣٧][٣٨].

١-٥-٢-٨ الإحلال Replacement

يقوم هذا العامل بانتقاء أفراد من المجتمع بصورة عشوائية ومقارنة صلاحياتهم مع صلاحية الفرد الجديد، وتوجد طرائق متعددة لأجراء عملية الإحلال ومنها الطريقتان الاتيتان التي أوجدها وايتلي[١٧].

أ. إحلال المجموعات الثنائية Binary tournament replacement

يتم انتقاء فردين عشوائيين من المجتمع وتحديد أسوئهم ومقارنته مع الفرد الجديد، اذا كانت صلاحيته اقل من صلاحية الفرد الجديد يتم إحلال الفرد الجديد محله وعكس ذلك لا تتم عملية الإحلال والعلاقة الرياضية الاتية توضح ذلك[١٧].

$$Replace_n = \begin{cases} ind_i & \text{if} \quad fitness_i < fitness_j \\ \text{for } n = \{1,2\},\ i \text{ and } j \text{ are random numbers} \in \{1,2,\ldots,N\},\ i \neq j & \\ ind_j & \text{otherwise} \end{cases} \quad (٣٩-١)$$

$Replace_n$: الفرد n المطلوب إحلاله.

$fitness_i$: صلاحية الفرد i.

$fitness_j$: صلاحية الفرد j.

N: حجم المجتمع.

ب. إحلال المجموعات الثلاثية Triple tournament replacement

تنتقي ثلاثة أفراد بصورة عشوائية ويحدد أسوئهم ليتم مقارنته مع الفرد الجديد، إذا كانت صلاحيته أقل من صلاحية الفرد الجديد تجرى عملية الإحلال للفرد الجديد وخلاف ذلك لا تتم عملية الإحلال والعلاقة الرياضية الآتية توضح ذلك[١٧]:

$$Replace_n = \begin{cases} ind_i & \text{if} \quad (fitness_i < fitness_j) \text{ and } (fitness_i < fitness_k) \\ ind_j & \text{if} \quad (fitness_j < fitness_i) \text{ and } (fitness_j < fitness_k) \\ \text{for } n = \{1,2,3\},\ i, j \text{ and } k \text{ are random numbers} \in \{1,2,\ldots,N\},\ i \neq j \neq k & \\ ind_k & \text{otherwise} \end{cases} \quad (٤٠-١)$$

$Replace_n$: الفرد n المطلوب إحلاله.

$fitness_k, fitness_j, fitness_i$: صلاحيات الأفراد i و j و k على الترتيب.

N: حجم المجتمع.

بالإضافة الى طرائق الإحلال السابقة هنالك طرائق أخرى للإحلال:

١) **الإحلال العشوائي (Random replacement):** يقوم بإحلال الفرد الجديد محل فرد ينتقى عشوائياً من المجتمع[٤٢].

٢) **إحلال الأسوأ (Worst replacement):** يقوم بإحلال الفرد الجديد محل أسوأ فرد في المجتمع[٤٢].

٣) تستخدم استراتيجية إحلال تأخذ بالاعتبار صلاحية وتماثل الأفراد في المجتمع بهدف اختيار الفرد ذي الصلاحية الواطئة (المطلوب حذفه) وكذلك يشبه الطفل الجديد نسبياً[٤٣].

١-٥-٢-٩ مقاييس التوقف Stop criteria

تستخدم لمعرفة مدى تقارب الخوارزمية الجينية ومن هذه المقاييس:

أ. **الانجازية المتصلة (On-line performance)**

تستخدم لقياس متوسط صلاحية الخوارزمية الجينية بالاعتماد على دالة الصلاحية والعلاقة الرياضية الاتية توضح ذلك[١٧][٣٧]:

$$\text{On-line}(T) = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} F(t) \qquad (٤١-١)$$

T: العدد الكلي لمرات إيجاد قيمة دالة الصلاحية.

F(t): قيمة الصلاحية في الدورة الجينية t.

خلال تطور الخوارزمية الجينية تتقارب قيمة ((On-line(T)) تجاه قيمة ثابتة، وعند استمرارها بالثبوت لعدد كافي من الدورات المحددة مسبقاً يتم إيقاف محاكاة الخوارزمية.

ب. **الانجازية المنفصلة Off-line performance**

هي مقياس مشابه للمقياس السابق ولكنه يعتمد على افضل صلاحية في المجتمع والعلاقة الرياضية الآتية توضح ذلك[١٧][٣٧]:

$$\text{Off-line}(T) = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} F\max(t) \qquad (٤٢-١)$$

$$\text{where } F_{max}(t) = \text{best}\{F(١),F(٢),\ldots,F(t)\}$$

تقوم الدالة $F_{max}(t)$ بحساب افضل الصلاحيات، وتقوم الدالة ((Off-line(T)) بحساب متوسط افضل الصلاحيات، خلال تقارب الخوارزمية الجينية تتقارب ((Off-line(T)) تجاه قيمة ثابتة، وعند ثبوتها خلال عدد محدد من الدورات تتوقف محاكاة الخوارزمية الجينية.

بالإضافة الى المقاييس السابقة توجد مقاييس أخرى ومنها:

- التقارب الجيني (Gene convergence)[١٧].
- الوصول الى الحد الأقصى لعدد الأجيال (Maximum generation)[٣٧].
- اقتراب متوسط الصلاحيات من الصلاحية القصوى[١٧].
- عدم وجود تحسن للصلاحية القصوى في المجتمع لعدد محدد من الدورات.
- اقتراب متوسط الصلاحيات من قيمة عتبة محددة(Threshold).

١-٥-٣ مشاكل الخوارزمية الجينية[١٧][٣٧][٤١]

أ. مشكلة التضليل Deceptive problem

قد تضلل الخوارزمية من خلال بعض المشاكل التي تخالف فرضية الكتـــل البنائية لاحتوائها على نماذج تماثل قصيرة وعالية الصلاحية تقود بعيداً عن الحل الأمثل العالمي القليل جداً، ويمكن حل التضليل الضعيف بالطفرة حيث يمكن العثور صدفة على التوحدات الجينية المطلوبة.

ب. مشكلة التقارب المبكر Premature convergence problem

في بداية محاكاة الخوارزمية الجينية من المحتمل وجود فرد له صلاحية أعلى من صلاحيات الآخرين بكثير، يسود هذا الفرد المجتمع بسرعة نتيجة انتقائه المتكرر ويمكن تجنب هذه المشكلة باستخدام طريقة انتقاء تبقي فرصة انتقائه أعلى ولكنها تسمح بانتقاء آخرين.

ج. مشكلة اللاخطية (التباعد الجيني) Epistasis problem

يقصد بها وجود جينتين متباعدتين عن بعضهما تعطيان صلاحية عالية، أي وجود نموذج تماثل تصاحبه صلاحية فوق المتوسط وله طول معرف كبير، يكون هذا النموذج معرض للتمزق في عامل التزاوج وتجعل اللاخطية وجود حلول جديدة مهمة صعبة، تحل الخوارزمية الجينية هذه المشكلة احياناً عن طريق الطفرة للجينات المتباعدة القليلة جداً.

د. مشكلة الانتهاء البطيء Slow finishing problem

في نهاية محاكاة الخوارزمية الجينية، ربما يوجد أفراد كثيرون لهم نفس الصلاحية تقريباً مما يجعل التفريق بين مختلف الحلول لانتقاء افضلها عملية صعبة، ويمكن تجنب هذه المشكلة باستخدام أحد طرائق الإنتقاء.

١-٥-٤ مقارنة بين sGA و ssGA [١٧]

- تعثر ssGA على حلول جيدة بعينات (Samples) اقل مقارنة مع sGA حيث يمكنها انتقاء أفراد جدد جيدين فور خلقهم وعلى العكس من ذلك يجب على sGA ان تعاين كل المجتمع قبل انتقاء الأفراد الجيدين الجدد.
- قابلية ssGA على زيادة التنوعية في المجتمع من خلال تجنب تكرار الأفراد فيه بالإضافة الى ذلك اقترح مارتن شيمث عام ١٩٩٦ الاستمرار بتطبيق عامل الطفرة على الفرد الجديد الى أن يصبح مختلفاً عن بقية أفراد المجتمع.
- تكون ssGA اكثر استقراراً ضد التباعد الجيني (Epistasis)، لنفترض وجود فرد يحتوي على توليفة جينية عالية الصلاحية وقد مزقت باستخدام عامل التزاوج في الأطفال الجدد فإنّ الفرد الأصلي ما زال موجوداً في المجتمع ويمكن انتقاؤه ثانية وهذا عكس sGA.

٢-١ هدف الطريقة المستعملة

لقد تم استخدام العديد من التقنيات في حل مسألة تخصيص الترددات ومنها تقنية تقسية المحاكاة (Simulated annealing) التي تبدأ بحل واحد يمكن ان يؤدي الى أمثلية محلية، وتقنيات تحقيق القيود (Constraint satisfaction techniques) وخوارزمية بحث توبا (Tuba search)[٤٤] التي تتطلب جزء كبير من وقت الحاسوب، لذا لا بد من إيجاد تقنية تجد الحل للمسألة دون الوقوع في مثل هذه العيوب.

تعد الخوارزميات الجينية خوارزميات بحث عامة تبدأ بأكثر من نقطة حل مما تتجنب الوقوع في أمثلية محلية وكذلك لا تتطلب وقت كبير في إيجاد الحل، وبما أنّ مسألة التخصيص تتطلب إيجاد ترددات تخصص للشبكات الراديوية بأسرع وقت ممكن لأنّها تعد من المسائل المتصلة (On-line) لذا استخدمت الخوارزمية الجينية في حلها.

تمتاز هذه الطريقة بعدد من المميزات ومنها استخدامها الخوارزمية الجينية الصرفة دون تهجينها مع طريقة او تقنية أخرى، واستخدامها في إيجاد التخصيص لأي عدد من الشبكات الراديوية وضمن مديات وترددات مختلفة وغير محددة، بالإضافة الى الميزة الأهم وهي إيجاد الحل بسرعة عالية.

يتم مقارنتها مع طريقة تقليدية تستخدم خوارزمية التراجع التي تمتاز بإهمالها الحل الذي لن يؤدي الى حل امثل حال إدراكها ذلك وتستخدم القيود الصريحة والضمنية في إيجاد الحل الأمثل كما وضحت في الفقرة (١-٤).

٢-٢ تمثيل الحل لمسألة تخصيص الترددات

توجد عدة طرائق لتمثيل الحل في مسألة تخصيص الترددات ومنها:

١- نفترض الترددات المتوفرة والمطلوب تخصيصها للشبكات هي $\{f_1, f_2,\ldots,f_n\}$ والشبكات الراديوية المطلوب التخصيص لها هي $\{Net_1, Net_2,\ldots,Net_m\}$، فتكون دالة التخصيص بالشكل الآتي:

$$F: \{1,2,\ldots,m\} \rightarrow \{1,2,\ldots,n\}$$

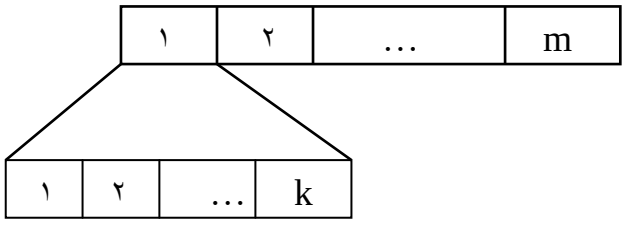
حيث $F(i) = j$ تعني تخصيص التردد j للشبكة الراديوية i، وبصورة أدق يتم تقسيم الشبكات الى n من المجموعات الجزئية $\{P_1, P_2,\ldots,P_n\}$ وكل مجموعة P_j تحوي الشبكات التي يخصص لها التردد j ، أي $F(i) = j$ تعني الشبكة الراديوية i ضمن المجموعة P_j التي يخصص لها الترددf_j، وربما تكون بعض المجموعات خالية نتيجة عدم تخصيص ترددا‌تها لأي شبكة راديوية.

٢- تمثيل الحل بالصورة المذكورة في الفقرة (١-٣) <X,D,C,F>، تمثل X مجموعة الشبكات الراديوية $\{Net_1, Net_2,\ldots,Net_m\}$ و D مجموعة الترددات المتوفرة $\{f_1, f_2,\ldots,f_n\}$ و C مجموعة القيود الخاصة بالشبكات الراديوية و F دالة الهدف.

٣- تمثيل الحل بصورة مصفوفة (Matrix) ثنائية الأبعاد m×n، m عدد الشبكات الراديوية و n عدد الترددات المتوفرة، كل عنصر داخل المصفوفة تكون له القيمة (١ أو ٠)، إذا كان للموقع [i,j] القيمة (١) تعني تخصيص التردد j للشبكة الراديوية i، أما اذا كان (٠) فإنّ التردد j هو غير مخصص للشبكة الراديوية i.

يتم استخدام التمثيل الموصوف في الطريقة الثانية خلال الطريقة المستعملة لأنّه يعد التمثيل الأنسب للحل في كل من الخوارزمية الجينية وطريقة التراجع، يمكن توضيح التمثيل من خلال الشكل (٢-١) حيث تمثل k عدد الترددات المطلوب تخصيصها للشبكة الراديوية التي تتغير من شبكة راديوية لأخرى، أي تمثل k قيد المرور ويجب ان تكون ($k \leq n$)، n عدد الترددات المتوفرة.

هو الكل من شبكة راديو في كل من الطريقة التقليدية والطريقة المستعملة والأخرى بديلة وأنّ الترميز المستخدم



الشكل (٢-١) تمثيل الحل المستخدم في الطريقة المستعملة

٢-٣ هيكل

يوضح الشكل (٢-٢) المخطط الانسيابي لهيكل عمل الطريقة المستعملة (الخوارزمية الجينية لحالة الاستقرار)، وفيما يأتي الشرح المفصل لوظيفية كل جزء:

٢-٣-١ قراءة المعاملات والبيانات المطلوبة

يتم أولاً قراءة المعاملات الخاصة بمسألة تخصيص الترددات والمتمثلة بمعامل الفصل (Separation parameter) الذي يرمز له (∝) وقيمة كل من المعاملين (m,n) (أعداد صحيحة موجبة، سنستخدم قيم m و n ((١،٢،٣)) فقط وذلك بحسب الفقرة (١-٣-١-٢)) وتقرأ هذه المعاملات لكل من الطريقة التقليدية والخوارزمية الجينية.

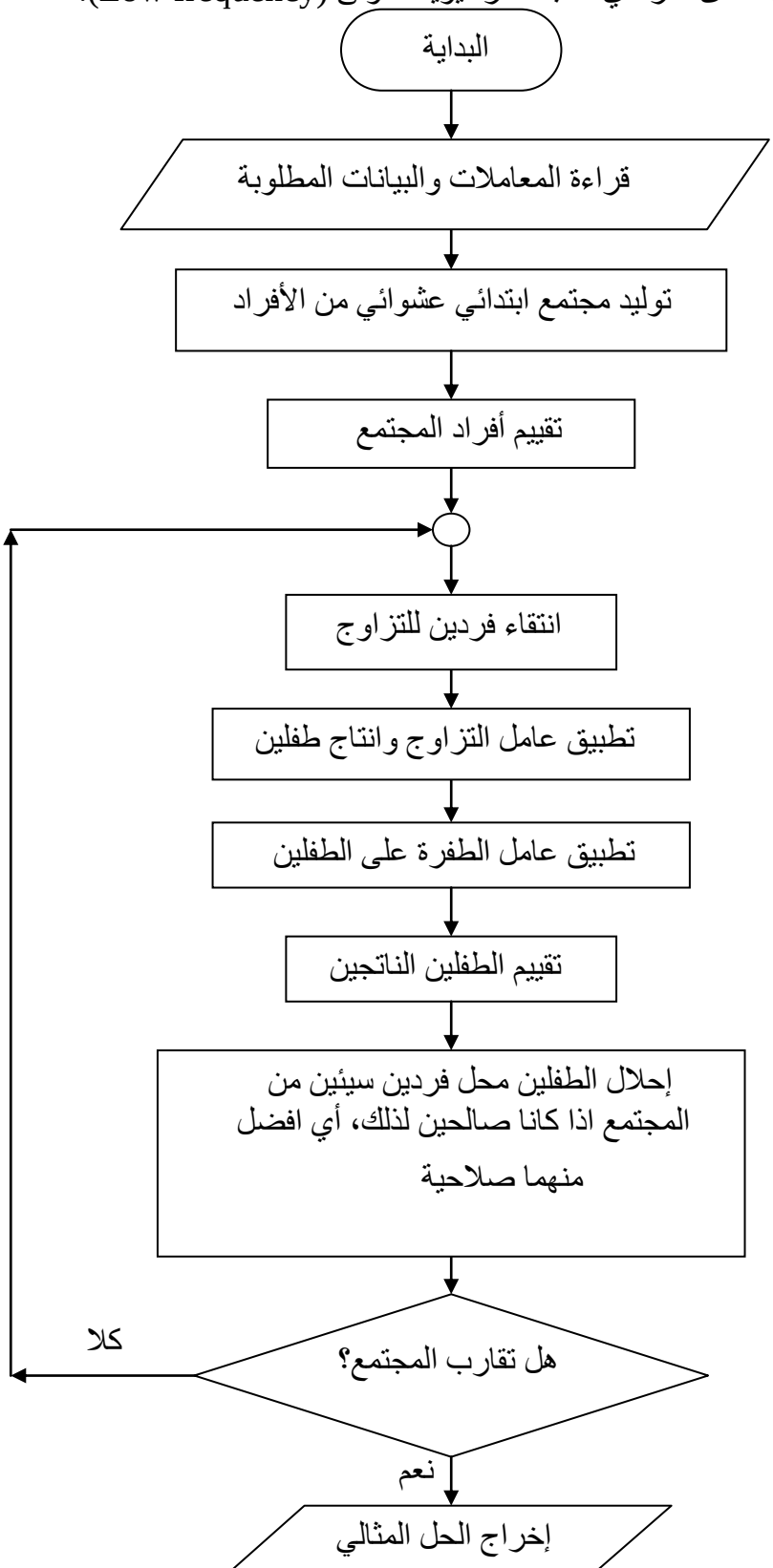
بعد ذلك وفي الخوارزمية الجينية فقط تقرأ معاملات الخوارزمية المتمثلة بحجم المجتمع (popsize) ومعدل التزاوج (pc) ومعدل الطفرة (pm).

ويتم قراءة أسماء الملفات التي تحتوي البيانات الخاصة بالشبكات الراديوية وهي ثلاثة ملفات مكتوبة بلغة C++، وفيما يأتي توضيح لهيكل كل ملف.

❖ **هيكل الملف الأول:**

١- عدد الشبكات الراديوية المطلوب تخصيص ترددات لها.

٢- اقل تردد في المدى الترددي للشبكة الراديوية الأولى (Low frequency).



٣- أعلى تردد في المدى الترددي للشبكة الراديوية الأولى (High frequency).

٤- اقل تردد في مدى الهزازة المحلية للشبكة الراديوية الأولى Low oscillator) frequency).

٥- أعلى تردد في مدى الهزازة المحلية للشبكة الراديوية الأولى (High oscillator frequency).

٦- الفاصلة الترددية للشبكة الراديوية الأولى (تتواجد هذه البيانة فقط عندما تخصص ترددات للشبكات الراديوية من بين المدى الترددي وليس من ضمن قائمة ترددات محددة).

٧- حزمة البث والاستقبال للشبكة الراديوية الأولى (Bandwidth).

٨- تكرر الخطوات من (٢ الى ٧) الى الشبكة الراديوية الثانية والثالثة وهكذا حسب عدد الشبكات في الخطوة (١).

٩- عدد الترددات المطلوب تخصيصها للشبكة الراديوية الأولى، تكرر هذه الخطوة للشبكة الراديوية الثانية والثالثة وهكذا حسب عدد الشبكات في الخطوة (١).

❖ **هيكل الملف الثاني:**

١- عدد الأجهزة الراديوية في الشبكة الأولى، تكرر هذه الخطوة للشبكة الراديوية الثانية والثالثة وهكذا حسب عدد الشبكات المطلوب تخصيص ترددات لها (عند تواجد شبكات قريبة تذكر عدد الأجهزة المتواجدة فيها أيضاً).

٢- اقرب جهاز من الشبكة الراديوية الأولى الى الشبكة الراديوية الثانية.

٣- اقرب جهاز من الشبكة الراديوية الثانية الى الشبكة الراديوية الأولى.

٤- المسافة الفاصلة بين الجهاز في الخطوة (٢) والجهاز في الخطوة (٣).

٥- تكرر الخطوات من (٢ الى ٤) بين الشبكة (الثانية والثالثة) و(الثالثة والرابعة) وهكذا.

٦- القدرة والمقاومة لكل جهاز في الشبكة الراديوية الأولى، تكرر هذه الخطوة للشبكة الثانية والثالثة وهكذا.

٧- المسافة التي تفصل كل جهازين في الشبكة الراديوية الأولى، تكرر هذه الخطوة للشبكة الراديوية الثانية والثالثة وهكذا.

❖ **هيكل الملف الثالث**

١- عدد الشبكات الراديوية القريبة من الشبكات المطلوب تخصيص ترددات لها.

٢- عدد ترددات الشبكة الراديوية القريبة الأولى، تكرر هذه الخطوة للشبكة القريبة الثانية والثالثة وهكذا.

٣- الترددات الخاصة بالشبكة الراديوية القريبة الأولى، تكرر هذه الخطوة للشبكات الراديوية القريبة الأخرى.

٤- المدى الترددي للشبكة الراديوية القريبة الأولى وتكرر نفس الخطوة للشبكات القريبة الأخرى.

٥- عرض حزمة البث والاستقبال لكل شبكة راديوية قريبة من الشبكات المطلوب تخصيص ترددات لها.

بالإضافة للملفات الثلاثة المذكورة آنفاً يوجد ملف رابع يستخدم فقط عندما تخصص ترددات للشبكات الراديوية من بين قائمة محددة، يحتوي على الترددات المسموحة للتخصيص وعلى عدد تلك الترددات.

٢-٣-٢ توليد مجتمع ابتدائي عشوائي من الأفراد

يولد مجتمع ابتدائي من الأفراد بصورة عشوائية، ويتكون كل فرد من كروموسوم الممثل في الشكل (٢-١) وصلاحيته، تولد ترددات كل شبكة (جينة) بصورة عشوائية من قائمة الترددات أو من المدى الترددي الخاص بتلك الشبكة.

٢-٣-٣ تقويم أفراد المجتمع

بعد توليد المجتمع الابتدائي يتم تقويم أفرادهُ من خلال تطبيق دالة الهدف (دالة الصلاحية) الموصوفة في العلاقة (٢-١) أدناه:

$$\sum_{i=1}^{M}\sum_{\substack{j=1\\ j\neq i}}^{M+N}\sum_{k=1}^{Ti}\sum_{p=1}^{Tj}[HC(i,j,k,p)+SC(i,j,k,p)]+\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{Ti-1}\sum_{k=j+1}^{Ti}TC(i,j,k) \qquad (٢-١)$$

تمثل HC(i,j,k,p) قيود التوافقيات و SC(i,j,k,p) قيد الموقع المشترك و TC(i,j,k) قيد المرور و M عدد الشبكات الراديوية المطلوب تخصيص ترددات لها و N عدد الشبكات القريبة من الشبكات المطلوب تخصيص ترددات لها و T_i عدد الترددات للشبكة الراديوية i.

$$HC(i,j,k,p) = \begin{cases} ١ & \text{if} \quad [(E > F_{jp}) \text{ and } ((E\text{-}bandwidth_i) < (F_{jp}+bandwidth_j))] \\ & \text{or} \quad [(E \le F_{jp}) \text{ and } ((E+bandwidth_i) > (F_{jp}\text{-}bandwidth_j))] \\ ٠ & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$E = \begin{cases} \left(\frac{n}{m}\right)(F_{ik} - IF_i) \mp \frac{IF_i}{m} & \text{if} \quad (lowfreq_i > lowosc_i) \text{and} (F_{ik} \text{ is receipt frequncy}) \\ \left(\frac{n}{m}\right)(F_{ik} + IF_i) \mp \frac{IF_i}{m} & \text{if} \quad (lowfreq_i \le lowosc_i) \text{and} (F_{ik} \text{ is receipt frequncy}) \\ \left(\frac{m}{n}\right)F_{ik} + \frac{n \mp 1}{n} IF_i & \text{if} \quad (lowfreq_i > lowosc_i) \text{and} (F_{ik} \text{ is transmissi on frequncy}) \\ \left(\frac{m}{n}\right)F_{ik} - \frac{n \mp 1}{n} IF_i & \text{if} \quad (lowfreq_i \le lowosc_i) \text{and} (F_{ik} \text{ is transmissi on frequncy}) \end{cases}$$

$$SC(i,j,k,p) = \begin{cases} ١ & \text{if} \quad ((F_{ik} > F_{jp}) \text{ and } (F_{jp} \in [F_{ik}(١\text{-}\alpha), F_{ik}(١+\alpha)])) \\ & \text{or} \quad ((F_{ik} \le F_{jp}) \text{ and } (F_{ik} \in [F_{jp}(١\text{-}\alpha), F_{jp}(١+\alpha)])) \\ ٠ & \text{otherwise} \end{cases}$$

ويطبق الفيد الحارة فقط عندما تكون المسافة الفاصلة بين الزوج جهازين من السبعين ٠,١ الى من مسافة معينة (٢٠ متر في الطريقة المقترحة).

$$TC(i,j,k) = \begin{cases} ١ & \text{if} \quad |F_{ij}\text{-}F_{ik}| = ٠ \\ & \text{otherwise} \end{cases}$$

F_{ij}: التردد المخصص للشبكة الراديوية i في الموضع j من المتجه.

IF_i: التردد الوسطي للشبكة الراديوية i.

$lowfreq_i$: اقل تردد في المدى الترددي للشبكة الراديوية i.

$lowosc_i$: اقل تردد في مدى الهزازة المحلية للشبكة الراديوية i.

$bandwidth_i$: عرض حزمة البث والاستقبال للشبكة الراديوية i.

m,n: أعداد صحيحة موجبة.

$\propto$: متغير الفصل.

يكون افضل فرد في المجتمع عندما تكون صلاحيته مساوية للصفر أي ان دالة الهدف (دالة الصلاحية) هي دالة تصغير (Minimization function)، وبذلك يتقارب المجتمع عندما يكون مجموع الصلاحيات في تناقص.

٢-٣-٤ انتقاء فردين للتزاوج

استخدمت طريقة انتقاء المجموعات الثنائية في انتقاء الأفراد من المجتمع للتزاوج وقد وضحت في الفقرة (١-٥-٢-٤) وفيما يأتي توضيحها باستخدام الأسلوب الخوارزمي:

Algorithm BTS

Selection individual randomly (ind_i);

Do

Selection individual randomly (ind_j);

While *($ind_i = ind_j$);*

If *(fitness(ind_i) < fitness(ind_j))* ***then***

Select ind_i;

Else if *(fitness(ind_i) > fitness(ind_j))* ***then***

Select ind_j;

Else

If *(flip(٠.٥)*) ***then***

Select ind_i;

Else

Select ind_j;

Endif

Endif

End BTS

حيث flip دالة تعيد القيمة True او False التي ستوضح لاحقاً، يكرر استدعاء الخوارزمية أعلاه مرتين في كل جيل حتى يتم الحصول على أبوين مختلفين.

٢-٣-٥ تطبيق عامل التزاوج وانتاج طفلين

استخدمت في الطريقة المستعملة ثلاث طرائق للتزاوج وهي (ux,٢x,١x) الموصوفة في الفقرة (١-٥-٢-٥) وفيما يأتي الأسلوب الخوارزمي لهذه الطرائق على الترتيب:

Algorithm ١x

If *(flip(pc))* ***then***

Select cut point (x) randomly within the chromosome such that $x \in \{١,٢,...,l-١\}$;

Else

$x \leftarrow l$;

Endif

$i \leftarrow ١$; $j \leftarrow ١$; $k \leftarrow ١$;

While *($k \leq x$)* ***do***

Child ١[i][j] ← Parent ١[i][j];

Child ٢[i][j] ← Parent ٢[i][j];

$j \leftarrow j + ١$;

$k \leftarrow k+ ١$;

If *(j > T[i])* ***then***

i ← i + ١;

j ← ١;

Endif

Endwhile

While *(k ≤ l)* ***do***

Child ١[i][j] ← Parent ٢[i][j];

Child ٢[i][j] ← Parent ١[i][j];

j ← j + ١;

k ← k + ١;

If *(j > T[i])* ***then***

i ← i + ١;

j ← ١;

Endif

Endwhile

End ١x

Algorithm ٢x

If *(flip (pc))* ***then***

Select cut point (x ١) randomly within the chromosome such that x ١ ∈ { ١, ٢,...,l};

Do

Select cut point (x ٢) randomly within the chromosome such that x ٢ ∈ { ١, ٢,...,l};

While *(x ١ = x ٢);*

If *(x ١ > x ٢)* ***then***

x ← x ١;

x ١ ← x ٢;

```
            x٢ ← x;
        Endif
    Else
        x١ ← l;
        x٢ ← l;
    Endif
    While ( k ≤ x١ ) do
        Child١[i][j] ← Parent١[i][j];
        Child٢[i][j] ← Parent٢[i][j];
        j ← j + ١;
        k ← k + ١;
        If ( j > T[i] ) then
            i ← i + ١;
            j ← ١;
        Endif
    Endwhile
    While ( k ≤ x٢ ) do
        Child١[i][j] ← Parent٢[i][j];
        Child٢[i][j] ← Parent١[i][j];
        j ← j + ١;
        k ← k + ١;
        If ( j > T[i] ) then
            i ← i + ١;
            j ← ١;
        Endif
    Endwhile
    While ( k ≤ l ) do
        Child١[i][j] ← Parent١[i][j];
```

```
        Child٢[i][j] ← Parent٢[i][j];
        j ←j + ١;
        k ←k + ١;
        If ( j > T[i] ) then
            i ←i + ١;
            j ← ١;
        Endif
    Endwhile
End ٢x

Algorithm ux
    i ← ١; j ← ١; k ← ١;
    If (flip(pc) ) then
        While ( k ≤ l ) do
            If ( flip( ٠.٥) ) then
                Child١[i][j] ← Parent١[i][j];
                Child٢[i][j] ← Parent٢[i][j];
            Else
                Child١[i][j] ← Parent٢[i][j];
                Child٢[i][j] ← Parent١[i][j];
            Endif
            j ←j + ١;
            k ←k + ١;
            If ( j > T[i] ) then
                i ←i + ١;
                j ← ١;
            Endif
        Endwhile
    Else
```

```
        While ( k ≤ l ) do
            Child ١[i][j] ← Parent ١[i][j];
            Child ٢[i][j] ← Parent ٢[i][j];
            j ← j + ١;
            k ← k + ١;
            If ( j > T[i] ) then
                i ← i + ١;
                j ← ١;
            Endif
        Endwhile
    Endif
End ux
```

حيث تمثل l في كل من الخوارزميات أعلاه مجموع متطلبات الشبكات الراديوية من الترددات.

٦-٣-٢ تطبيق عامل الطفرة على الطفلين

بعد تطبيق عامل التزاوج على الآباء وإنتاج طفلين يتم تطبيق عامل الطفرة (١m) الموصوف في الفقرة (١-٥-٢-٦) على كل طفل، يمسح الطفل جينة جينة (موقع موقع داخل كل جينة) وباحتمالية (pm) يتم استبدال قيمة ذلك الموقع بتردد جديد يتم انتقاؤهُ عشوائياً من بين الترددات المتوفرة والأسلوب الخوارزمي لهذا العامل كالاتي:

```
Algorithm ١m

    i ← ١; j ← ١; k ← ١;
    While ( k ≤ l ) do
        If ( flip(pm) ) then
            Child ١[i][j] ← Select frequency randomly from
                            frequencies  list or frequency range;
        Endif
        j ← j + ١;
```

$k \leftarrow k + ١;$

If *(j > T[i])* ***then***

$i \leftarrow i + ١;$

$j \leftarrow ١;$

Endif

Endwhile

End ١m

٢-٣-٧ إحلال الطفلين محل فردين من المجتمع

يتم تطبيق عامل الإحلال الموصوف في الفقرة (١-٥-٢-٨) (إحلال المجموعات الثنائية)، يُنتقى فردان من المجتمع بصورة عشوائية ويستبدل الطفل الناتج محل أسوأ الفردين المختارين إذا كانت صلاحيته أقل من صلاحية الفرد الأسوأ وخلاف ذلك لا تتم عملية الاستبدال.

الخوارزمية الاتية توضح ذلك:

Algorithm BTR

Selection individual randomly (ind_i);

Do

Selection individual randomly (ind_j);

While *($ind_i = ind_j$);*

If *(fitness (ind_i) > fitness (ind_j))* ***then***

If *(fitness (ind_i) > fitness (child))* ***then***

$ind_i \leftarrow child;$

Endif

Else if *((fitness (ind_i) < fitness (ind_j))* ***then***

If *(fitness (ind_j) > fitness (child))* ***then***

$ind_j \leftarrow child;$

Endif

Else

If *(flip (٠.٥))* ***then***

If *(fitness (ind$_i$) > fitness (child))* ***then***

ind$_i$ ← child;

Endif

Else

If *(fitness (ind$_j$) > fitness (child))* ***then***

ind$_j$ ← child;

Endif

Endif

Endif

End BTR

تستدعى الخوارزمية أعلاه مرتين حيث يتم إحلال الطفل الأول في المرة الأولى وإحلال الطفل الثاني في المرة الثانية.

٢-٣-٨ مقياس التوقف

يستخدم متوسط الصلاحيات لمعرفة مدى تقارب الخوارزمية الجينية، فعند اقتراب متوسط الصلاحيات تجاه قيمة عتبة (Threshold) محددة يعني ان الخوارزمية قد تقاربت، والخوارزمية الآتية توضح ذلك:

Algorithm Stop-Criteria

. . .

Generation ← ١;

Do

Apply genetic operators (Selection, Crossover, Mutation, Replacement);

Avg ← (Sum_of_Fitness(population) / popsize);

Generation ← Generation + ١;

While *(Generation ≤ MaxGeneration)* ***and*** *(Avg > Threshold);*

End Stop-Criteria

تعيد الدالة Sum_of_Fitness مجموع صلاحيات أفراد المجتمع.

MaxGeneration: العدد الأقصى للأجيال المسموح بهِ.

popsize: حجم المجتمع.

Threshold: قيمة عتبة محددة (تساوي صفر في الطريقة المستعملة).

٢-٣-٩ إخراج الحلول المثالية

يتم إخراج جميع الترددات (الحلول المثالية) التي تحقق قيود التداخل التي قيم الصلاحية لها مساوية للصفر (لا يوجد أي تداخل) والعدد الكلي لتلك الحلول وكذلك الوقت الذي يستغرقهُحساب تلك الحلول في الطريقة المستعملة.

- **الدالة flip**

تعيد الدالة flip قيمة منطقية (True او False) اعتماداً على قيمة معينة تمثل الاحتمالية (prob) والمقطع الخاص بها موضح كالاتي:

```
bool flip ( float prob )
    If ( prob = ١.٠ ) then
        Return True;
    Else
        Return ( rand() ≤ prob );
    Endif
End flip
```

حيث تعيد الدالة rand() قيمة عشوائية من ضمن الفترة [٠,١).

٢-٤ خوارزمية التراجع

الخوارزمية الآتية توضح عمل الطريقة التقليدية (خوارزمية التراجع):

Algorithm Backtracking

```
Input: count, i, j;
```

Output: *Net[i][j];*

For *(Frequency assignment to Net[i][j] from frequencies list or*

frequency range);

If *(objectivefunc (Net[i][j]))* ***then***

If *(count = l)* ***then***

Net[i][j] is optimal solution;

Else

If *(j+ ١ > T[i])* ***then***

Backtracking (count+ ١, i+ ١, ١);

Else

Backtracking (count+ ١, i, j+ ١);

Endif

Endif

Endif

Endfor

End Backtracking

Objectivefunc( ) تمثل دالة الهدف الموصوفة في العلاقة (٢-١).

l: العدد الكلي للترددات المخصصة للشبكات الراديوية (مجموع مطالب الشبكات من الترددات).

T[i]: عدد الترددات المطلوبة للشبكة الراديوية i.

تستدعى الخوارزمية أعلاه بعد قراءة المعاملات والبيانات المطلوبة كالاتي:

Backtracking (١, ١, ١);

حيث ستستخرج جميع الحلول المثالية الخاصة بالمسألة وعدد تلك الحلول والوقت المستغرق في عملية الحساب.

٣-١ أداء الطريقة المستعملة

تم تطبيق الطريقة المستعملة والطريقة التقليدية على مجموعة من الأمثلة المختلفة من حيث الحجم والتعقيد لبيان سلوكية كل منهما، وكذلك مدى تأثير قيمة كل من (m, n, α) على عدد الحلول وإيجاد احتمالية التزاوج واحتمالية الطفرة لكل طريقة تزاوج التي يتم فيها الحصول على افضل النتائج، ومن ثم إيجاد افضل طرائق التزاوج وموازنة نتائج تلك الطريقة مع الطريقة التقليدية من حيث الوقت الذي تستغرقه الخوارزميتين في الوصول الى عدد الحلول المثالية.

٣-١-١ التجربة الأولى

استخدمت في هذه التجربة شبكتين راديويتين مواصفاتها الفنية موضحة في الجدول (٣-١) كالآتي:

الجدول (٣-١) المواصفات الفنية للشبكات في التجربة الأولى

رقم الشبكة	المدى الترددي	مدى الهزازة المحلية	عرض حزمة البث والاستقبال
الأولى	٣٠٠٠-٦٠٠٠ ك.هـ.	٢٠٠٠-٥٠٠٠ ك.هـ.	٢٥ ك.هـ.
الثانية	٣٥٠٠-٥٥٠٠ ك.هـ.	٥٠٠٠-٧٠٠٠ ك.هـ.	٣٠ ك.هـ.

يوضح الجدول (٣-٢) الأجهزة المتواجدة في كل من الشبكات أعلاه والقدرة والمقاومة المؤثرة لكل جهاز في الشبكة، المطلوب تخصيص ترددات للشبكات من قائمة الترددات الموضحة في الجدول (٣-٣) والذي يحتوي على (٦) ترددات فقط مقاسه بالكيلوهرتز، ويوضح الجدول (٣-٤) المسافات الفاصلة بين كل جهازين مرتبطين داخل الشبكات الراديوية أعلاه مقاسه بالكيلومتر.

الجدول (٣-٢) المواصفات الفنية للأجهزة الراديوية في التجربة الأولى

	رقم الجهاز	قدرة الجهاز	المقاومة المؤثرة للجهاز
الشبكة الأولى	الأول	١٥ واط	٣٢ أوم
	الثاني	٥ واط	٢٨ أوم
	الثالث	٧ واط	٤٠ أوم
	الرابع	١٠ واط	١٦ أوم
	الخامس	٧ واط	٢٤ أوم
	السادس	٥ واط	٣٥ أوم
	الأول	٣ واط	٢٠ أوم

الشبكة الثانية	الثاني	٨ واط	٢٣ أوم
	الثالث	٤ واط	٢٧ أوم
	الرابع	٧ واط	٣٩ أوم

أ- معرفة مدى تأثير قيمة كل من (m, n) على عدد الحلول المثالية وذلك عندما تكون المسافة الفاصلة بين اقرب جهازين من الشبكتين (الجهاز الأول من الشبكة الأولى مع الجهاز الثاني من الشبكة الثانية)مساوياً لـ (٥٠ كم)، يوضح الشكل (٣-١) هذا التأثير عندما تكون قيمة $\alpha = ٠.٠٥$:

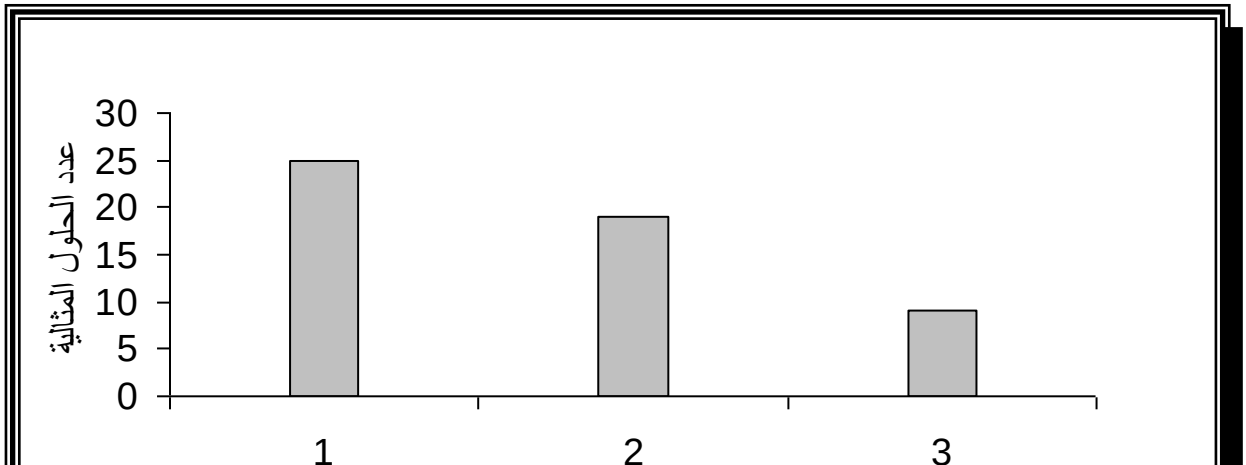
الجدول (٣-٣) قائمة الترددات في التجربة الأولى

٣١٠٠	٤٧٥٠	٥٠٢٥	٥٥٠٠	٣٧٠٠	٤٥٥٠

الجدول (٣-٤) المسافات الفاصلة بين الأجهزة الراديوية المرتبطة في التجربة الأولى

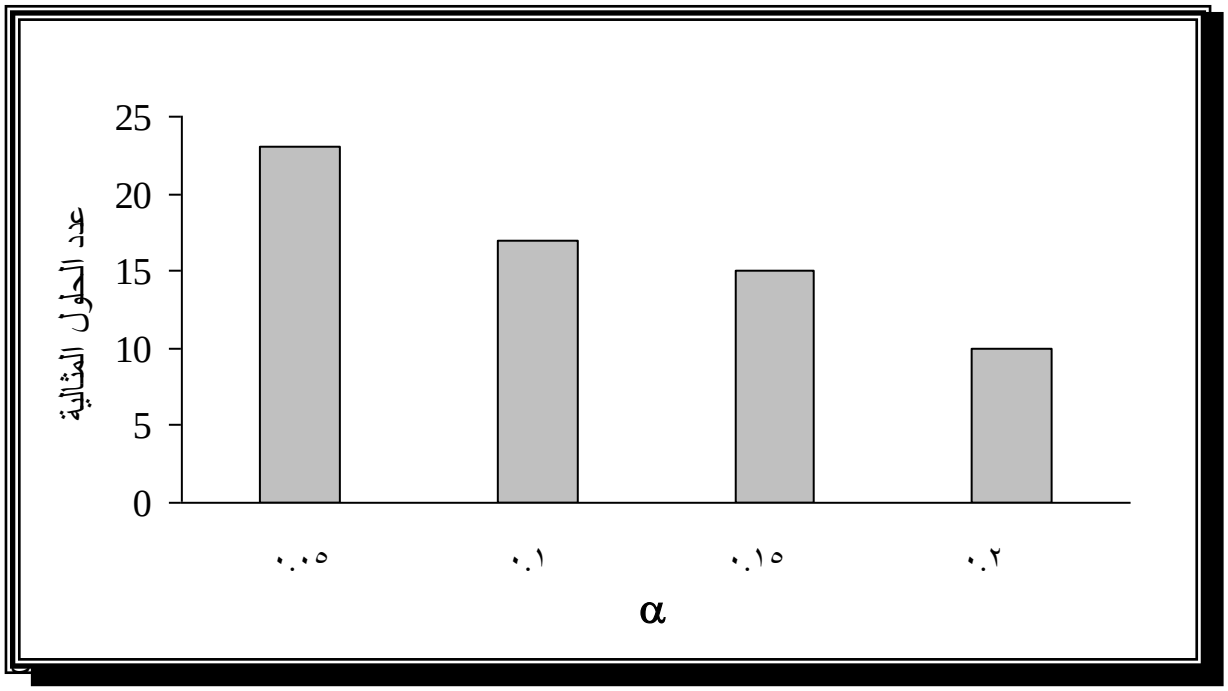
	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس
الشبكة الأولى	الأول	صفر	٢٥	٣٠	٣٥	٣٠	٢٥
	الثاني	٢٥	صفر	-	-	-	٢٨
	الثالث	٣٠	-	صفر	٢٠	-	-
	الرابع	٣٥	-	٢٠	صفر	-	-
	الخامس	٣٠	-	-	-	صفر	٢٥
	السادس	٢٥	٢٨	-	-	٢٥	صفر

	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
الشبكة الثانية	الأول	صفر	٢٥	-	٢٧
	الثاني	٢٥	صفر	٣٠	٣٥
	الثالث	-	٣٠	صفر	٢٨
	الرابع	٢٧	٣٥	٢٨	صفر



يبين الشكل المذكور آنفاً انه كلما ازدادت قيمة كل من (m, n) فإنّ عدد الحلول يقل، والسبب انه كلما زادت قيمة m و n فإنّ عدد الفترات التي يمنع تخصيص الترددات منها للشبكات الأخرى يزداد وبذلك تقل عدد الحلول المثالية.

ب- معرفة مدى تأثير قيمة (α) على عدد الحلول المثالية وذلك عندما تكون المسافة الفاصلة بين اقرب جهازين من الشبكتين (الجهاز الأول من الشبكة الأولى مع الجهاز الثاني من الشبكة الثانية) مساوياً لـ (١٥ م)، يوضح الشكل (٣-٢) هذا التأثير عندما تكون قيمة كل من m و n مساوية للواحد.



عدد الحلول المثالي

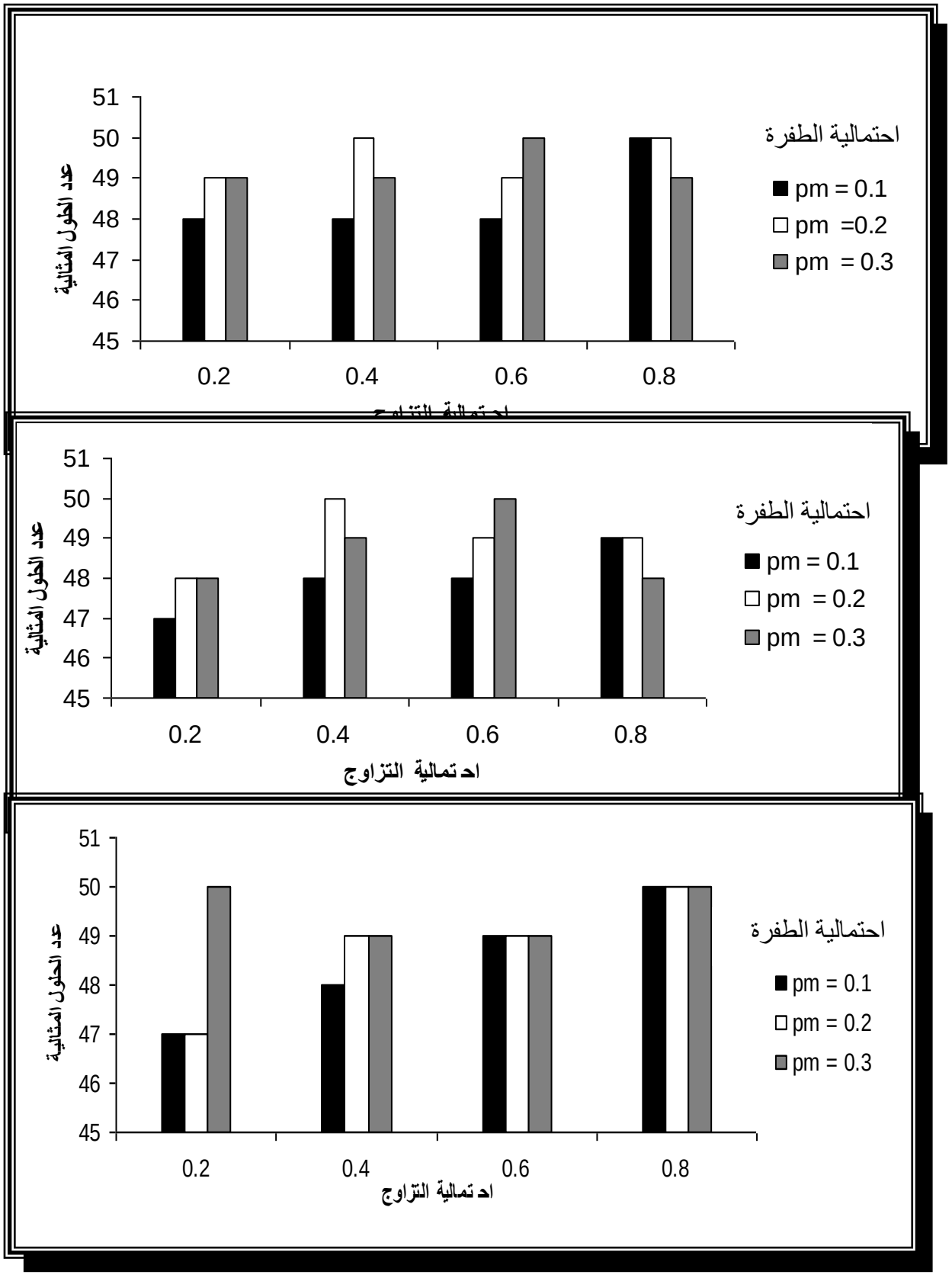
الشكل (٣-٢) تأثير α على عدد الحلول المثالية

في الخطوات الاتيه سيتم حساب قيمه كل من احتماليه التراوج والطفرة لكل طريقة من طرائق التزاوج (1x, 2x, ux) التي يمكن بها الحصول على افضل نتائج مقارنتًمع الطريقة التقليدية، لزيادة دقة الحساب سيتم إجراء (١٧) تجربة لإيجاد احتمالية التزاوج والطفرة التي يمكن بها إيجاد اكبر عدد ممكن من الحلول المثالية.

ج- المطلوب تخصيص ترددين للشبكة الراديوية الأولى وتردد واحد للشبكة الراديوية الثانية، عندما تكون المسافة الفاصلة بين الشبكتين (١٠٠ كم)، المعاملات الخاصة بالشبكات والخوارزميات الجينية موضحة في الجدول (٣-٥).

الجدول (٣-٥) المعاملات الخاصة بالتجربة الأولى-ج

حجم المجتمع	: ٢٥٠
طول الكروموسوم	: ٣
عدد الدورات القصوى	: ١٠٠٠

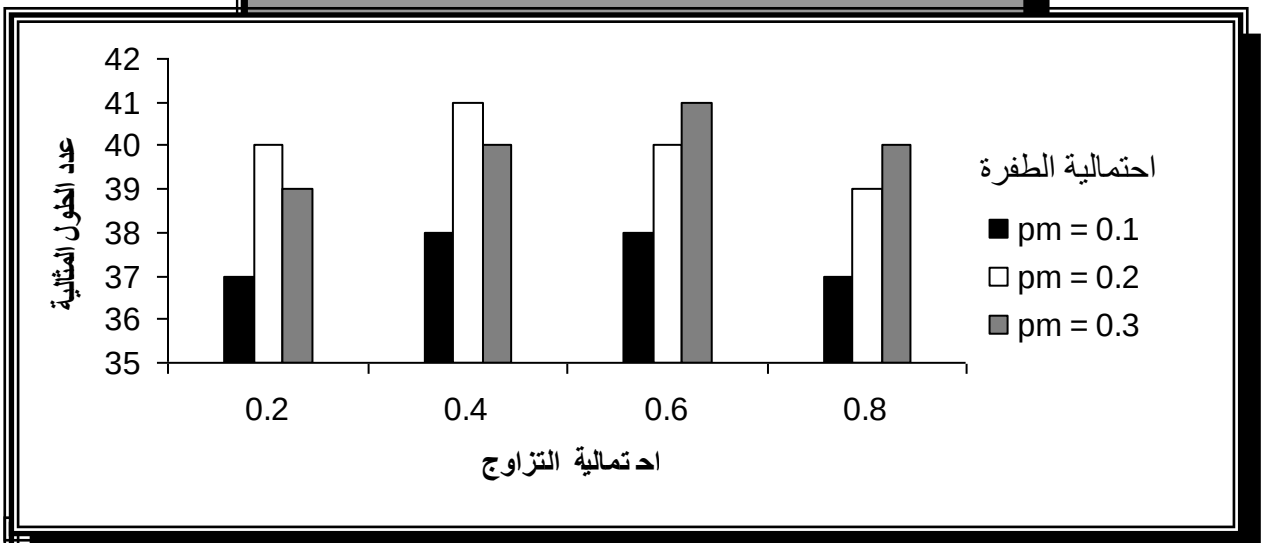


الشكل (٣-٥) التجربة الأولى-ج-طريقة التزاوج ٢x

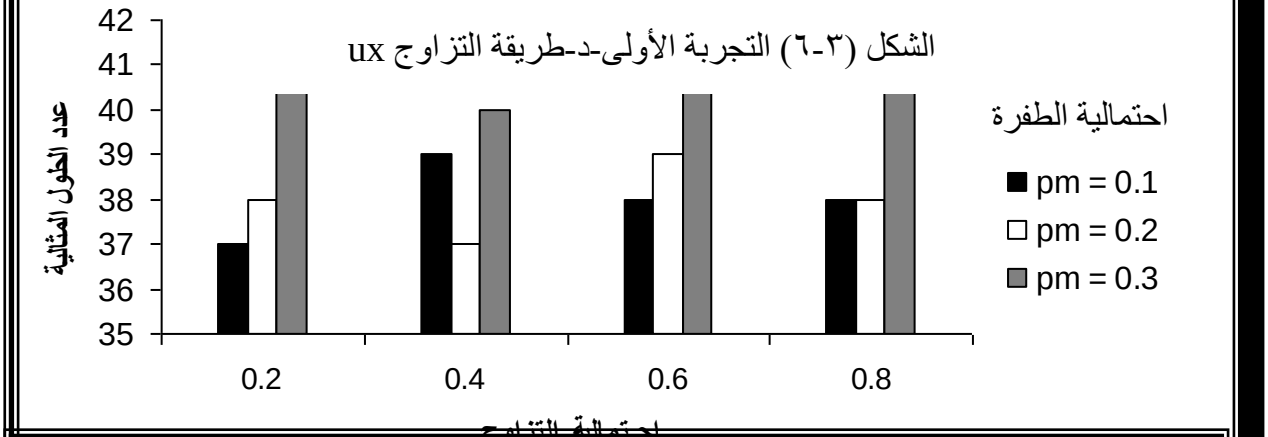
د- المطلوب تخصيص ترددين للشبكة الراديوية الأولى وتردد واحد للشبكة الراديوية الثانية، المسافة الفاصلة بين الشبكتين (١٥ م)، المعاملات الخاصة بالشبكات والخوارزميات الجينية موضحة في الجدول (٣-٦).

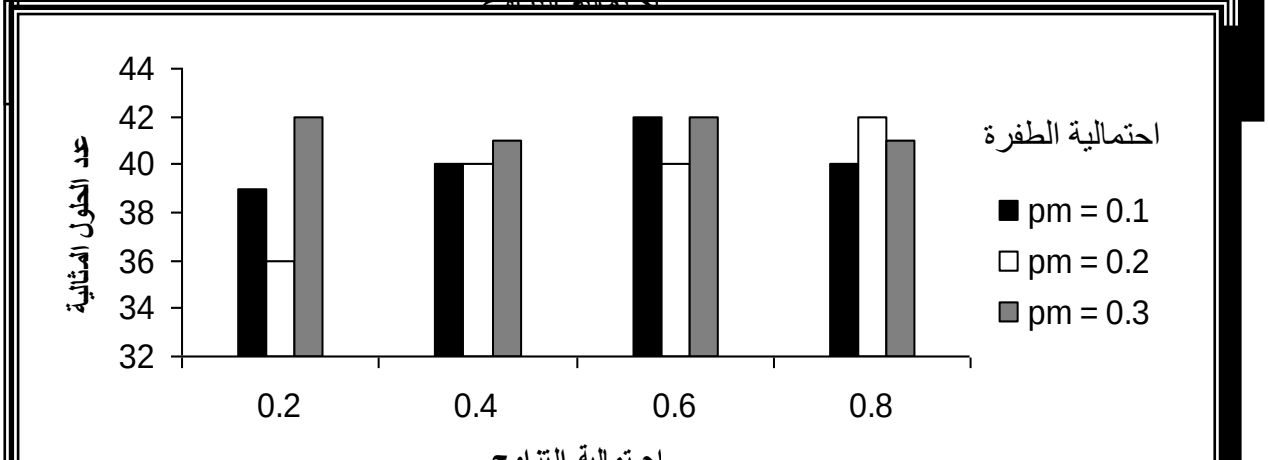
الجدول (٣-٦) المعاملات الخاصة بالتجربة الأولى-د

حجم المجتمع	: ٢٠٠
طول الكروموسوم	: ٣
عدد الدورات القصوى	: ١٠٠٠
m = n	: ١
α	: ٠.٠٥

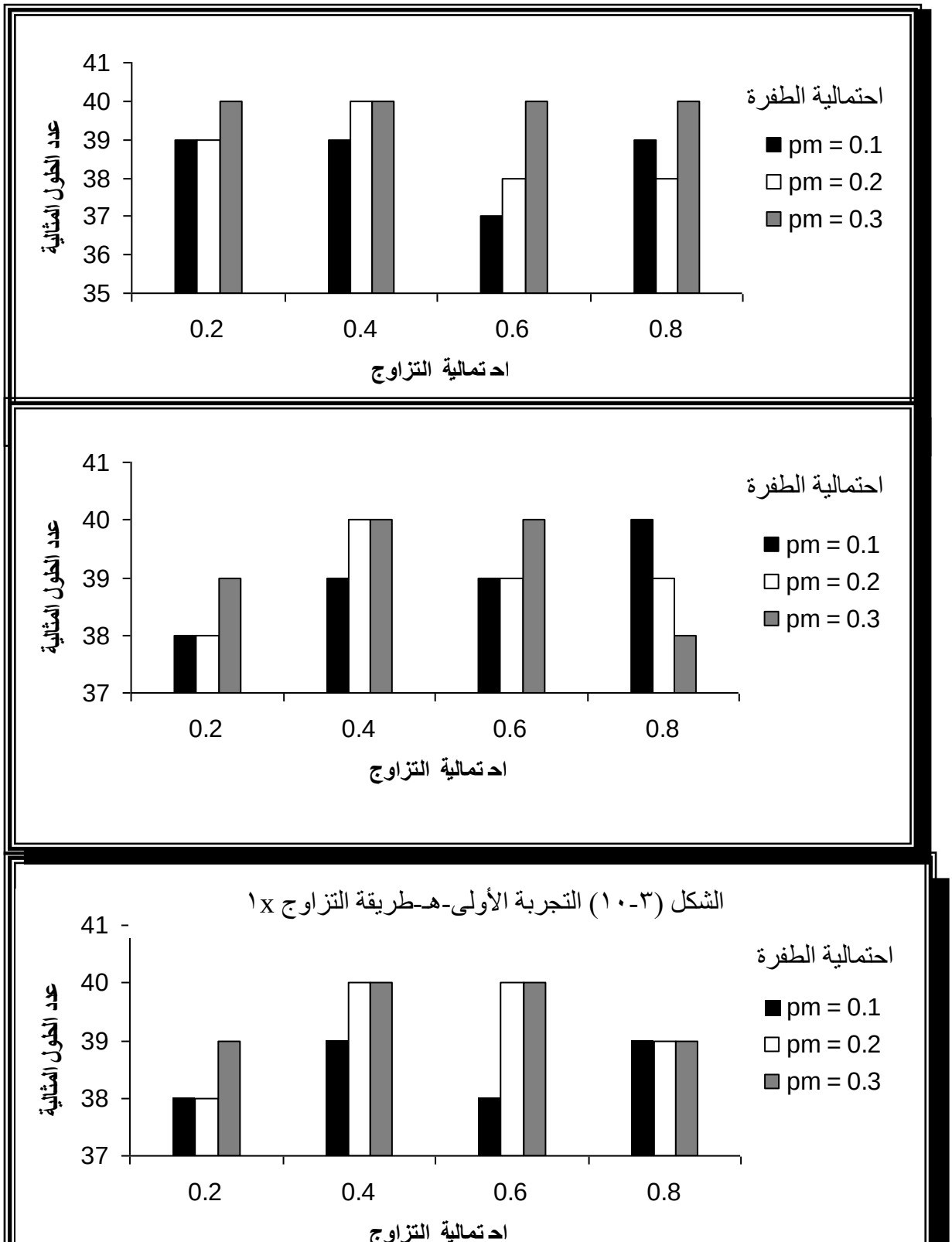


الشكل (٣-٦) التجربة الأولى-د-طريقة التزاوج ux





هـ- المطلوب تخصيص تردد واحد للشبكة الراديوية الأولى وترددين للشبكة الراديوية الثانية، المسافة الفاصلة بين الشبكتين (١٠٠ كم) والمعاملات الخاصة بالشبكات والخوارزميات الجينية موضحة في الجدول (٣-٥).

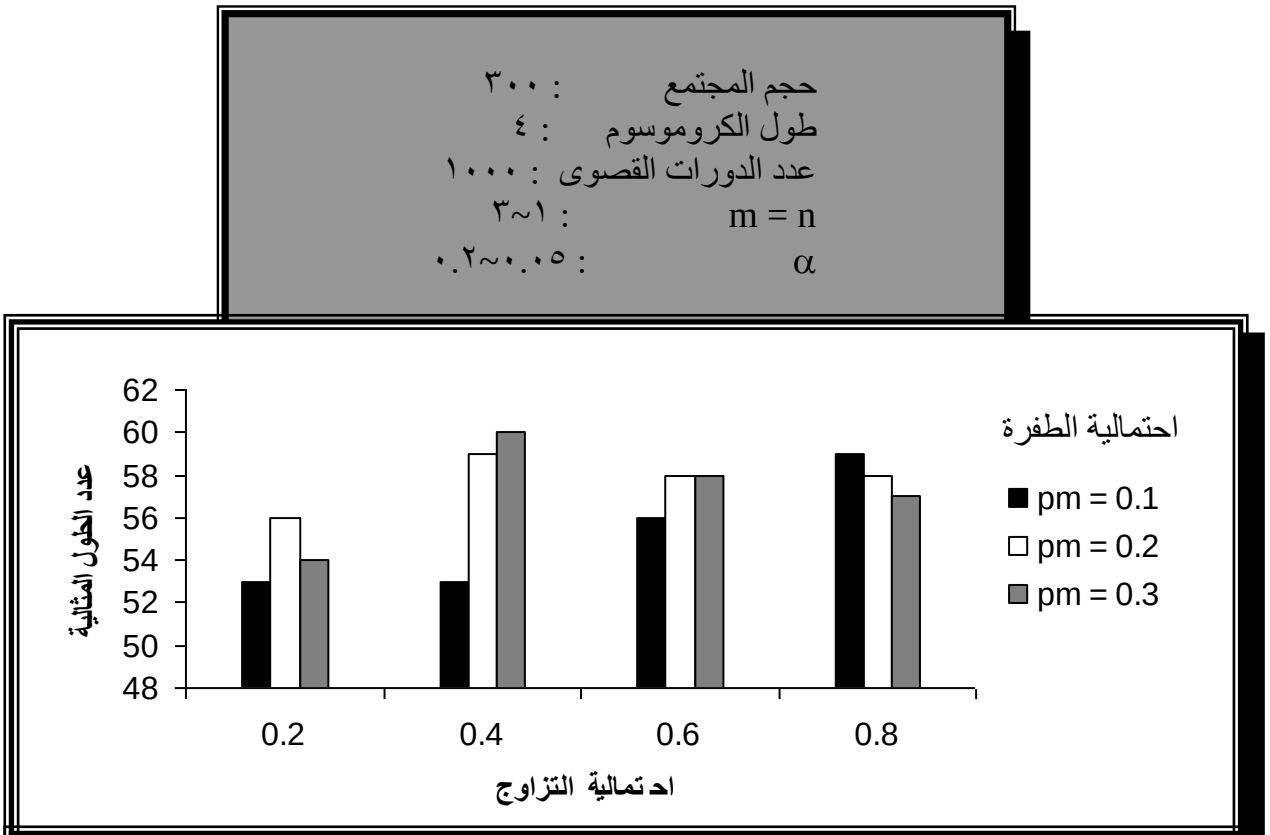


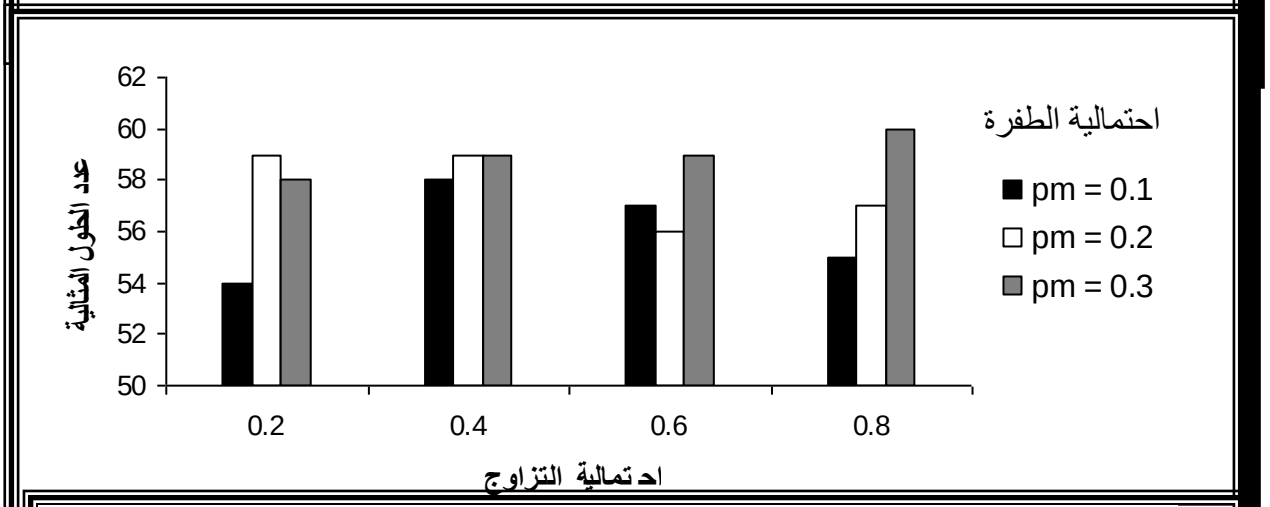
الشكل (٣-١٠) التجربة الأولى-هـ-طريقة التزاوج 1x

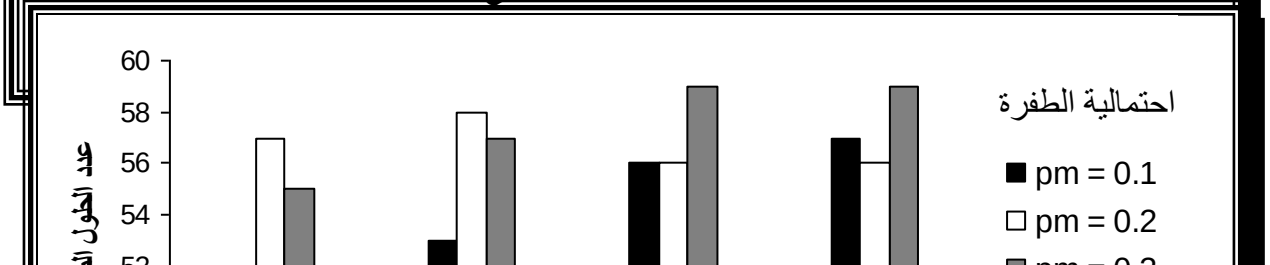
و- المطلوب تخصيص ترددين لكل من الشبكة الراديوية الأولى والشبكة الراديوية الثانية، المسافة الفاصلة بين الشبكتين (٧٠ كم) والمعاملات الخاصة بالشبكات الراديوية والخوارزميات الجينية موضحة في الجدول (٣-٧).

الجدول (٣-٧) المعاملات الخاصة بالتجربة الأولى-و

حجم المجتمع	: ٣٠٠
طول الكروموسوم	: ٤
عدد الدورات القصوى	: ١٠٠٠
m = n	: ١~٣
α	: ٠.٠٥~٠.٢







تم تطبيق التجارب (من التجربة الأولى-ج الى التجربة الأولى-و) أعلاه لمعرفة افضل احتمالية تزاوج واحتمالية طفرة لكل طريقة من طرائق التزاوج (ux ,٢x, ١x)، للحصول على دقة أعلى في حساب الاحتماليات سنطبق الطريقة المقترحة على تجارب أخرى.

٣-١-٢ التجربة الثانية

استخدمت في هذه التجربة ثلاث شبكات راديوية مواصفاتها الفنية موضحة في الجدول (٣-٨) أدناه:

الجدول (٣-٨) المواصفات الفنية للشبكات في التجربة الثانية

رقم الشبكة	المدى الترددي	مدى الهزازة المحلية	الفاصلة الترددية	عرض حزمة البث والاستقبال
الأولى،الثانية، الثالثة	٣٠٠٠-٤٠٠٠ ك.هـ.	٢٠٠٠-٣٠٠٠ ك.هـ.	١٠٠ ك.هـ.	٥٠ ك.هـ.

يوضح الجدول (٣-٩) الأجهزة المتواجدة في كل شبكة والقدرة والمقاومة المؤثرة لكل جهاز في الشبكة، ويوضح الجدول (٣-١٠) المسافات الفاصلة بين كل جهازين مرتبطين داخل الشبكات الراديوية أعلاه مقاسه بالكيلومتر.

المطلوب تخصيص ترددات للشبكات من ضمن المدى الترددي لكل شبكة.

الجدول (٣-٩) المواصفات الفنية للأجهزة الراديوية في التجربة الثانية

	رقم الجهاز	قدرة الجهاز	المقاومة المؤثرة للجهاز
الشبكة الأولى	الأول	٢٠ واط	٤٠ أوم
	الثاني	١٥ واط	٣٢ أوم
	الثالث	١٨ واط	٣٦ أوم
	الرابع	٥ واط	٢٠ أوم
	الخامس	١٤ واط	٢٨ أوم
	الأول	٥ واط	١٦ أوم

الشبكة الثانية	الثاني	٦ واط	٣٢ أوم
	الثالث	٤ واط	١٨ أوم
الشبكة الثالثة	الأول	١٨ واط	٣٦ أوم
	الثاني	١٨ واط	٣١ أوم

ا- عندما تكون المسافة الفاصلة بين شبكة وأخرى (١٠ م) أي يوجد جهاز واحد على الأقل من كل شبكة في نفس الموقع، والمطلوب تخصيص تردد واحد لكل منهما، المعاملات الخاصة بالشبكات والخوارزميات الجينية موضحة في الجدول (٣-١١).

الجدول (٣-١٠) المسافات الفاصلة بين الأجهزة الراديوية المرتبطة في التجربة الثانية

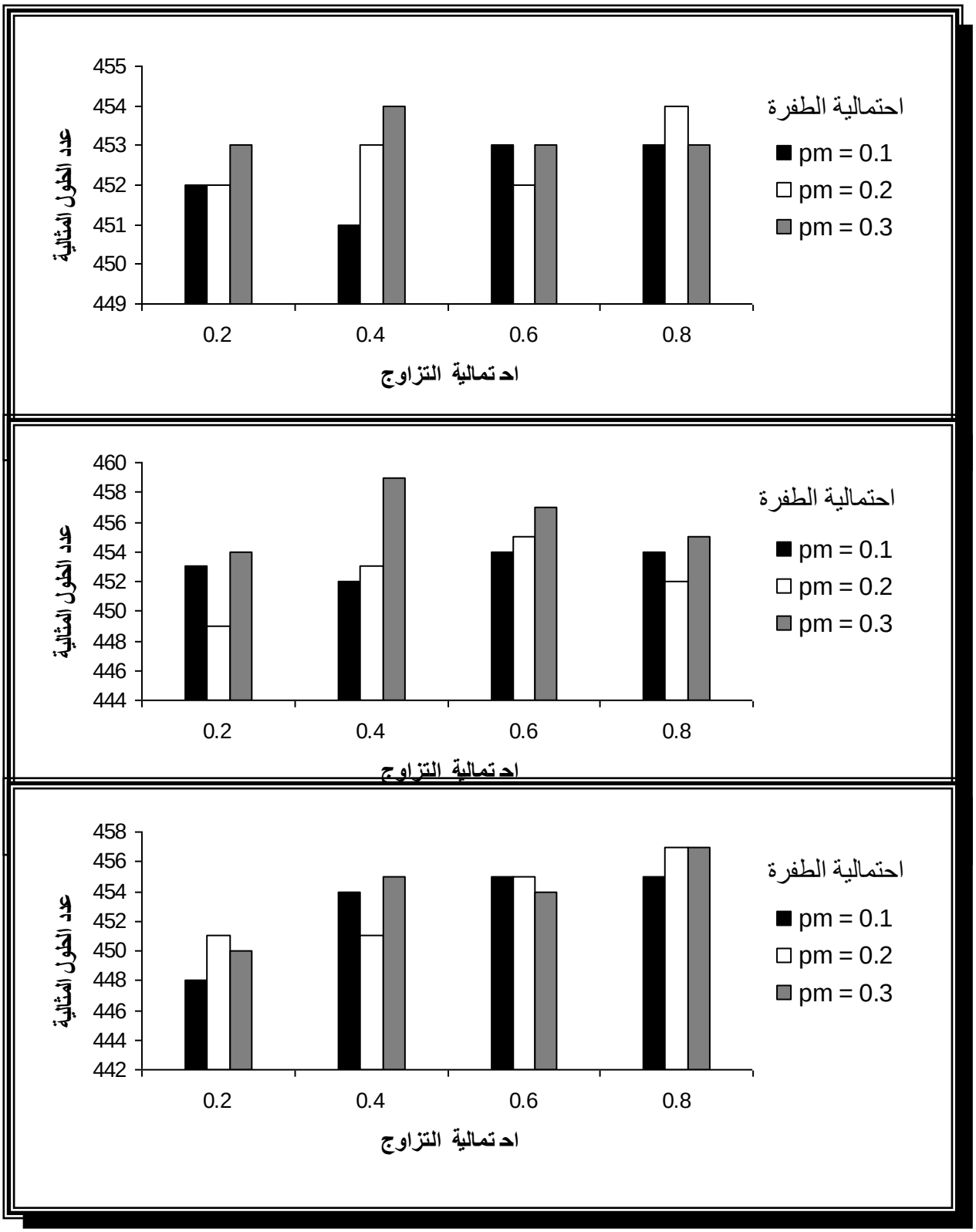
	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس
الشبكة الأولى	الأول	صفر	٧	١٥	٨	٥
	الثاني	٧	صفر	-	-	١٠
	الثالث	١٥	-	صفر	٦	-
	الرابع	٨	-	٦	صفر	-
	الخامس	٥	١٠	-	-	صفر

	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث
الشبكة الثانية	الأول	صفر	٨	٧
	الثاني	٨	صفر	٦
	الثالث	٧	٦	صفر

	رقم الجهاز	الأول	الثاني
الشبكة الثالثة	الأول	صفر	١٠
	الثاني	١٠	صفر

الجدول (٣-١١) المعاملات الخاصة بالتجربة الثانية-ا

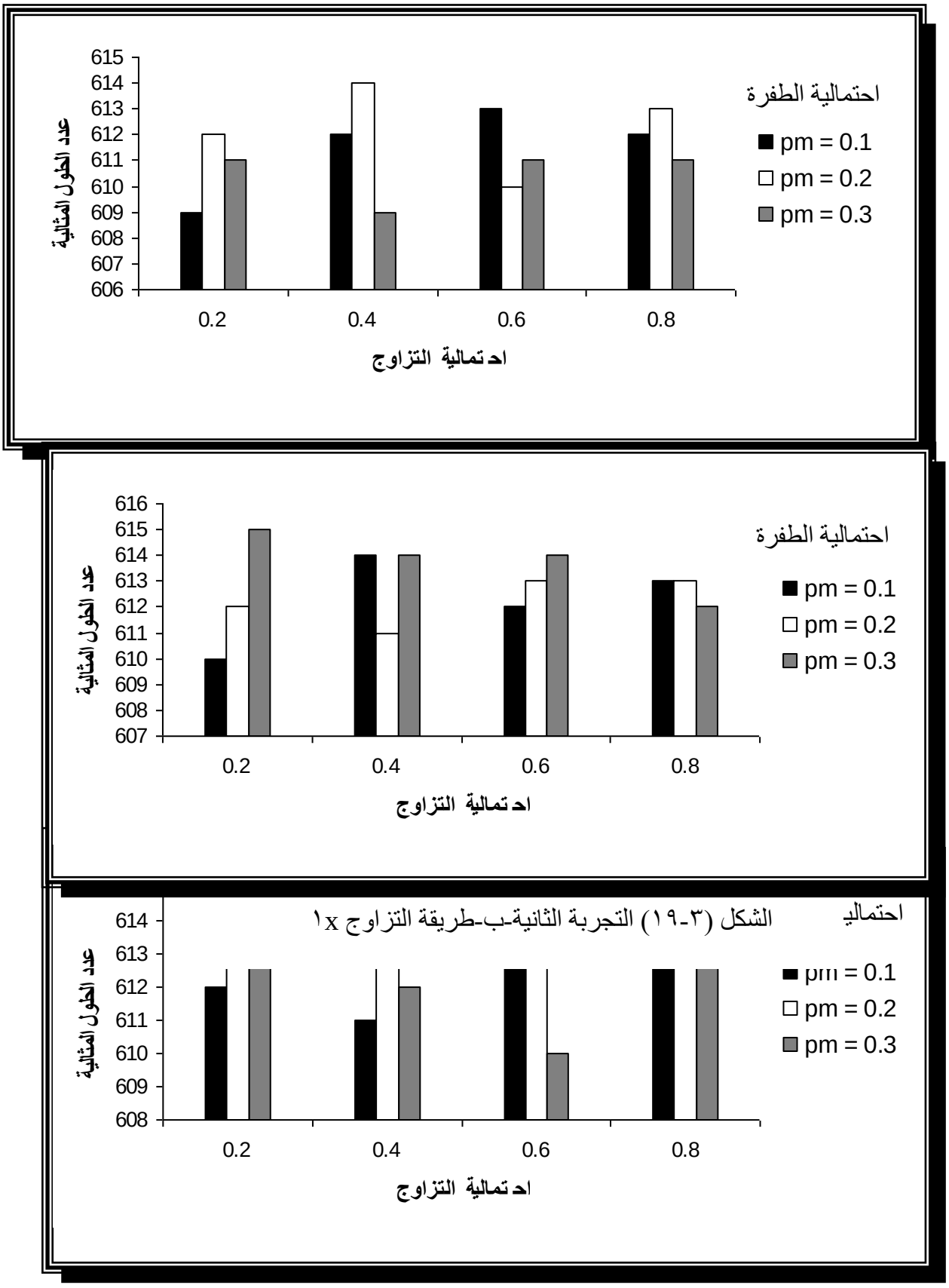
حجم المجتمع	: ٤٠٠٠
طول الكروموسوم	: ٣
عدد الدورات القصوى	: ١٠٠٠
m = n	: ١
α	: ٠.٠٥



الشكل (٣-١٧) التجربة الثانية-ا-طريقة التزاوج 2x

الجدول (٣-١٢) المعاملات الخاصة بالتجربة الثانية-ب

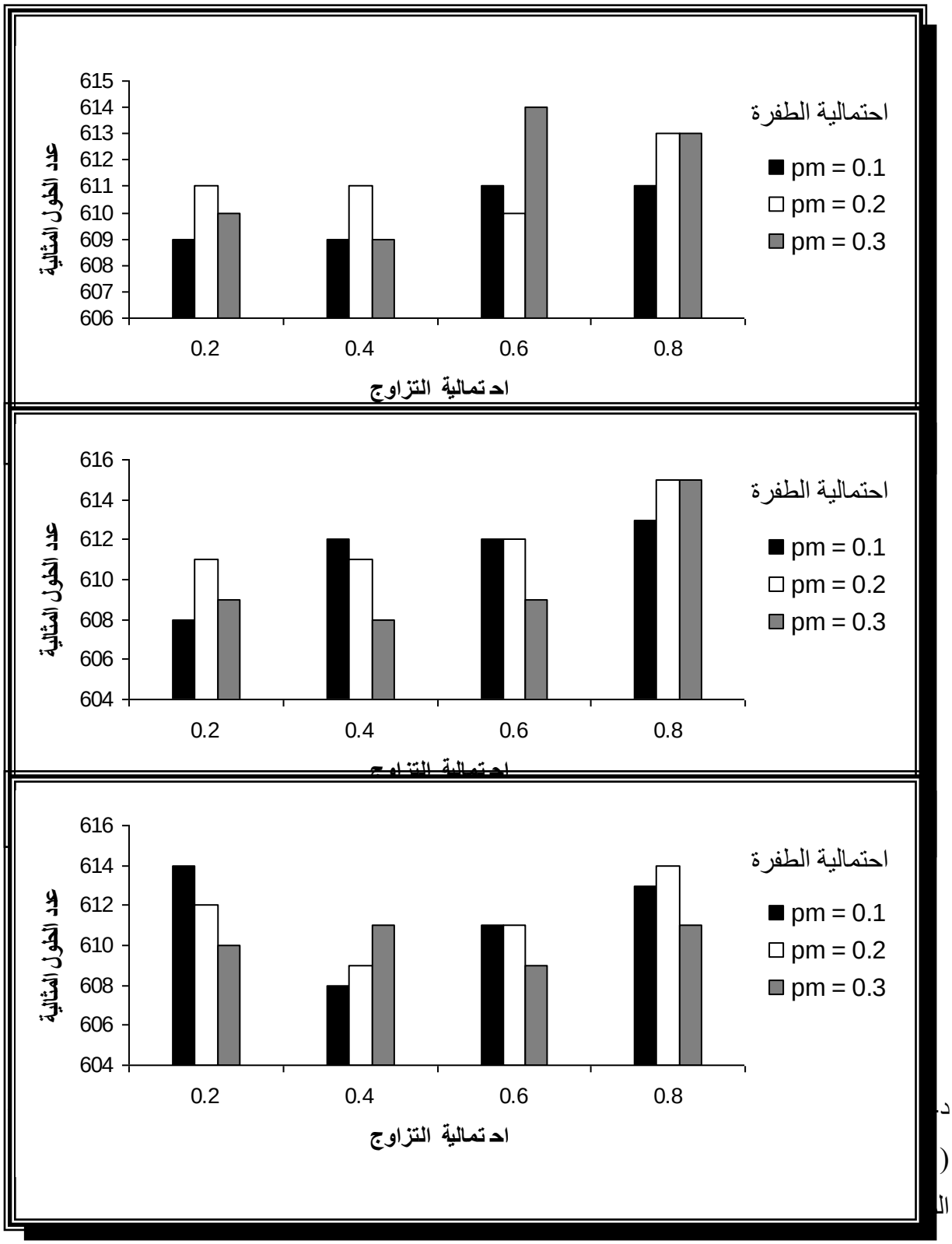
حجم المجتمع	: ٥٠٠٠
طول الكروموسوم	: ٣
عدد الدورات القصوى	: ١٠٠٠
m = n	: ١
α	: ٠.٠٥



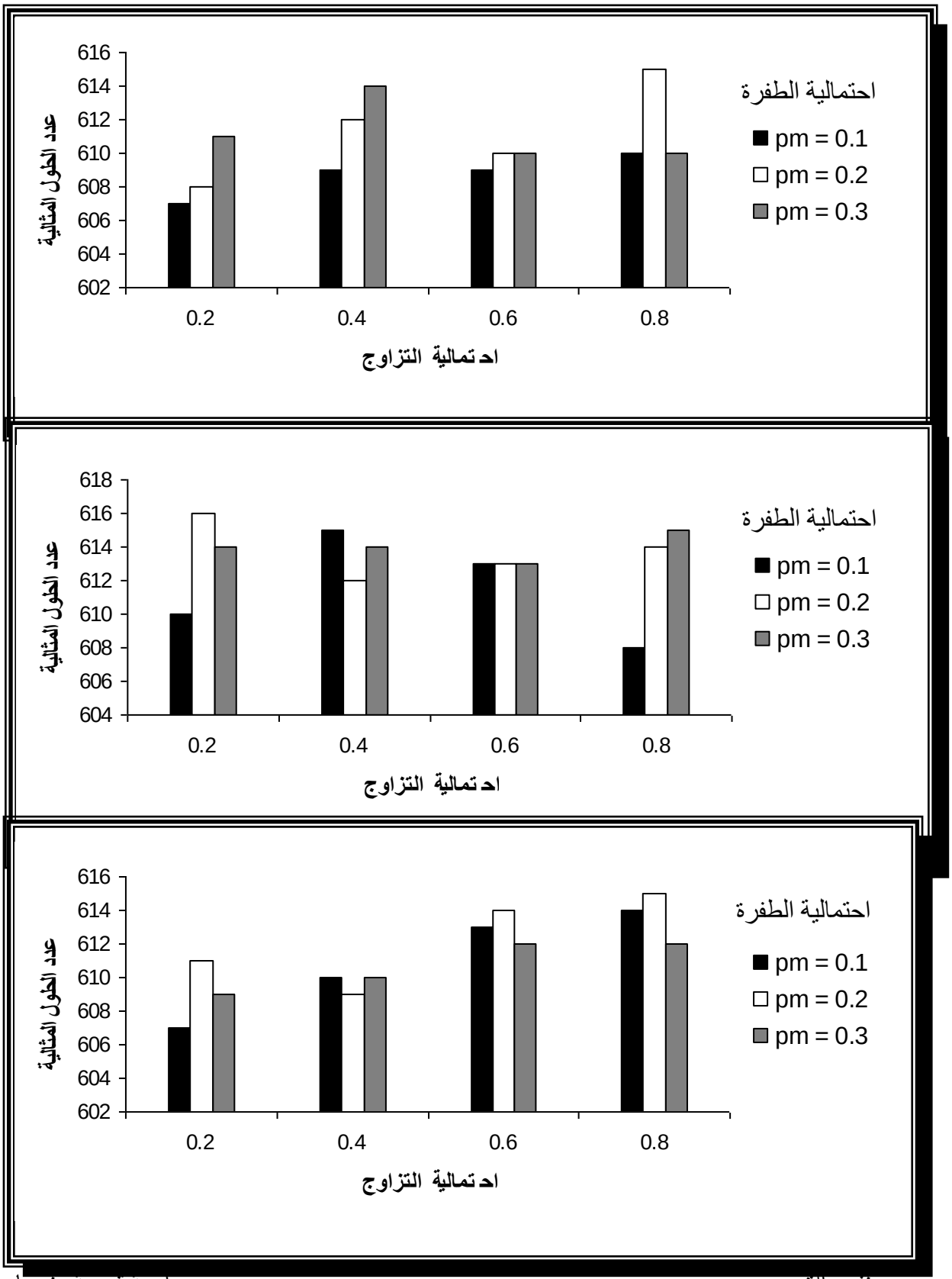
الشكل (٣-١٩) التجربة الثانية-ب-طريقة التزاوج x١

الشكل (٣-٢٠) التجربة الثانية-ب-طريقة التزاوج x٢

ج- عندما تكون المسافة الفاصلة بين الشبكة الراديوية الأولى والثانية وبين الشبكة الراديوية الثانية والثالثة (١٠ م) وبين الشبكة الراديوية الأولى والثالثة (١٠٠ كم)، المطلوب تخصيص تردد لكل شبكة راديوية والمعاملات الخاصة بالشبكات والخوارزميات الجينية موضحة في الجدول (٣-١٢).



الشكل (٣-٢٣) التجربة الثانية-ج-طريقة التزاوج $2X$



الشكل (٣-٢٦) التجربة الثانية-د-طريقة التزاوج X_2

تتكون الشبكة الراديوية الرابعة من ثلاثة اجهزة والموصفة مواصفاتها الفنية في الجدول (٣-١٣)، علماً ان المدى الترددي لهذه الشبكة هو (٣٥٠٠-٤٥٠٠ ك.هـ.) وعرض حزمة البث والاستقبال (٨٠ ك.هـ.)،

ويوضح الجدول (٣-١٤) المسافات التي تفصل الأجهزة المرتبطة في الشبكة الراديوية الرابعة مقاسه بالكيلومتر.

الجدول (٣-١٣) المواصفات الفنية لأجهزة الشبكة الرابعة في التجربة الثالثة

	رقم الجهاز	قدرة الجهاز	المقاومة المؤثرة للجهاز
الشبكة الرابعة	الأول	٣.٥ واط	٢٠ أوم
	الثاني	٤.٧ واط	١٨ أوم
	الثالث	٣ واط	٣٥ أوم

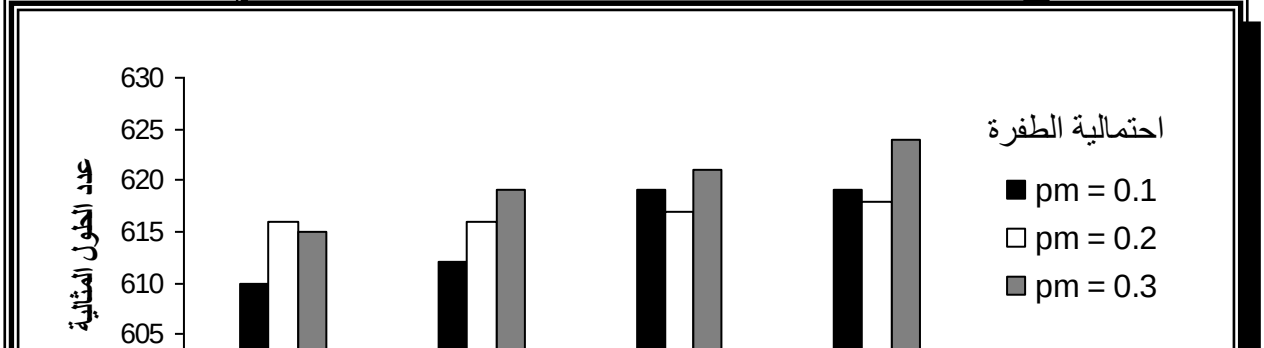
الجدول (٣-١٤) المسافات الفاصلة بين الأجهزة المرتبطة في الشبكة الرابعة للتجربة الثالثة

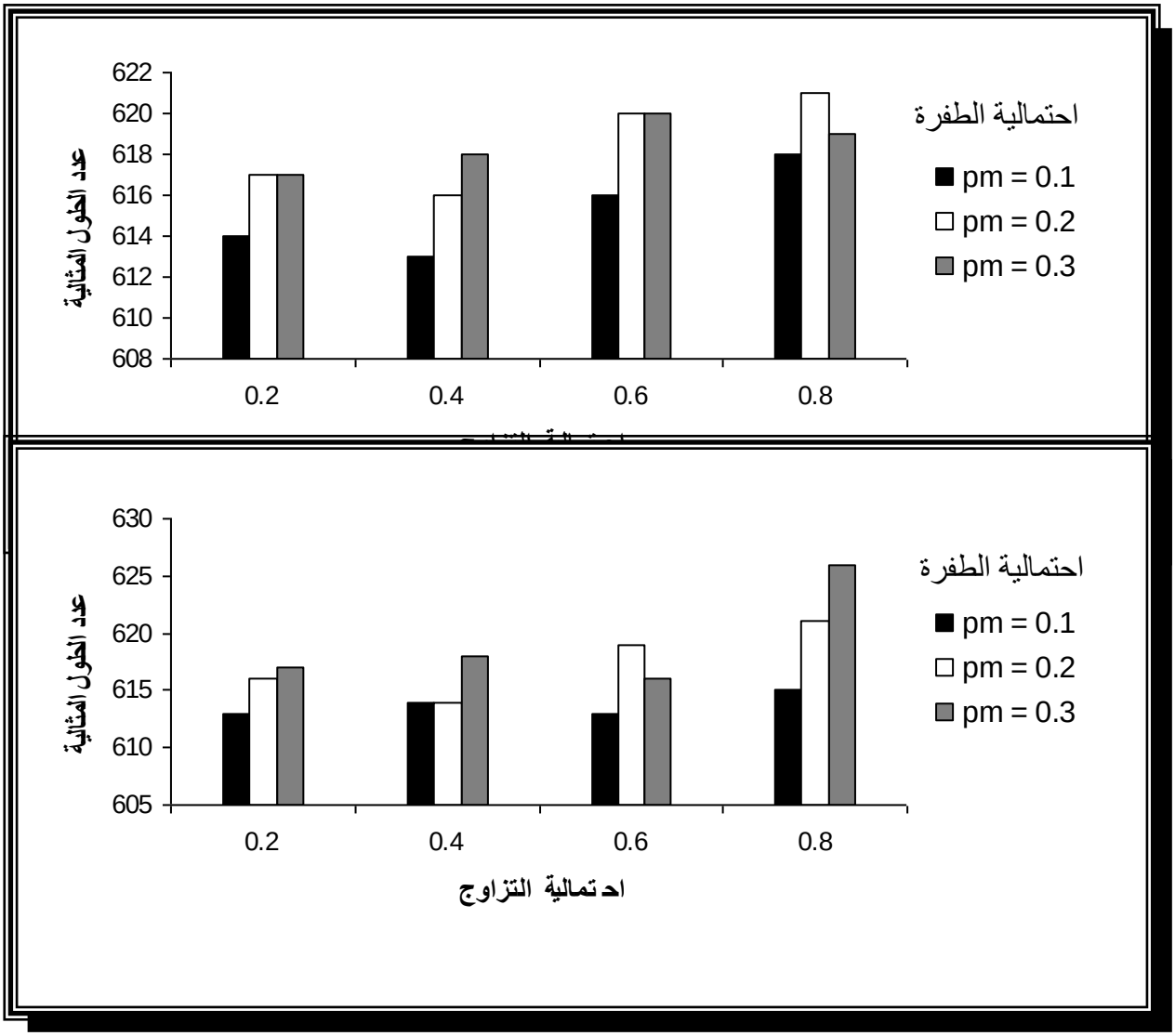
	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث
الشبكة الرابعة	الأول	صفر	٥	٤
	الثاني	٥	صفر	٤
	الثالث	٤	٤	صفر

ا- المطلوب تخصيص تردد واحد لكل شبكة عندما تكون المسافة الفاصلة بين كل شبكة وأخرى (الأولى والثانية والثالثة) (١٠٠ كم) والمسافة الفاصلة بين الشبكة الأولى والرابعة (١٠ م) وبين الشبكة الثانية والرابعة (٣٥ كم) وبين الشبكة الثالثة والرابعة (١٠٥ كم) علماً ان التردد المخصص للشبكة الراديوية الرابعة هو (٣٨٠٠ ك.هـ.)، المعاملات الخاصة بالشبكات والخوارزميات موضحة في الجدول (٣-١٥).

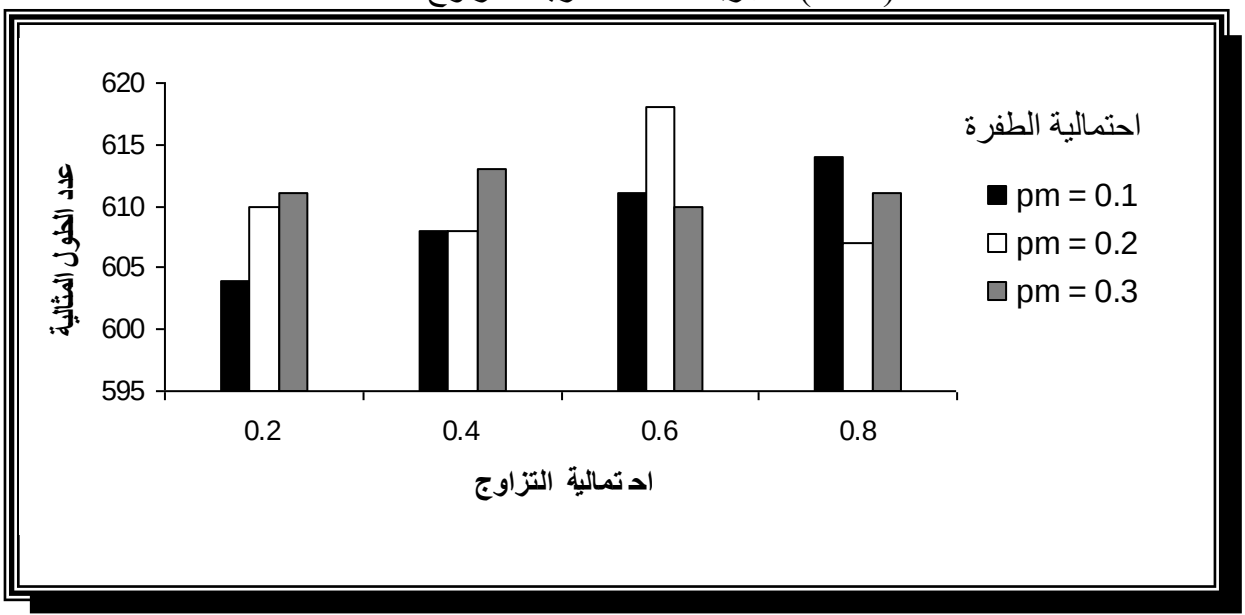
الجدول (٣-١٥) المعاملات الخاصة بالتجربة الثالثة-ا

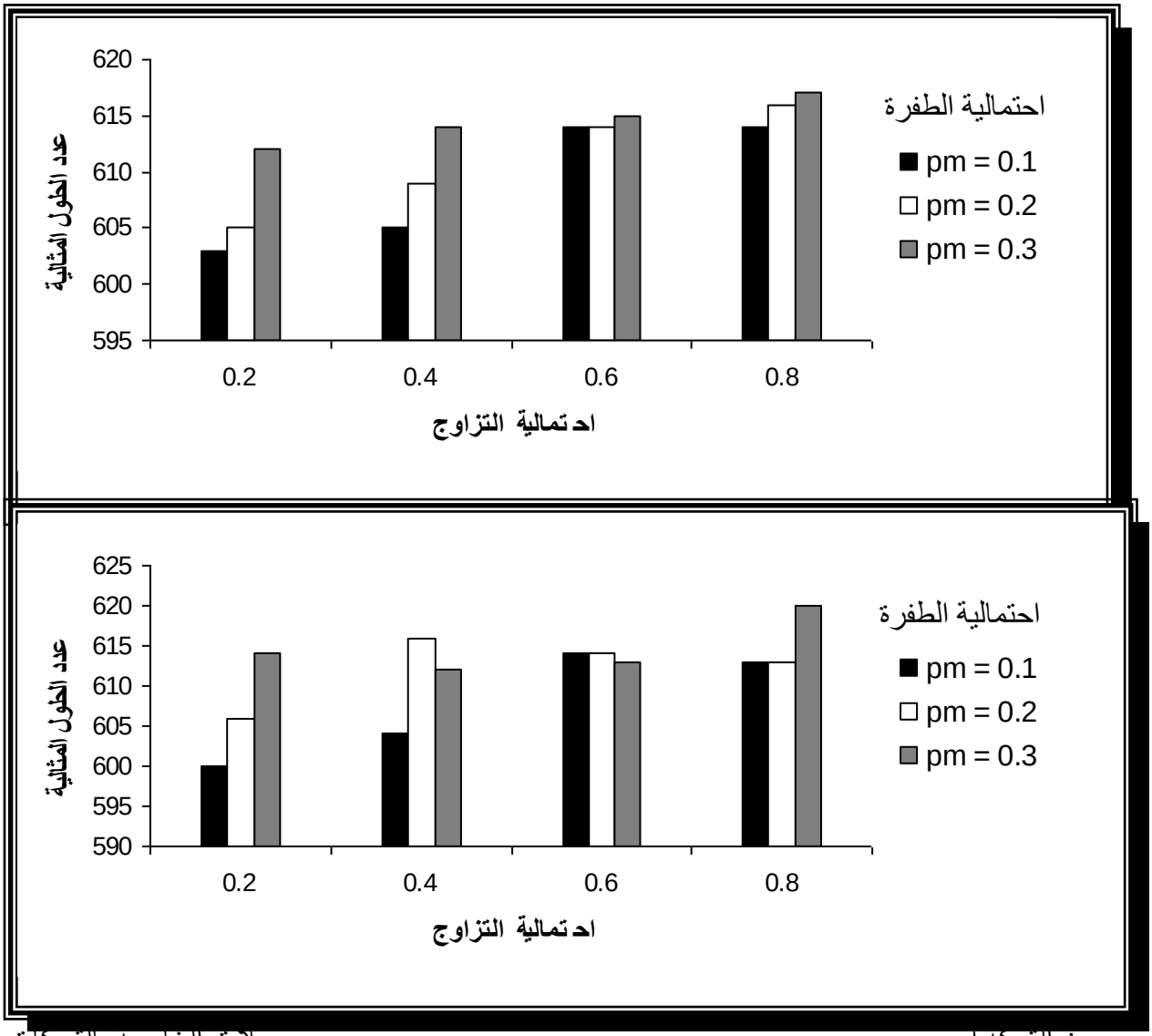
حجم المجتمع	: ٤٠٠٠
طول الكروموسوم	: ٤
عدد الدورات القصوى	: ١٠٠٠
m = n	: ١
α	: ٠.٠٥





الشكل (٣-٢٩) التجربة الثالثة-ا-طريقة التزاوج $2x$

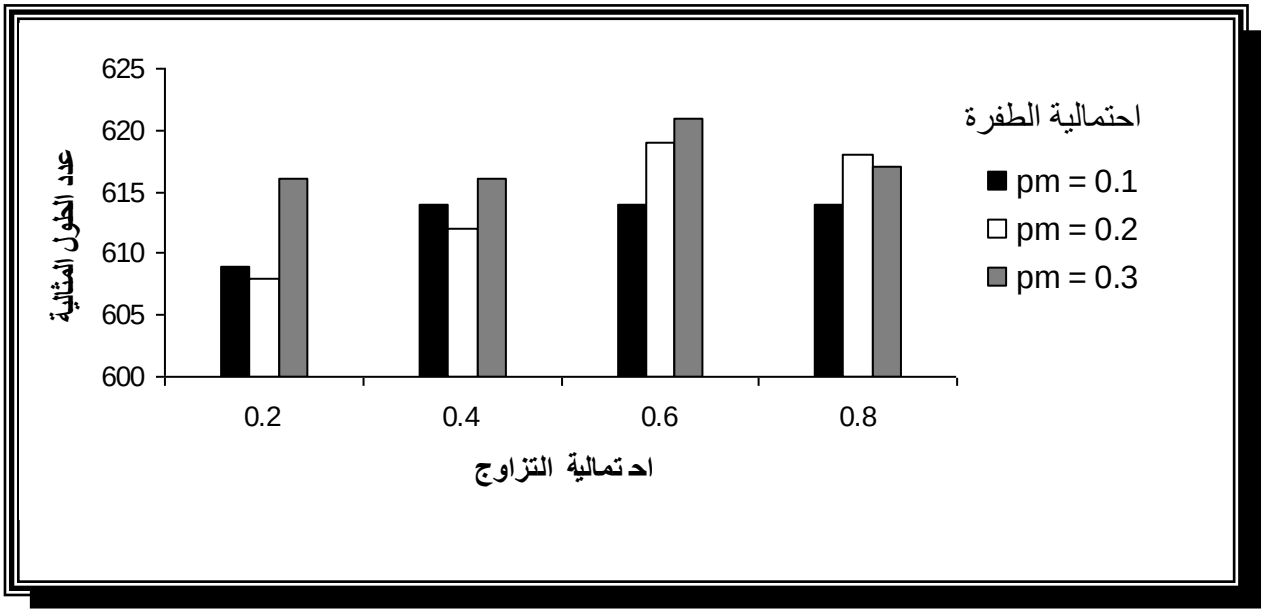




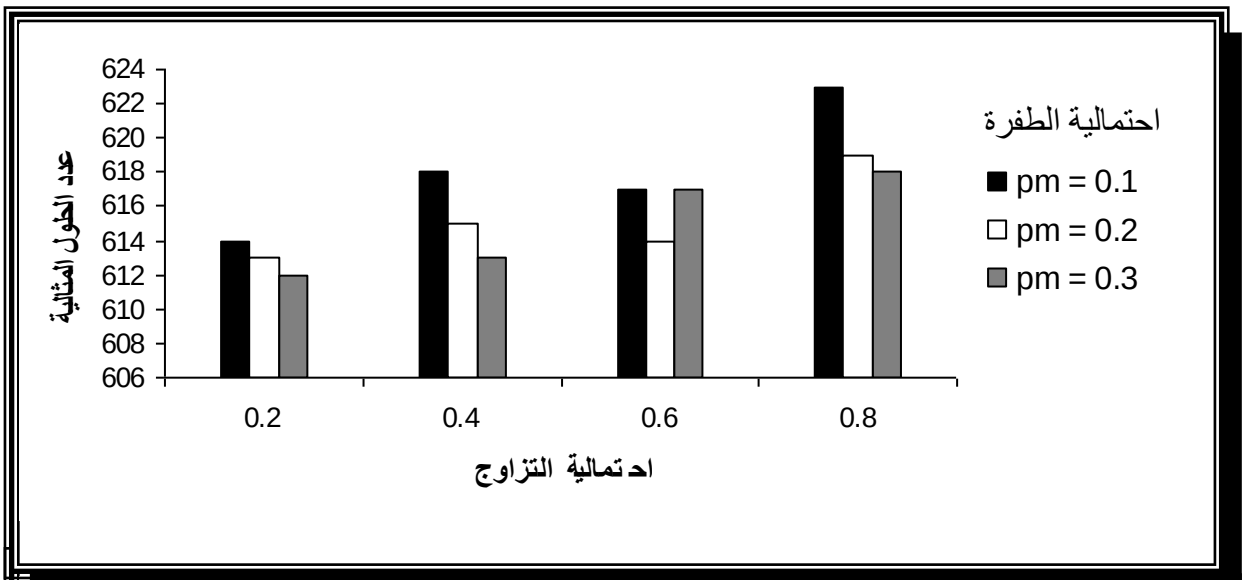
لات الخاصة بالشبكات وبين الشبكة ا

الشكل (٣-٣٢) التجربة الثالثة-ب-طريقة التزاوج x٢

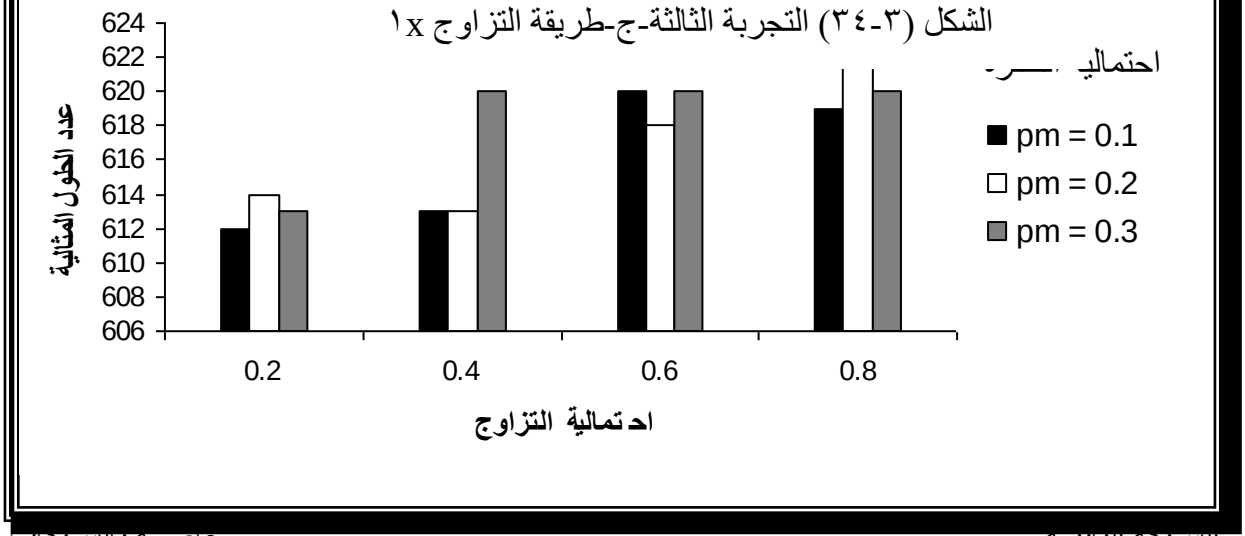
والخوارزميات موضحة في الجدول (٣-٣).



الشكل (٣-٣٣) التجربة الثالثة-ج-طريقة التزاوج ux



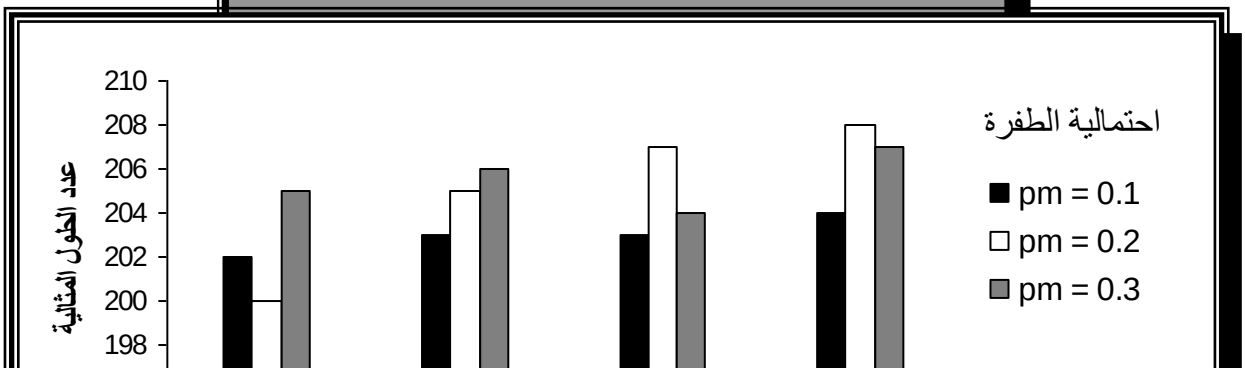
الشكل (٣-٣٤) التجربة الثالثة-ج-طريقة التزاوج x١

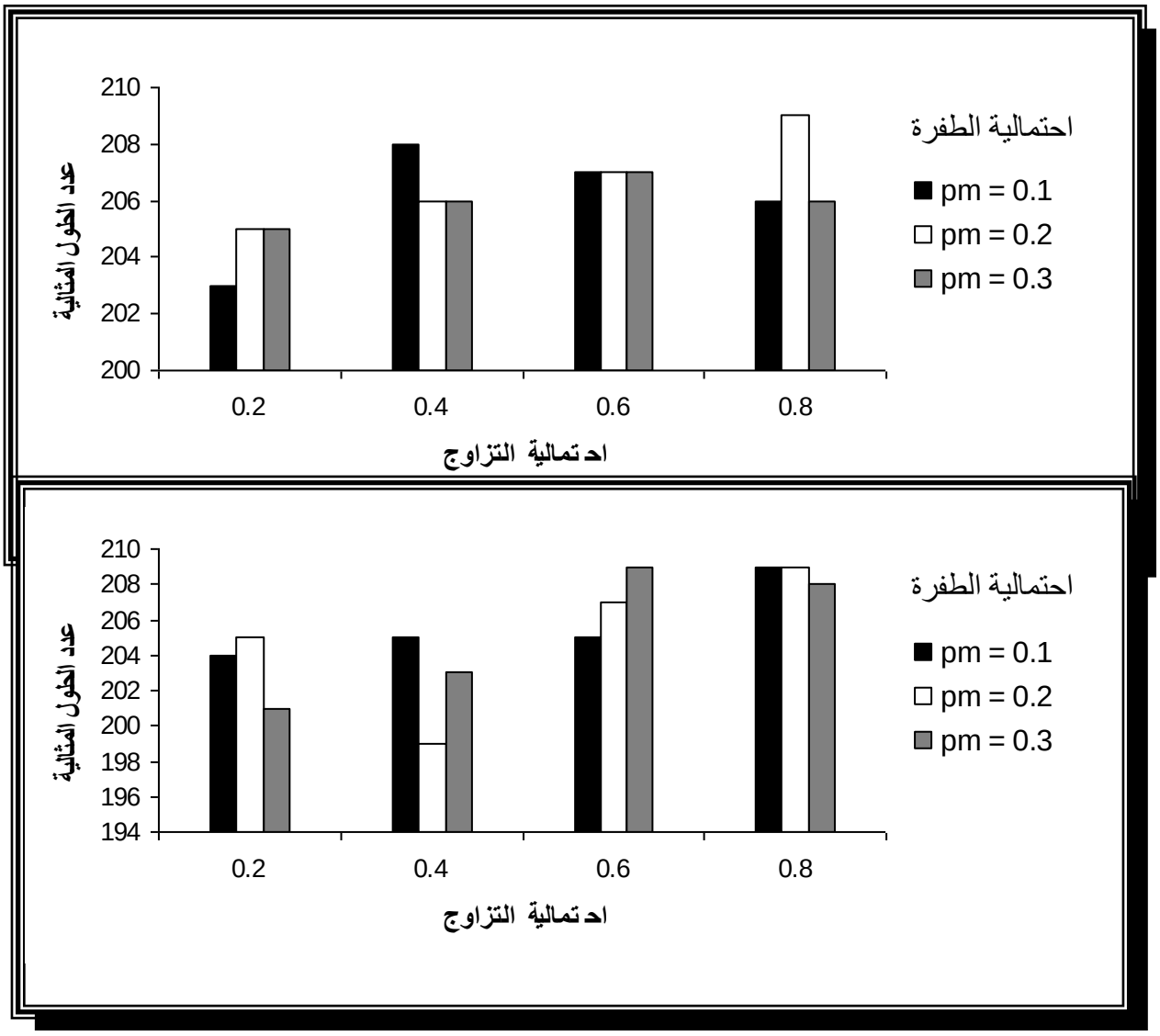


الشكل (٣-٣٥) التجربة الثالثة-ج-طريقة التزاوج x٢

الجدول (٣-١٦) المعاملات الخاصة بالتجربة الثالثة-د

حجم المجتمع	: ٣٠٠٠
طول الكروموسوم	: ٤
عدد الدورات القصوى	: ١٠٠٠
m = n	: ١
α	: ٠.٠٥

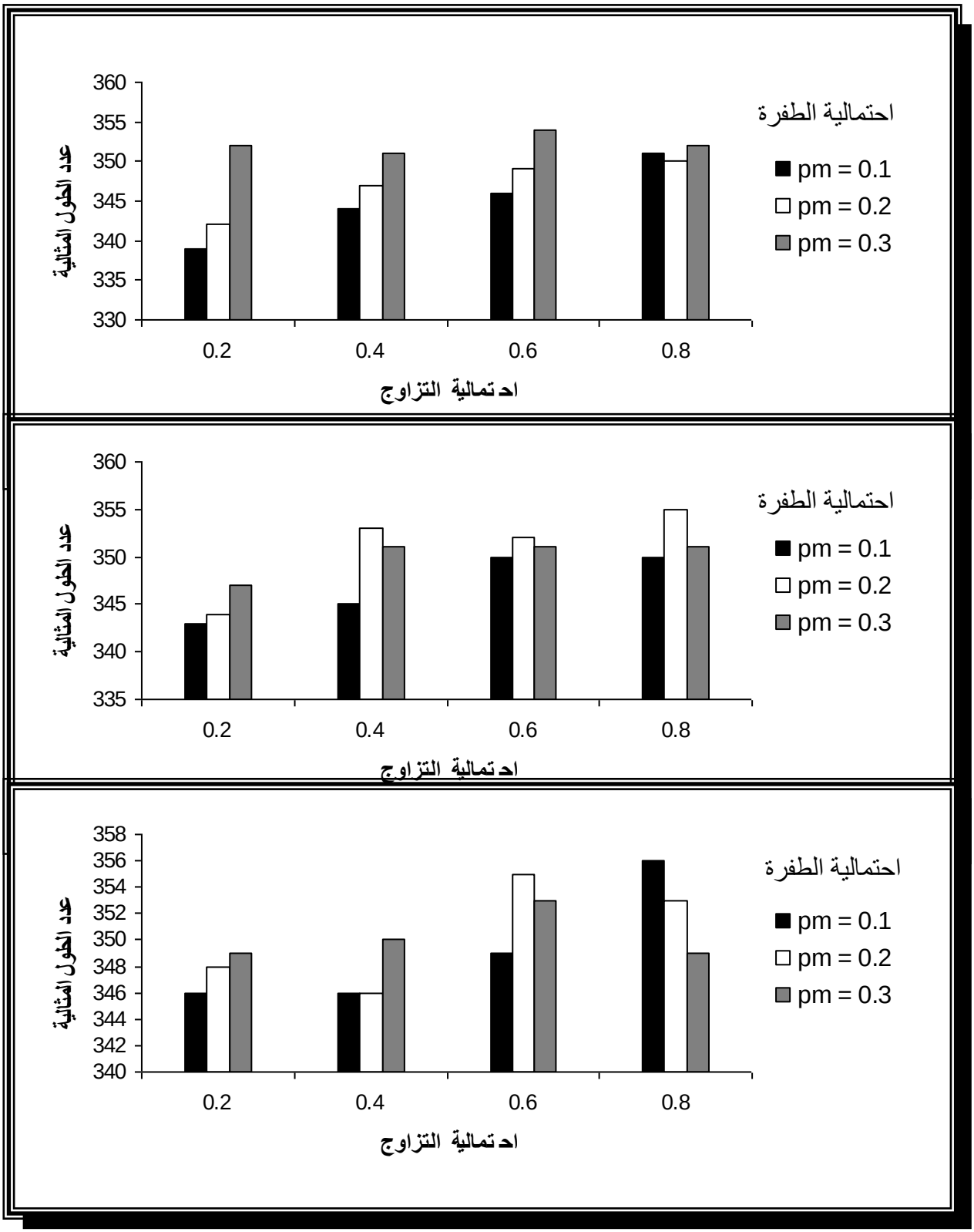




ك.هـ، ٤٠٠٠ ك الشكل (٣-٣٨) التجربة الثالثة-د-طريقة التزاوج $2x$ دول (٣-١٧).

الجدول (٣-١٧) المعاملات الخاصة بالتجربة الثالثة-هـ

حجم المجتمع	: ٣٠٠٠
طول الكروموسوم	: ٦
عدد الدورات القصوى	: ١٠٠٠
m = n	: ١
α	: ٠.٠٥



الشكل (٣-٤١) التجربة الثالثة-هـ-طريقة التزاوج $2x$

رقم الشبكة			التردديه	عرض حزمة البث والاستقبال
الأولى، الثانية	٢٠٠٠٠-٢٣٠٠٠ ك.هـ.	١٥٥٠٠-١٨٥٠٠ ك.هـ.	١٠٠٠ ك.هـ.	٤٥٠ ك.هـ.
الثالثة، الرابعة	١٣٧٠٠-١٤٨٢٥ ك.هـ.	٣١٦٣٠-٣٢٧٥٥ ك.هـ.	١١٢٥ ك.هـ.	٥٠٠ ك.هـ.

الخامسة	٣٠٥٥٠-٣٠٦٧٥ ك.هـ.	١٤٧٥٠-١٤٨٧٥ ك.هـ.	١٢٥ ك.هـ.	٥٧ ك.هـ.

يوضح الجدول (٣-١٩) بجزئيه الأجهزة المتواجدة في كل من الشبكات أعلاه والقدرة والمقاومة المؤثرة لكل جهاز في الشبكة، ويوضح الجدول (٣-٢٠) بجزئيه المسافات الفاصلة بين كل جهازين مرتبطين داخل الشبكات الراديوية أعلاه مقاسه بالمتر.

المطلوب تخصيص ترددات للشبكات من ضمن المدى الترددي لكل شبكة.

الجدول (٣-١٩) المواصفات الفنية للأجهزة في التجربة الرابعة (الجزء الأول)

	رقم الجهاز	قدرة الجهاز	المقاومة المؤثرة للجهاز
الشبكة الأولى	الأول	١٥ واط	٣٠ أوم
	الثاني	٢٥ واط	٣٥ أوم
	الثالث	٢٠ واط	٢٠ أوم
الشبكة الثانية	الأول	١٤.٥ واط	٢٥ أوم
	الثاني	١٣ واط	٣٩ أوم

الجدول (٣-١٩) المواصفات الفنية للأجهزة في التجربة الرابعة (الجزء الثاني)

	رقم الجهاز	قدرة الجهاز	المقاومة المؤثرة للجهاز
الشبكة الثالثة	الأول	١٥.٨ واط	٣٧ أوم
	الثاني	١٧ واط	٢١ أوم
الشبكة الرابعة	الأول	١٤.٧ واط	٢٠ أوم
	الثاني	١٣.٢٥ واط	١٦ أوم
الشبكة الخامسة	الأول	١٤.٧ واط	٢٧ أوم
	الثاني	١٥.٥ واط	٢٩ أوم
	الثالث	١٣.٥ واط	٢٣ أوم

الجدول (٣-٢٠) المسافات الفاصلة بين الأجهزة المرتبطة في التجربة الرابعة (الجزء الأول)

	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث
الشبكة الأولى	الأول	صفر	٩٨٠	١٠٠٠
	الثاني	٩٨٠	صفر	١٥٠٠

	الثالث	١٠٠٠	١٥٠٠	صفر
الشبكة الثانية	رقم الجهاز	الأول	الثاني	
	الأول	صفر	٨٥٠	
	الثاني	٨٥٠	صفر	
الشبكة الثالثة	الأول	صفر	٩٧٠	
	الثاني	٩٧٠	صفر	

الجدول (٣-٢٠) المسافات الفاصلة بين الأجهزة المرتبطة في التجربة الرابعة (الجزء الثاني)

الشبكة الرابعة	رقم الجهاز	الأول	الثاني	
	الأول	صفر	١١٠٠	
	الثاني	١١٠٠	صفر	
الشبكة الخامسة	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث
	الأول	صفر	٧٨٣	٤٥٠
	الثاني	٧٨٣	صفر	١٥٠٠
	الثالث	٤٥٠	١٥٠٠	صفر

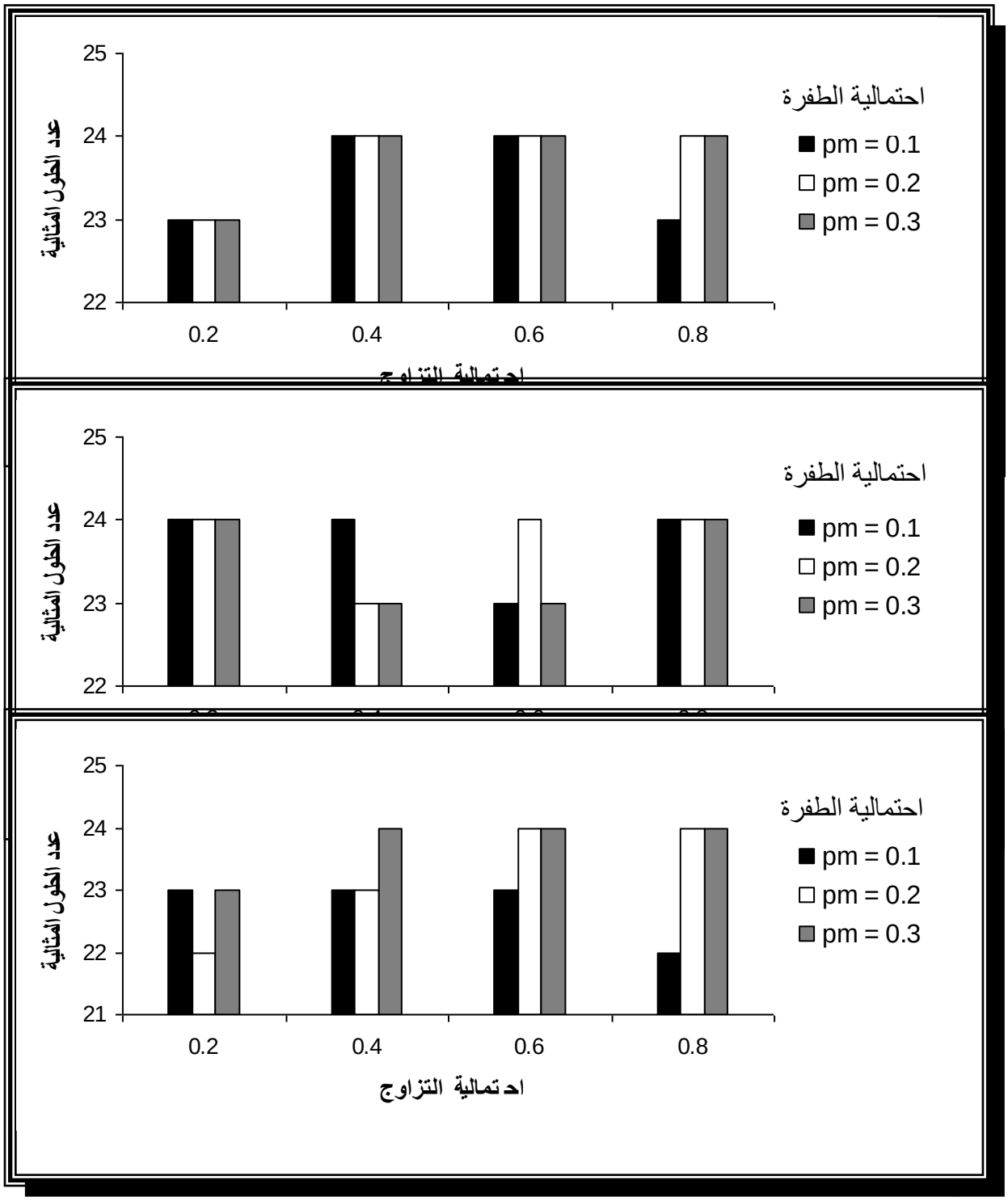
ا- المطلوب تخصيص تردد واحد لكل شبكة راديوية عندما تكون المسافة الفاصلة بين الشبكات كما هو موضح في الجدول (٣-٢١) مقاسه بالمتر، المعاملات الخاصة بالشبكات والخوارزميات الجينية موضحة في الجدول (٣-٢٢).

الجدول (٣-٢١) المسافات الفاصلة بين الشبكات في التجربة الرابعة

رقم الشبكة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
الأولى	صفر	٥٠٠	١٠	٩٥٠	٥٠٠
الثانية	٥٠٠	صفر	٥٠٠	٤٥٠	١٠
الثالثة	١٠	٥٠٠	صفر	٩٥٠	٥٠٠
الرابعة	٩٥٠	٤٥٠	٩٥٠	صفر	٤٥٠
الخامسة	٥٠٠	١٠	٥٠٠	٤٥٠	صفر

الجدول (٣-٢٢) المعاملات الخاصة بالتجربة الرابعة-ا

حجم المجتمع	: ٢٠٠
طول الكروموسوم	: ٥
عدد الدورات القصوى	: ١٠٠٠
m = n	: ١
α	: ٠.٠٥

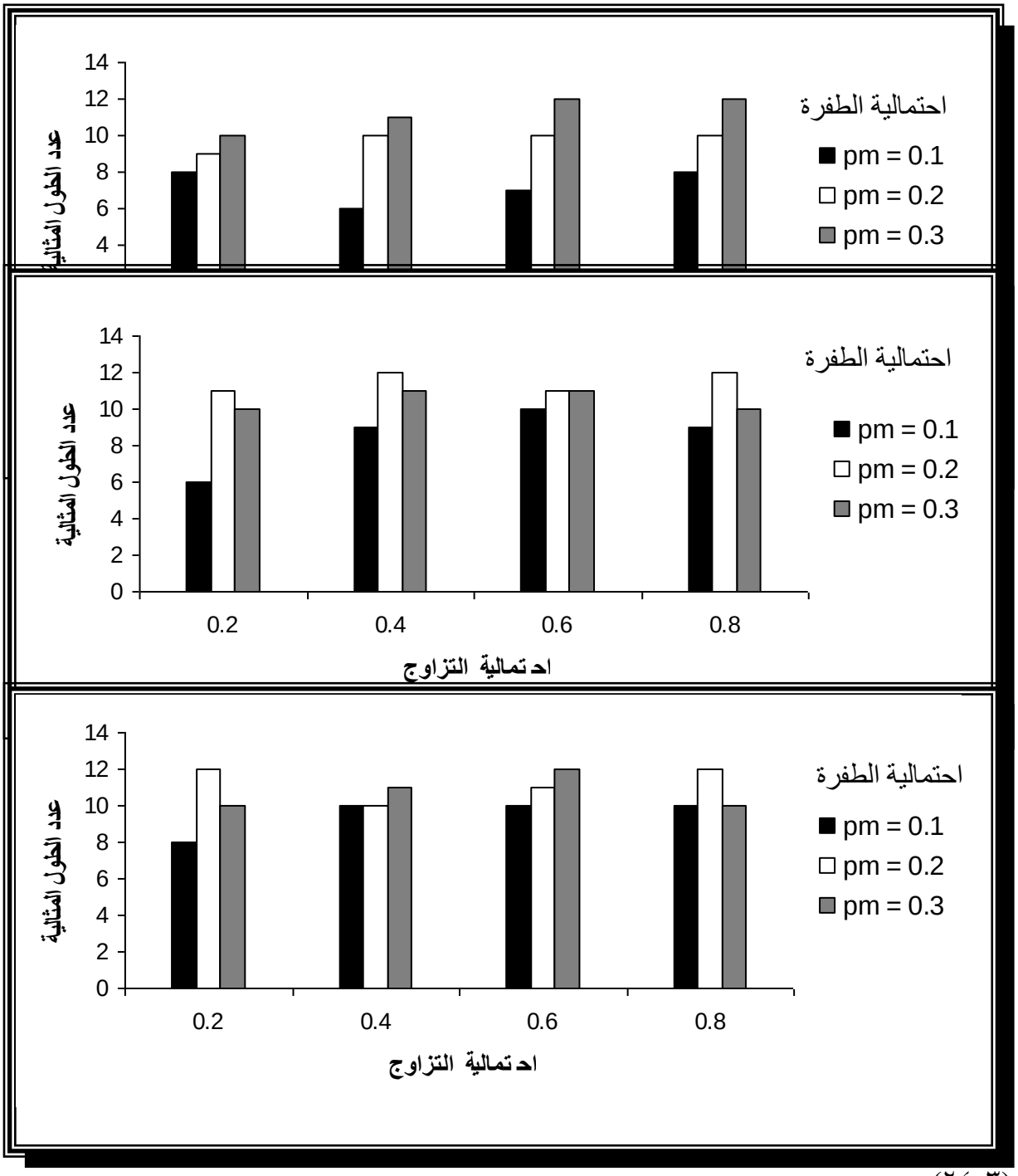


١٠٧

الشكل (٣-٤٤) التجربة الرابعة-ا-طريقة التزاوج x٢

حجم المجتمع : ١٦٠
طول الكروموسوم : ٦
عدد الدورات القصوى : ١٠٠٠
m = n : ١

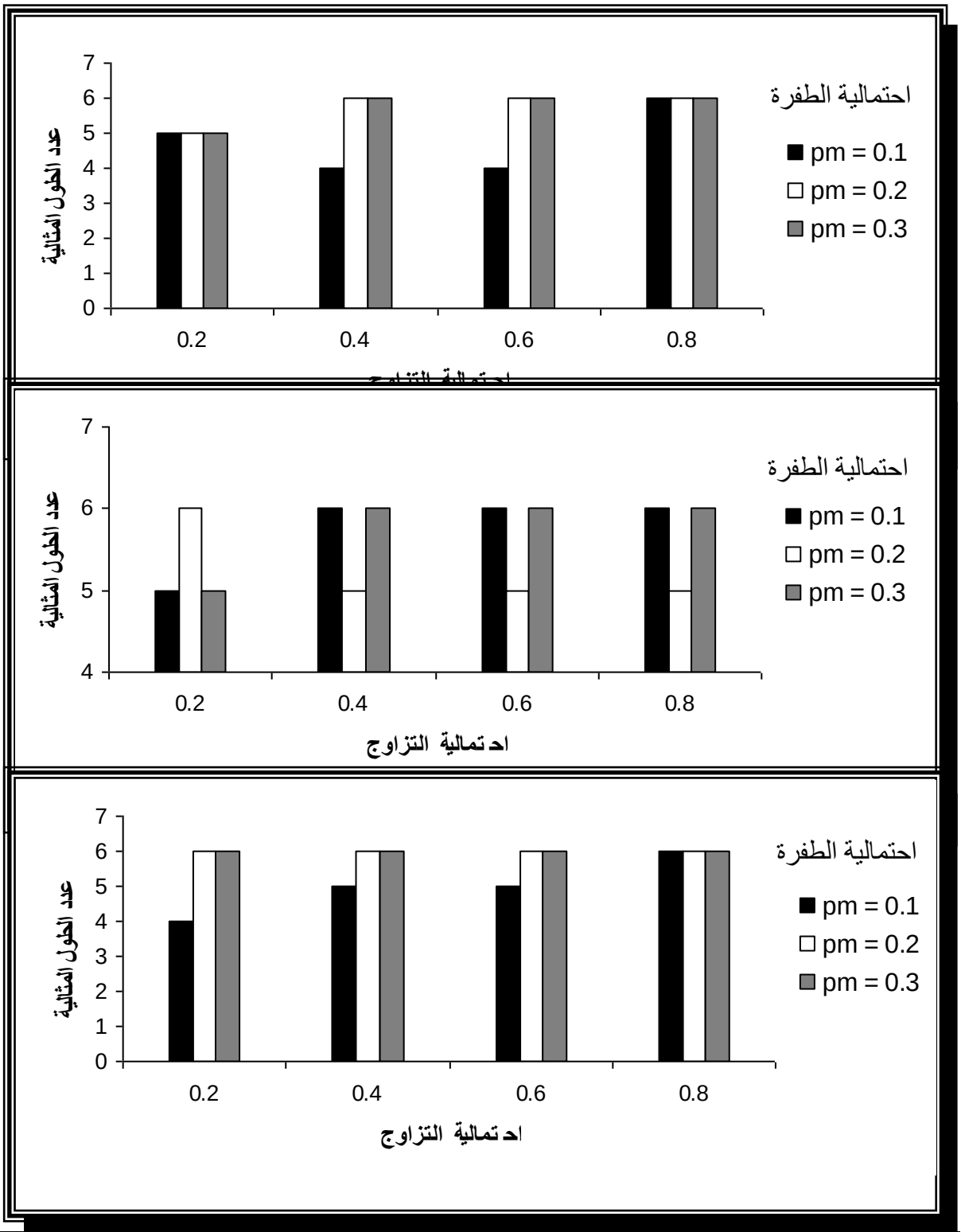
١٠٨



الشكل (٣-٤٧) التجربة الرابعة-ب-طريقة التزاوج X٢ (٣-٢٤).

الجدول (١-١٤) المعاملات الخاصة بالتجربة الرابعة-ج

حجم المجتمع	: ١٠٠
طول الكروموسوم	: ٧
عدد الدورات القصوى	: ١٠٠٠
m = n	: ١
α	: ٠.٠٥~٠.٢



الشكل (٣-٥٠) التجربة الرابعة-ج-طريقة التزاوج X٢

رقم الشبـ			لزمة البث والاستقبال
الأولى~التاسعة	٢٠٠٠-٢٠٠٠٠ ك.هـ.	١١٠٠٠-٣٨٠٠٠ ك.هـ.	٥٠ ك.هـ.

يوضح الجدول (٣-٢٦) بجزئيه الأجهزة المتواجدة في كل من الشبكات أعلاه والقدرة والمقاومة المؤثرة لكل جهاز في الشبكة، ويوضح الجدول (٣-٢٧) بجزئيه المسافات الفاصلة بين كل جهازين مرتبطين داخل الشبكات الراديوية أعلاه مقاسه بالمتر.

الجدول (٣-٢٦) المواصفات الفنية للأجهزة في التجربة الخامسة (الجزء الأول)

	رقم الجهاز	قدرة الجهاز	المقاومة المؤثرة للجهاز
الشبكة الأولى	الأول	١٠ واط	٣٢ أوم
	الثاني	١٥ واط	٣٥ أوم
	الثالث	١٤.٥١ واط	٢٥ أوم
الشبكة الثانية	الأول	٩.٣ واط	٢١ أوم
	الثاني	٧ واط	٢٨ أوم
الشبكة الثالثة	الأول	١٠.٢ واط	٣٧ أوم
	الثاني	٧.٦ واط	٢١ أوم
الشبكة الرابعة	الأول	٩ واط	١٩ أوم

الجدول (٣-٢٦) المواصفات الفنية للأجهزة في التجربة الخامسة (الجزء الثاني)

	رقم الجهاز	قدرة الجهاز	المقاومة المؤثرة للجهاز
الشبكة الرابعة	الثاني	٩.٢ واط	٢٣ أوم
	الثالث	١٠.١ واط	٣٢ أوم
الشبكة الخامسة	الأول	٧.٩ واط	١٦ أوم
	الثاني	٨.٢ واط	٢٦ أوم
الشبكة السادسة	الأول	٩.٨ واط	٣١ أوم
	الثاني	٩.٣ واط	٣٠ أوم
	الثالث	٨ واط	٢٨ أوم
الشبكة السابعة	الأول	٧.٢ واط	٢١ أوم
	الثاني	٨.٩ واط	٣٥ أوم
	الثالث	١٠.١١ واط	٣٠ أوم

	الرابع	١١.٦ واط	٢٨ أوم
الشبكة الثامنة	الأول	١٢.٤ واط	١٨ أوم
	الثاني	٧.٩ واط	٢٥ أوم
الشبكة التاسعة	الأول	١٤.٧٣ واط	١٦ أوم
	الثاني	٧.٥١ واط	٤٠ أوم
	الثالث	١٣.٥ واط	٤٢ أوم

الجدول (٣-٢٧) المسافات الفاصلة بين الأجهزة المرتبطة في التجربة الخامسة (الجزء الأول)

الشبكة الأولى	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث
	الأول	صفر	٣٠٠	٥١٠
	الثاني	٣٠٠	صفر	٤٧٠
	الثالث	٥١٠	٤٧٠	صفر
الشبكة الثانية	رقم الجهاز	الأول		الثاني
	الأول	صفر		٥٢٤
	الثاني	٥٢٤		صفر
الشبكة الثالثة	الأول	صفر		٧١٣
	الثاني	٧١٣		صفر
الشبكة الرابعة	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث
	الأول	صفر	٣٧٠	-
	الثاني	٣٧٠	صفر	٤٢٥
	الثاني	-	٤٢٥	صفر
الشبكة الخامسة	رقم الجهاز	الأول		الثاني
	الأول	صفر		٦٠٢
	الثاني	٦٠٢		صفر
	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث
	الأول	صفر	٥٢٧	٦٣٢

الشبكة السادسة	الثاني	٥٢٧	صفر	٤١٣

الجدول (٣-٢٧) المسافات الفاصلة بين الأجهزة المرتبطة في التجربة الخامسة (الجزء الثاني)

الشبكة السادسة	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث
	الثالث	٦٣٢	٤١٣	صفر

الشبكة السابعة	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
	الأول	صفر	٤٠٤	٥٧٠	٦٤٠
	الثاني	٤٠٤	صفر	٧١٠	٥٨٣
	الثالث	٥٧٠	٧١٠	صفر	-
	الرابع	٦٤٠	٥٨٣	-	صفر

الشبكة الثامنة	رقم الجهاز	الأول	الثاني
	الأول	صفر	٣٩٩
	الثاني	٣٩٩	صفر

الشبكة التاسعة	رقم الجهاز	الأول	الثاني	الثالث
	الأول	صفر	٨٥٣	٧٢٣
	الثاني	٨٥٣	صفر	٩١٠
	الثالث	٧٢٣	٩١٠	صفر

المطلوب تخصيص ترددات للشبكات الراديوية من بين قائمة الترددات الموضحة في الجدول (٣-٢٨) والمقاسه بالكيلوهرتز.

الجدول (٣-٢٨) قائمة الترددات في التجربة الخامسة

٢٠٠١	٤٥٥٥	١٦٩٢٣	١٠٣٤٢	١٢٥٤٣
١٤٢٠٠	٦٣٠٢	١٨٣٨٢	٨٣٣٤	-

مطلوب تخصيص تردد واحد فقط لكل شبكة راديوية عندما تكون المسافات الفاصلة بين الشبكات كما موضحة في الجدول (٣-٢٩) وهي مقاسه بالكيلومتر، المعاملات الخاصة بالشبكات الراديوية والخوارزميات الجينية موضحة في الجدول (٣-٣٠).

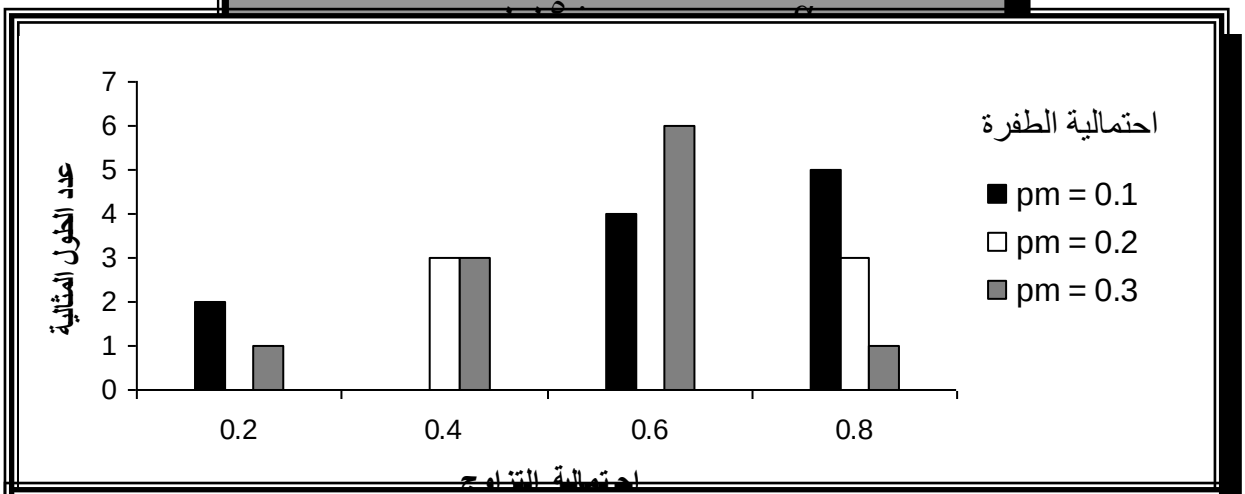
الجدول (٣-٢٩) المسافات الفاصلة بين الشبكات في التجربة الخامسة

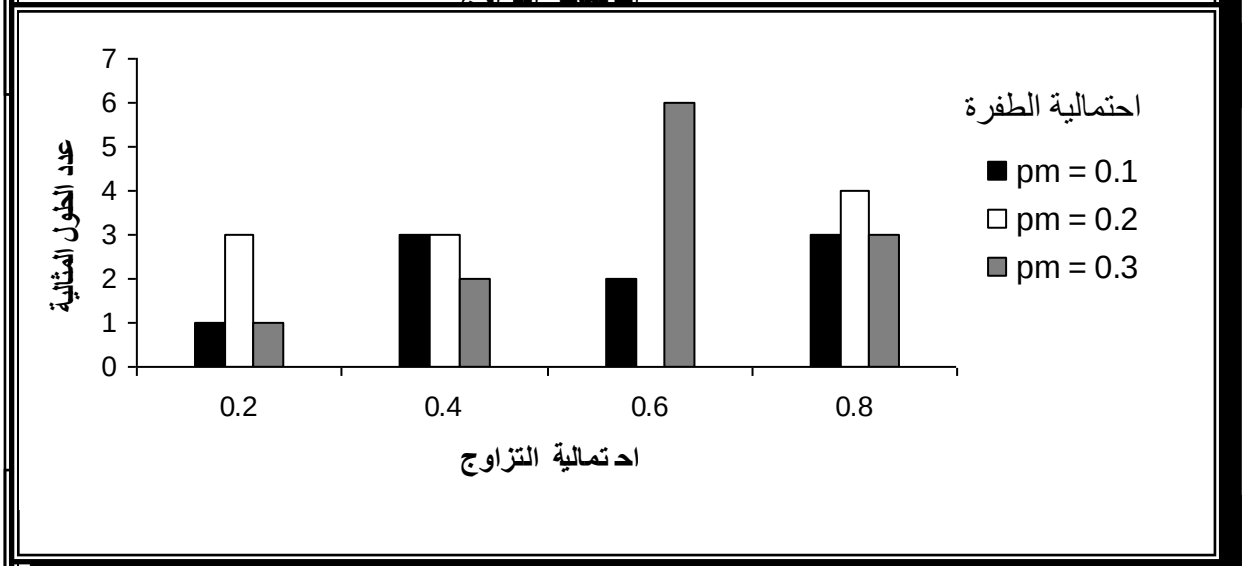
رقم الشبكة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة	الثامنة	التاسعة
الأولى	صفر	١٠٠	٢٠٠	٠.٠١	١٠٠	٠.٠١	٠.٠١	١٠٠	٢٠٠
الثانية	١٠٠	صفر	١٠٠	١٠٠	٠.٠١	١٠٠	١٠٠	٠.٠١	١٠٠

الثالثة	٢٠٠	١٠٠	صفر	٢٠٠	١٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٠٠	٠.٠١
الرابعة	٠.٠١	١٠٠	٢٠٠	صفر	١٠٠	٠.٠١	٠.٠١	١٠٠	٢٠٠
الخامسة	١٠٠	٠.٠١	١٠٠	١٠٠	صفر	١٠٠	١٠٠	٠.٠١	١٠٠
السادسة	٠.٠١	١٠٠	٢٠٠	٠.٠١	١٠٠	صفر	٠.٠١	١٠٠	٢٠٠
السابعة	٠.٠١	١٠٠	٢٠٠	٠.٠١	١٠٠	٠.٠١	صفر	١٠٠	٢٠٠
الثامنة	١٠٠	٠.٠١	١٠٠	١٠٠	٠.٠١	١٠٠	١٠٠	صفر	١٠٠
التاسعة	٢٠٠	١٠٠	٠.٠١	٢٠٠	١٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٠٠	صفر

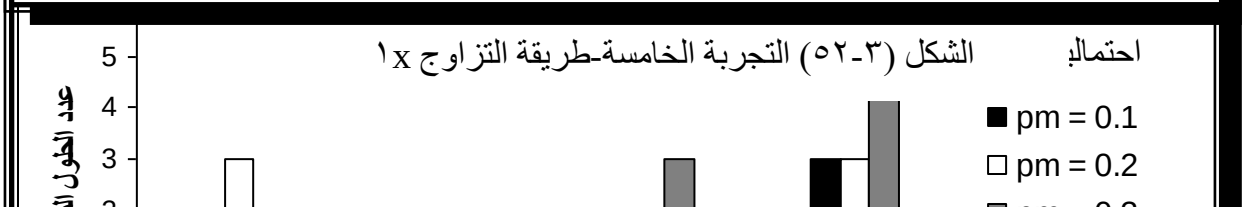
الجدول (٣-٣٠) المعاملات الخاصة بالتجربة الخامسة

حجم المجتمع : ١٠٠
طول الكروموسوم : ٩
عدد الدورات القصوى : ١٠٠٠
m = n : ١
[illegible] :

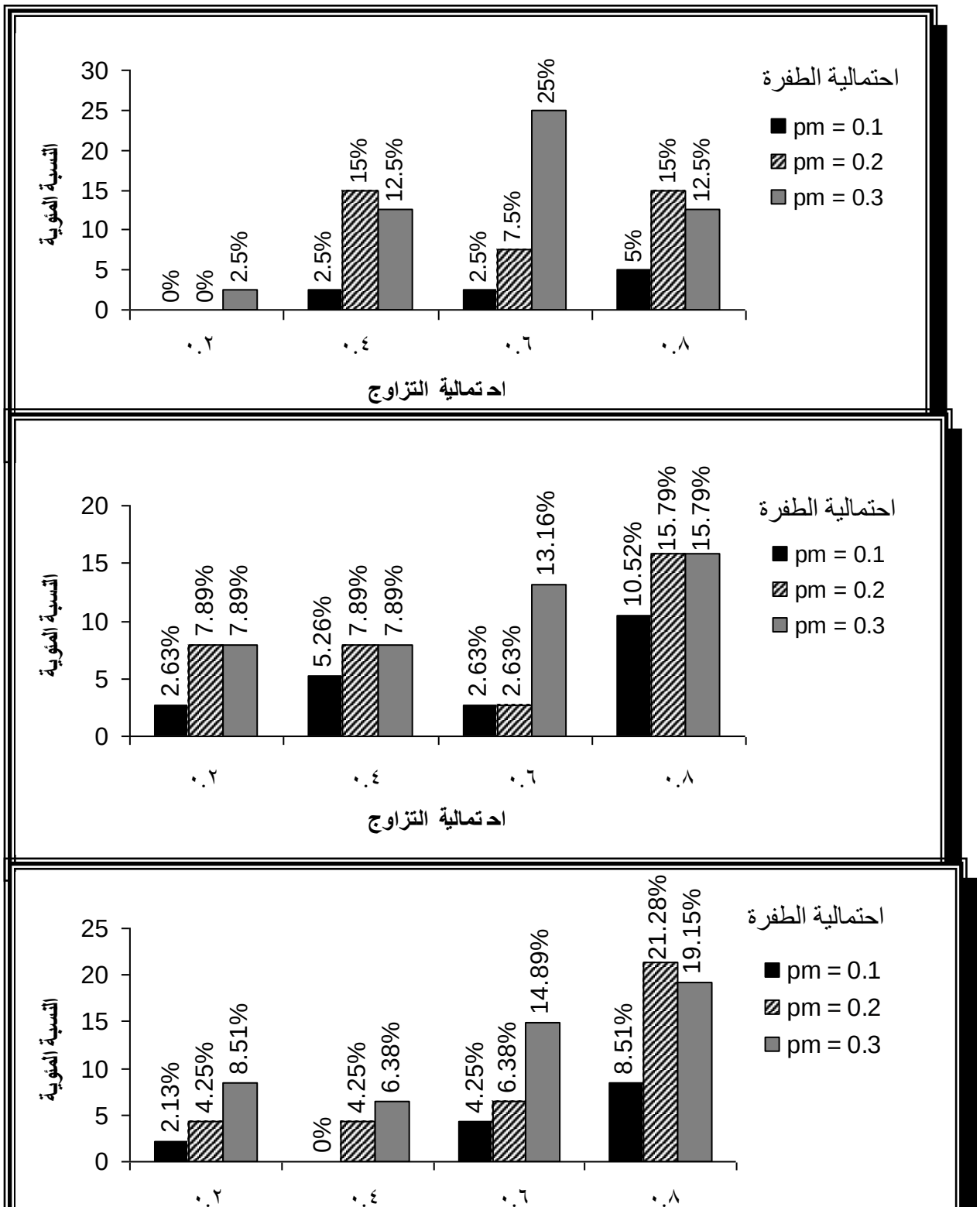




الشكل (٣-٥٢) التجربة الخامسة-طريقة التزاوج x١



ومن خلال التجارب السابقة يمكن استنتاج افضل احتماليات التزاوج والطفرة لكل طريقة من طرائق التزاوج (٢x,١x,ux) التي توضحها الأشكال (٣-٥٤، ٣-٥٥، ٣-٥٦) على الترتيب والتي تحسب النسبة المئوية لعدد مرات وصول احتمالية التزاوج والطفرة الى أعلى عدد من الحلول المثالية خلال التجارب (١٧) السابقة.



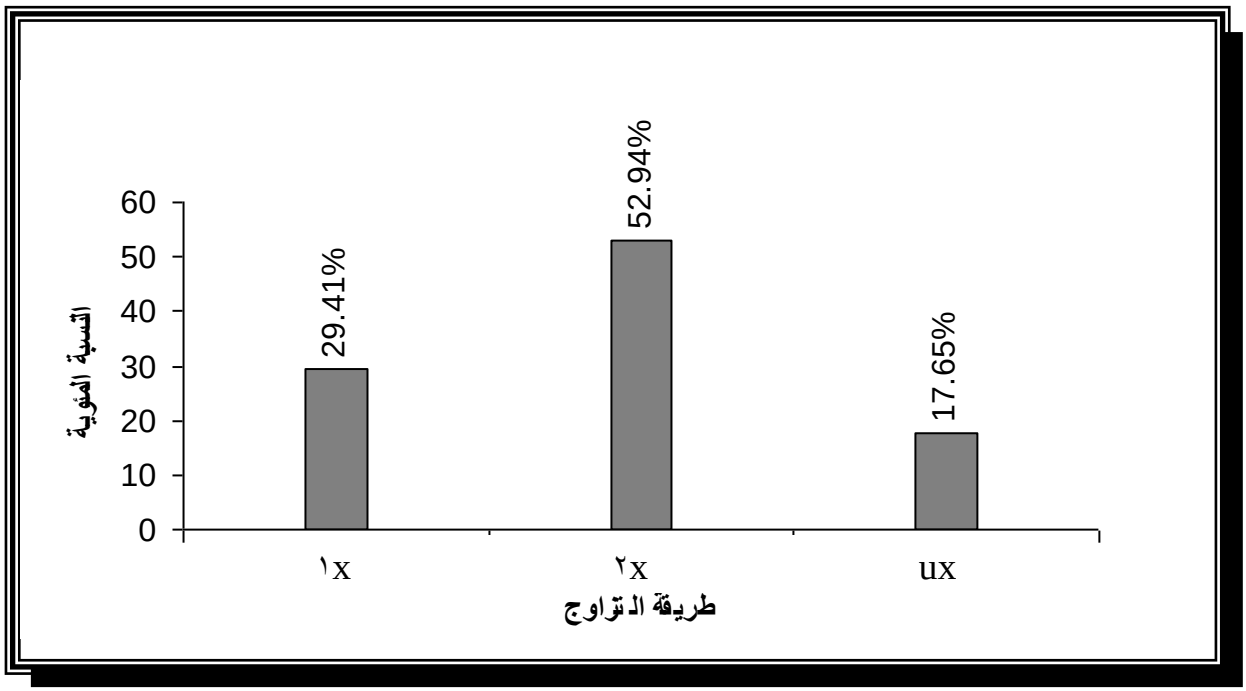
نلاحظ من الشكل (٣-٥٥) وجود نفس النسبة المئوية لمرات وصول احتمالية التزاوج (٠.٨) الى أعلى عدد من الحلول مرة عندما تكون احتمالية الطفرة (٠.٢) وأخرى عندما تكون (٠.٣)، ومع هذه النسبة نجد أنّ احتمالية الطفرة (٠.٢) هي افضل من الاحتمالية (٠.٣) وذلك لأنّ عدد الدورات التي تصل بها الاحتمالية (٠.٢) الى أعلى عدد من الحلول المثالية هي اقل من الاحتمالية (٠.٣) وذلك في اكثر من تجربة.

إذن نستنتج ان افضل الاحتماليات لكل طريقة من طرائق التزاوج (٢x,١x,ux) هي كما موضحة في الجدول (٣-٣١).

الجدول (٣-٣١) افضل الاحتماليات لطرائق التزاوج

طريقة التزاوج	احتمالية التزاوج	احتمالية الطفرة
١x	٠.٨	٠.٢
٢x	٠.٨	٠.٢
ux	٠.٦	٠.٣

بعد أن استنتجنا افضل الاحتماليات نحاول الآن إيجاد افضل طريقة من طرائق التزاوج المستخدمة من حيث النسبة المئوية لمرات وصول طريقة التزاوج الى أعلى عدد من الحلول المثالية خلال الـ (١٧) تجربة وبأقل عدد من الدورات وبأقل زمن، ويمكن توضيح ذلك من خلال الشكل (٣-٥٧) أدناه.



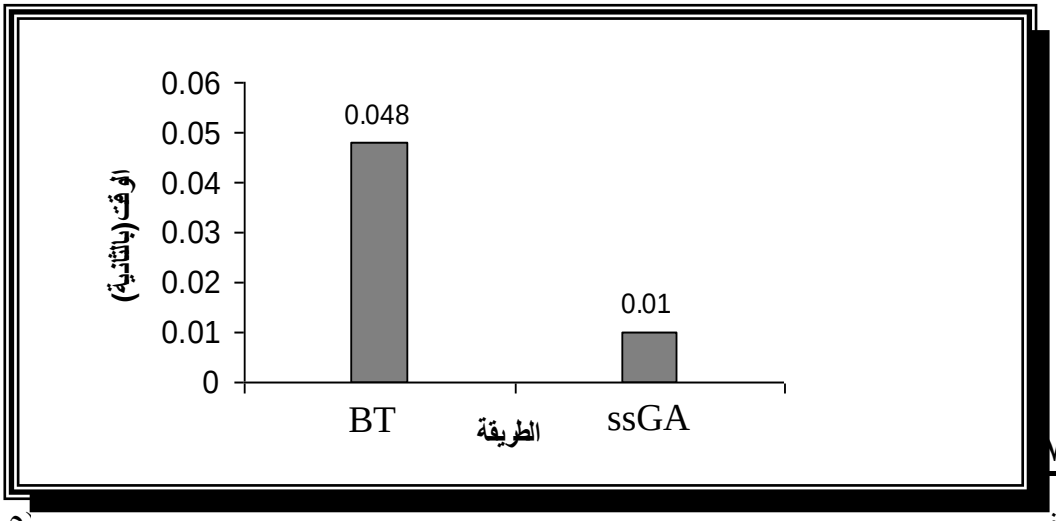
الشكل (٣-٥٧) اختيار افضل طريقة تزاوج

مقارنة الطريقة لتراجع) وذلك باستخدام

طريقة انتقاء المجموعات الثنائية وطريقة التزاوج (٢x) وطريقة الطفرة (١m) وطريقة إحلال المجموعات الثنائية، حيث ستتم المقارنة اعتماداً على الوقت المستغرق من قبل الخوارزميتين في الوصول الى الحلول المثالية والذي يعتبر أهم عامل من عوامل تخصيص الترددات لمحطات الاتصال الراديوي كونها من المسائل المتصلة، علماً ان الوقت المحسوب هو وقت تنفيذ المعالج للخوارزمية، في التجارب الآتية سيتم حساب الوقت المستغرق من قبل الخوارزميتين في الوصول الى نفس عدد الحلول المثالية.

٣-١-٦ التجربة السادسة

نفس التجربة الأولى-ا عندما تكون قيمة كل من (m,n) تساوي واحد وقيمة (α) تتراوح بين (٠.٠٥~٠.٢)، يوضح الشكل (٣-٥٨) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.

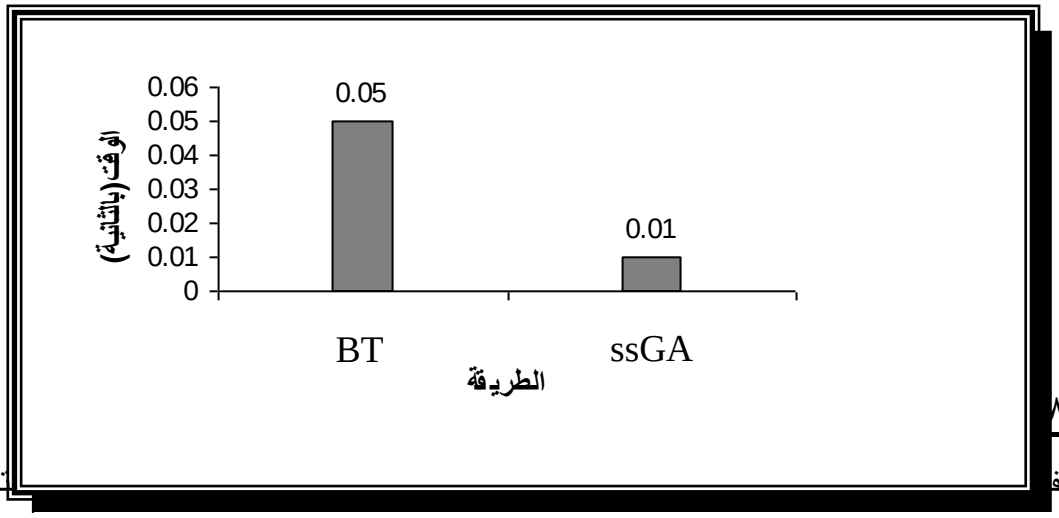


٣-١-٧

نف (٠.٠٥)،

الشكل (٣-٥٨) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة السادسة

يوضح أسفل (٣-٥٩) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.

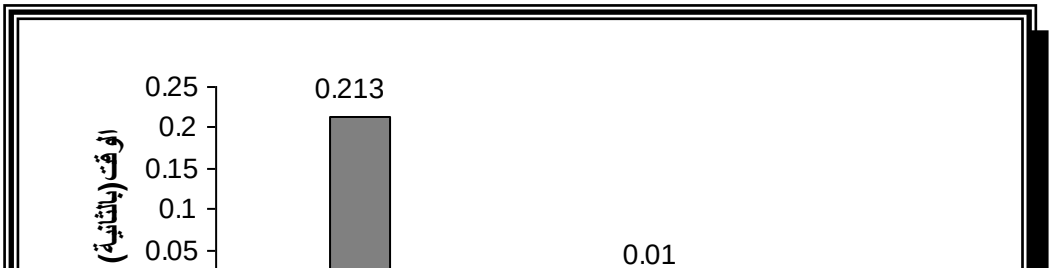


٣-١-٨

نف ي تم

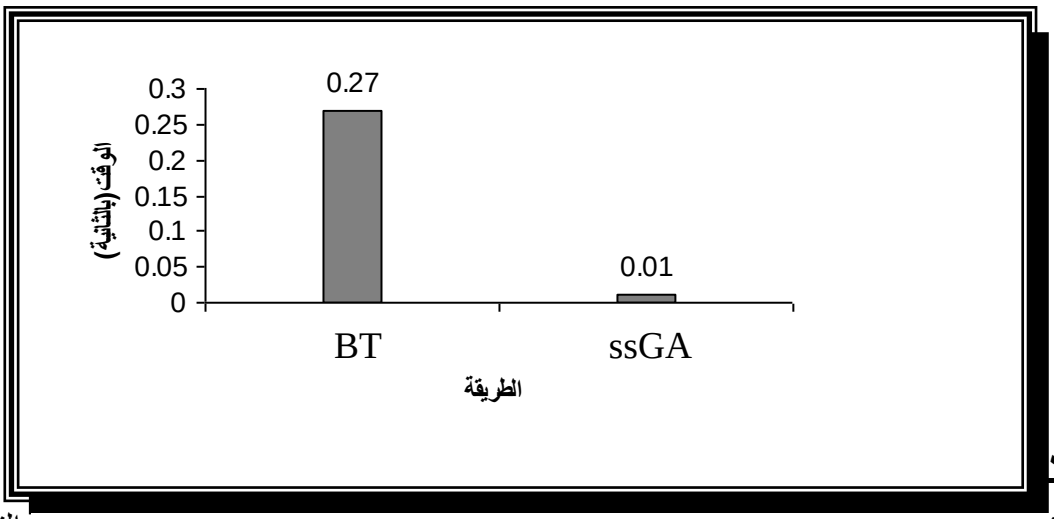
الحصول

الشكل (٣-٥٩) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة السابعة



٣-١-٩ التجربة التاسعة

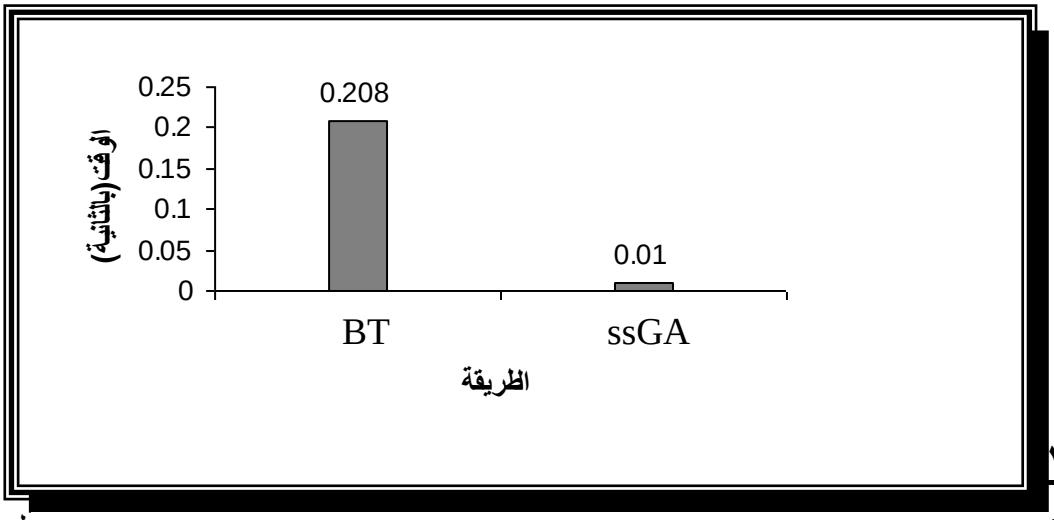
نفس معاملات وجداول التجربة الأولى-د، يوضح الشكل (٣-٦١) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.



الشكل (٣-٦١) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة التاسعة

٣-١-١٠

نفس معاملات وجداول التجربة الأولى-د، يوضح الشكل (٣-٦٢) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.



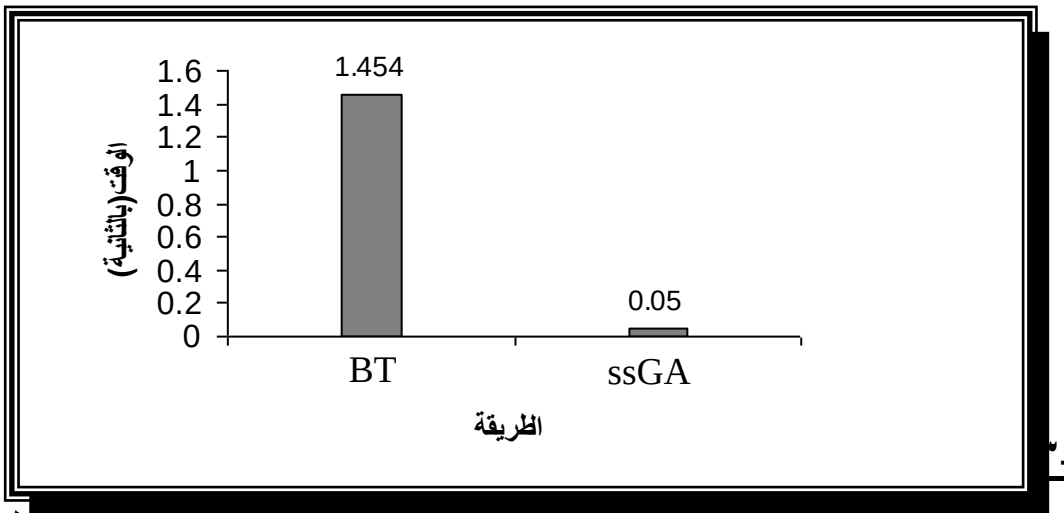
الشكل (٣-٦٢) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة العاشرة

٣-١-١١

نفس معاملات وجداول التجربة الأولى-د، يوضح الشكل (٣-٦٣) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.

٣-١-١٢ التجربة الثانية عشرة

نفس معاملات وجداول التجربة الثانية-ا، يوضح الشكل (٣-٦٤) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.

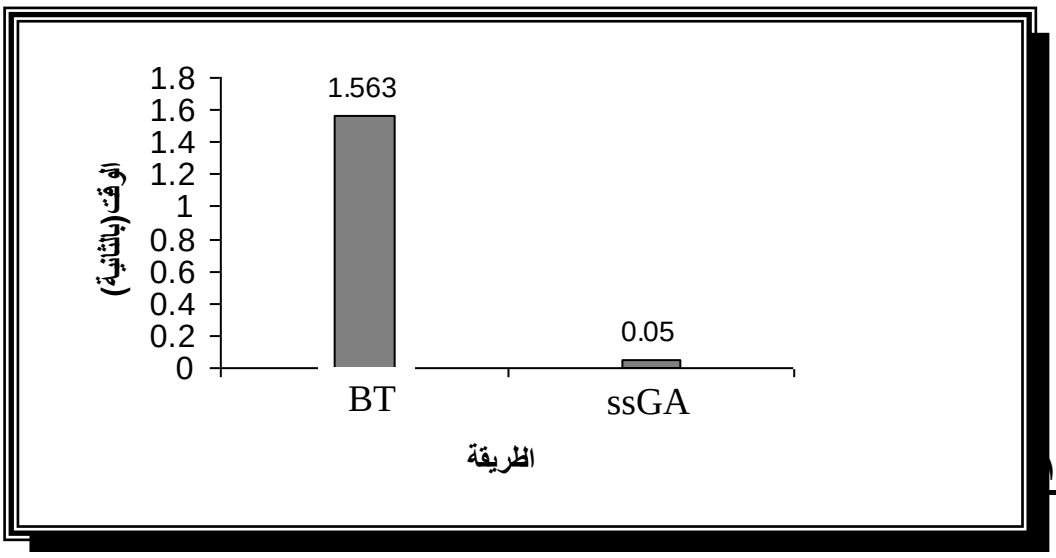


٣-١-

الشكل (٣-٦٤) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الثانية عشرة

يها

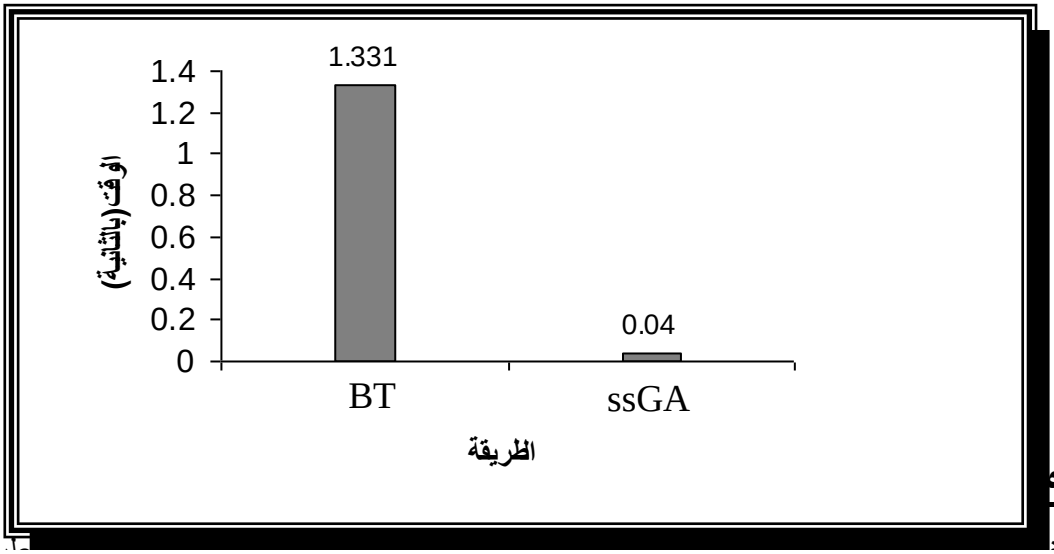
من هذه التجربة.



٣-١-١٤

الشكل (٣-٦٥) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الثالثة عشر

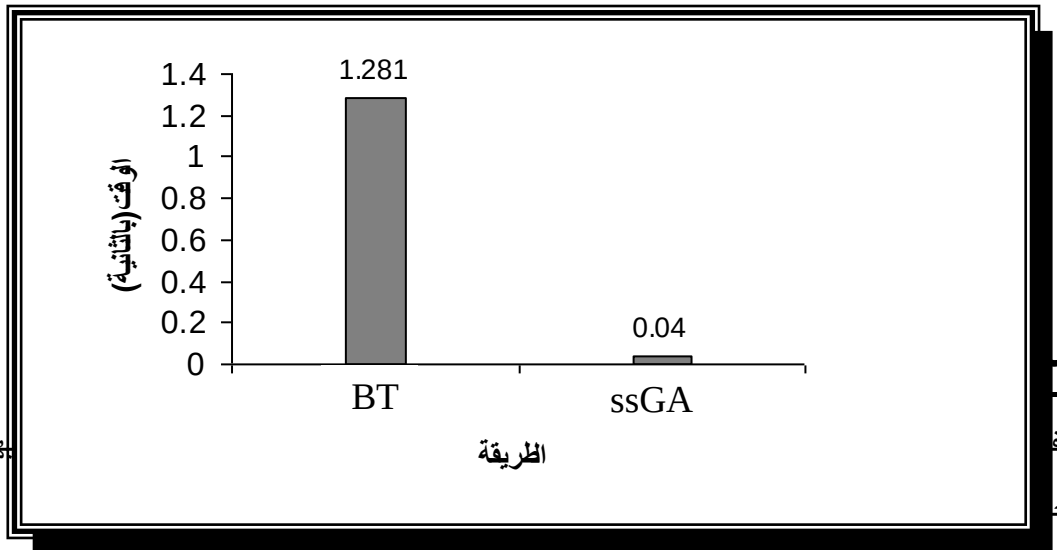
نفس معاملات وجداول التجربة الثانية-ج، يوضح الشكل (٣-٦٦) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.



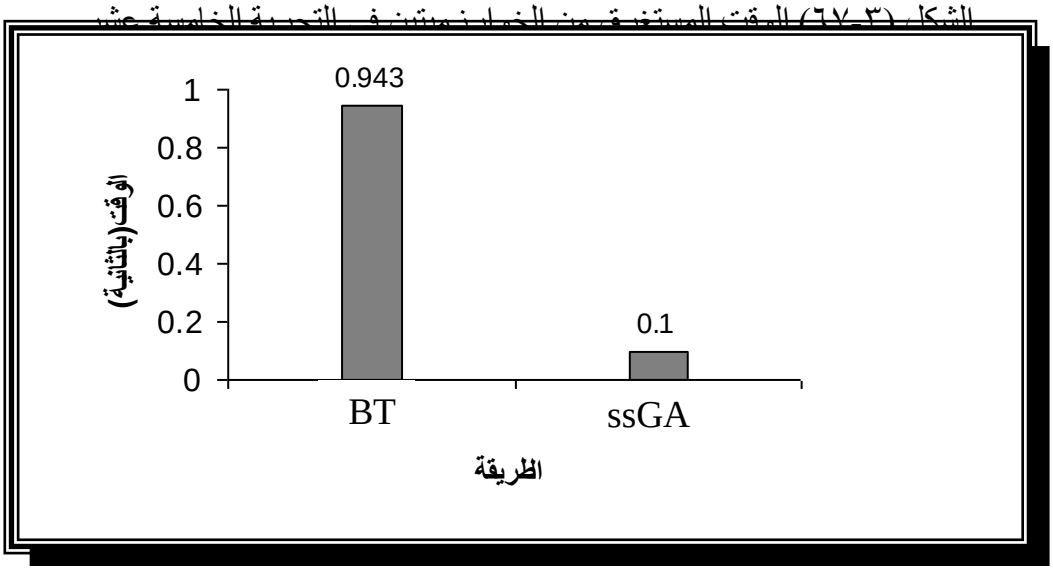
الشكل (٣-٦٦) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الرابعة عشر

٣-١-٦

نفس معاملات وجداول التجربة الثانية-ج، يوضح الشكل (٣-٦٧) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.



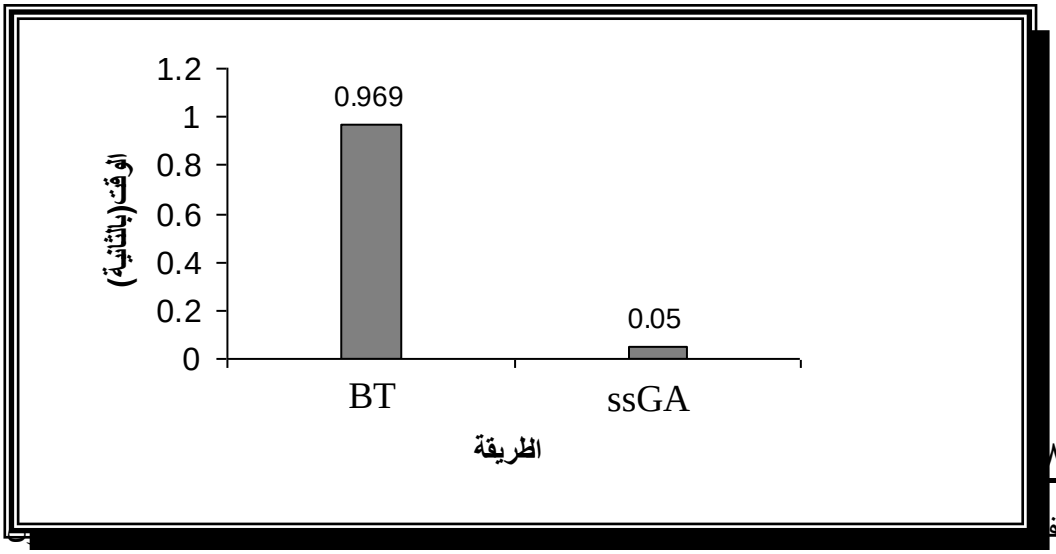
الشكل (٣-٦٧) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الخامسة عشر



الشكل (٣-٦٨) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة السادسة عشر

٣-١-١٧ التجربة السابعة عشرة

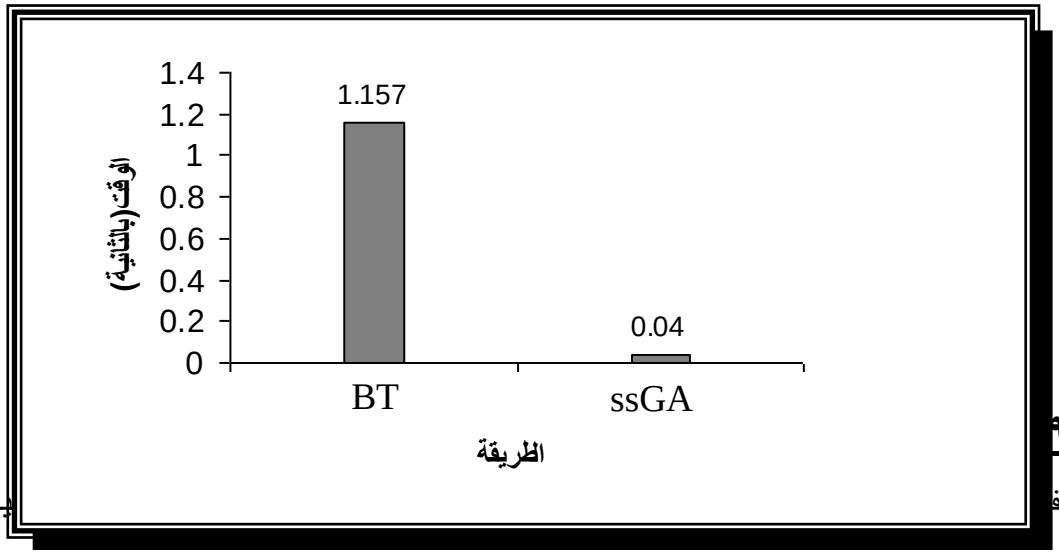
نفس معاملات وجداول التجربة الثالثة-ب، يوضح الشكل (٣-٦٩) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.



الشكل (٣-٦٩) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة السابعة عشر

٣-١-١٨

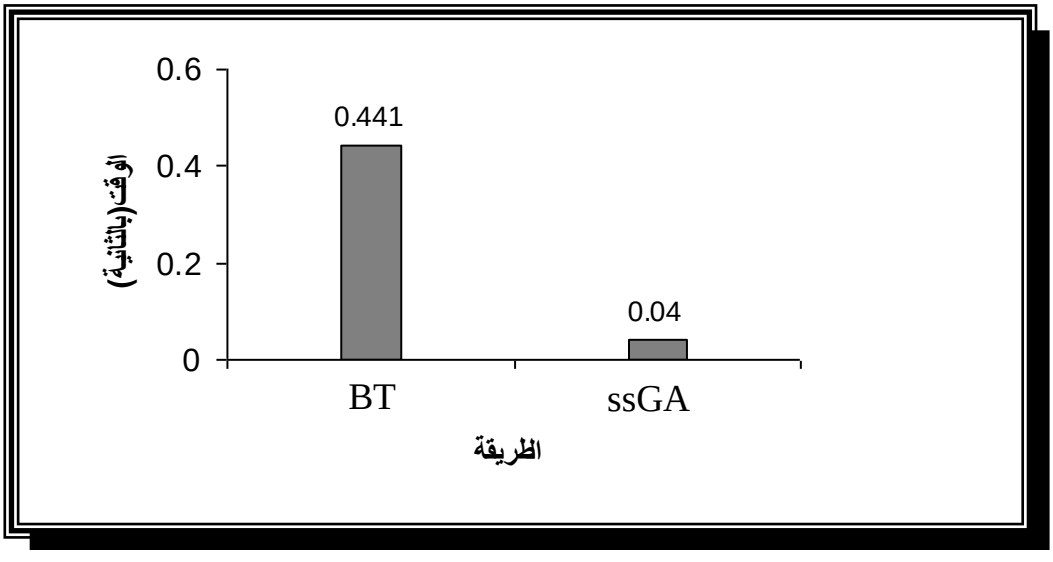
نفس ... عليها من هذ...



الشكل (٣-٧٠) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الثامنة عشر

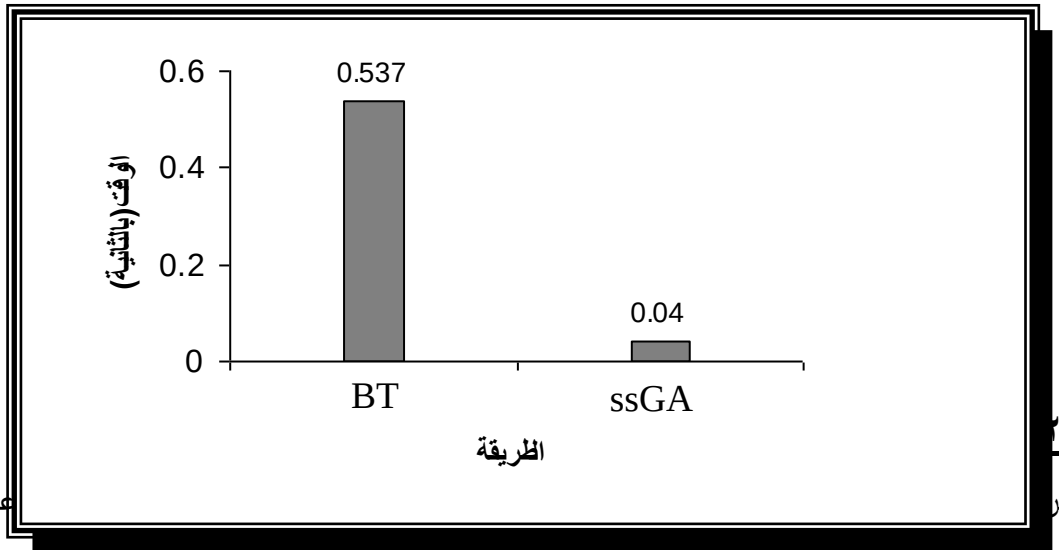
٣-١-١٩

نفس ... عليها من هذه التـ...



٣-١-٢٠ التجربة العشرون

نفس معاملات وجداول التجربة الثالثة-هـ، يوضح الشكل (٣-٧٢) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.



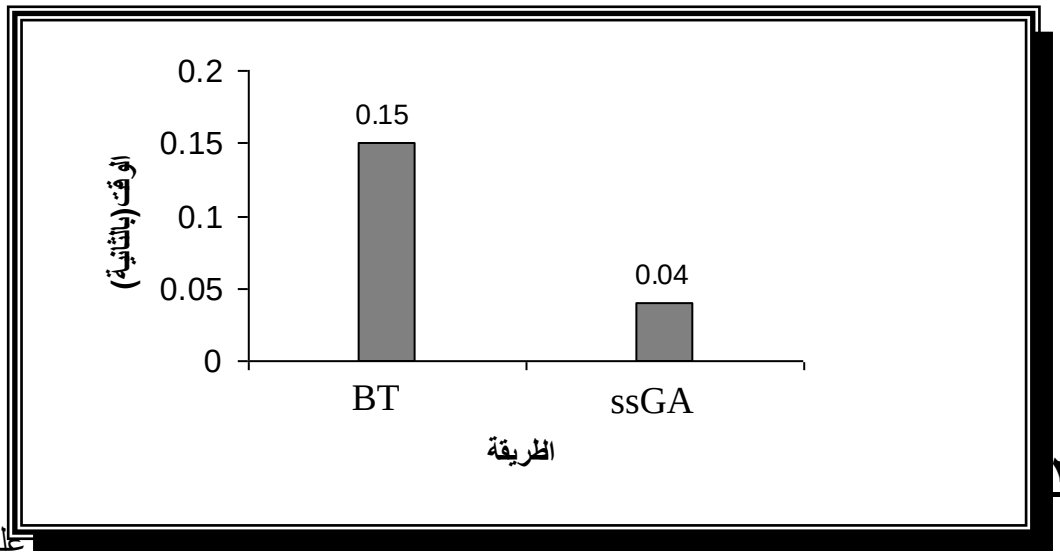
الشكل (٣-٧٢) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة العشرون

٣-١-٢١

نفس

عليها

من هذه



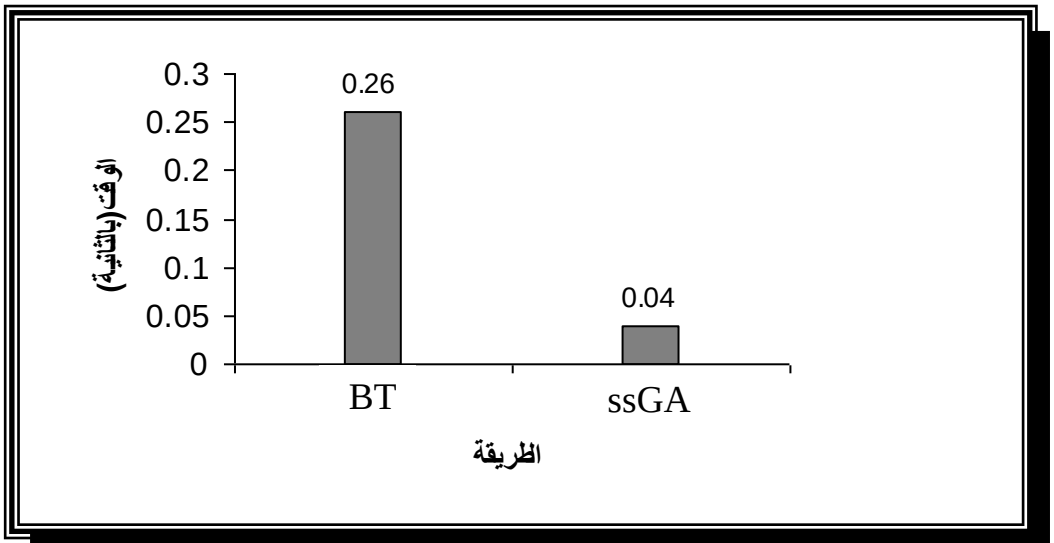
٣-١-٢٢

نفس

عليها

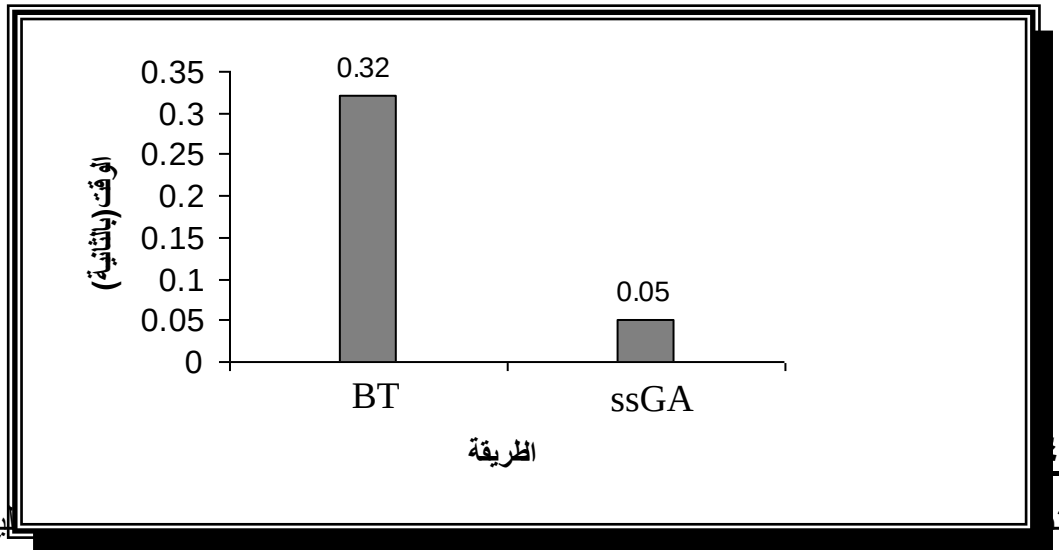
الشكل (٣-٧٣) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الحادية والعشرون

من

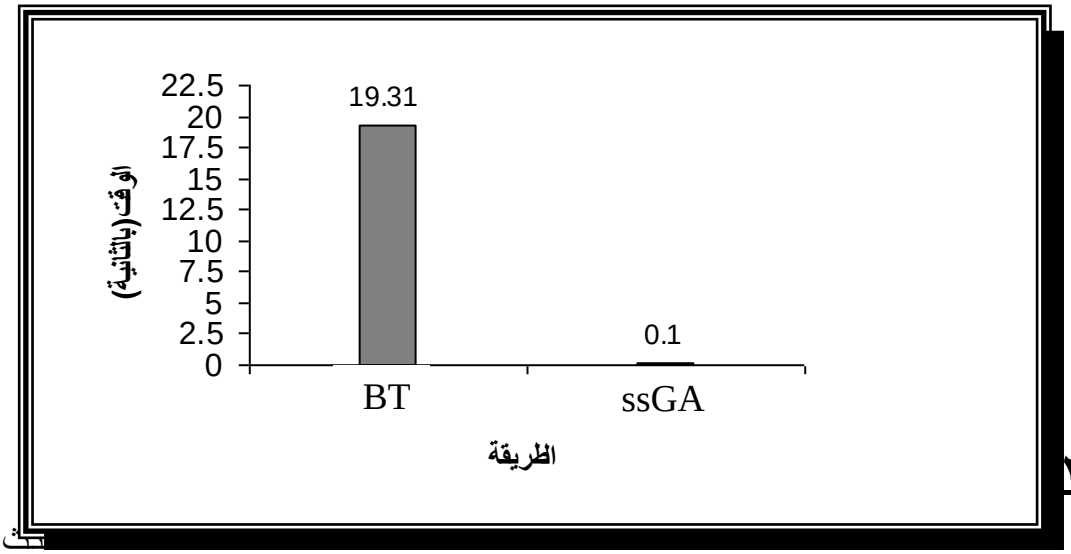


٣-١-٢٣ التجربة الثالثة والعشرون

نفس معاملات وجداول التجربة الرابعة-ج، يوضح الشكل (٣-٧٥) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.

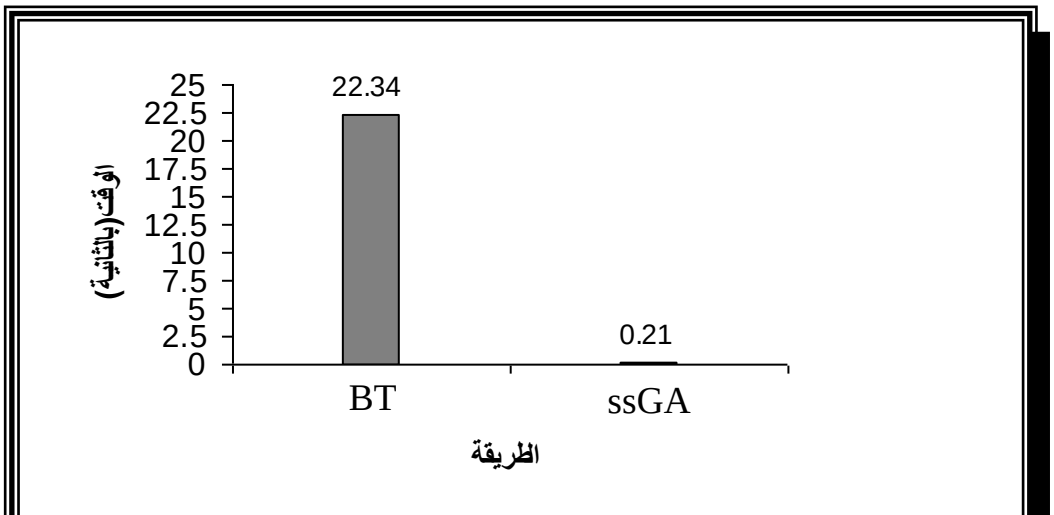


الشكل (٣-٧٥) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الثالثة والعشرون



الشكل (٣-٧٦) الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الرابعة والعشرون

يوضح الشكل (٣-٧٧) النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجربة.



٣-٢ الاستنتاجات

نظراً لأهمية مسألة تخصيص الترددات لمحطات الاتصال الراديوية ولأنها تعد مسألة اللامتعددات الحدود الكاملة والمطلوب أجراء عملية التخصيص لها بأقل وقت ممكن فقد كان من الضروري التوجه الى إيجاد طريقة عامة قادرة على إنجاز عملية البحث بصورة كفوءة وسريعة.

جميع الطرائق التي استخدمت في عمليات التخصيص طبقت على أنواع مختلفة من الشبكات ومنها شبكات الهواتف الخلوية المحمولة ولكنها لم تطبق على الشبكات الخاصة بالأجهزة الراديوية المتواجدة في المؤسسات الحكومية، ونظراً للقدرات العالية والنجاح الكبير الذي حققته الخوارزميات الجينية كطرائق بحث عامة قادرة على التعامل مع المسائل الصعبة والمعقدة فقد استخدمت في مسائل التخصيص حيث تبدأ بأكثر من حل ممكن مما يزيد من إمكانية وصولها الى حلول مثالية مختلفة.

استخدمت في الطريقة المستعملة طريقة انتقاء المجموعات الثنائية دون غيرها من طرائق الانتقاء وذلك لسرعتها وكفاءتها، لأنّ بقية طرائق الانتقاء تتطلب وقتاً بسبب استخدامها العدد المتوقع والاحتمالية لكل فرد، وكذلك لم تستخدم طريقة انتقاء المجموعات الثلاثية لأنّه كلما زادت عدد مرات الانتقاء فإنّ ذلك يزيد من كلفة حساب افضل فرد من بين الثلاثة مما يزيد ذلك من وقت الخوارزمية وكذلك يؤدي الى التقارب المبكر والإنتهاء البطيء، واستخدمت طرائق التزاوج (٢x, ١x, ux) ولم تستخدم (PMX, OX, CX) لأنها تتطلب إجراء عملية بحث ومبادلة الجينات بين الأفراد وهذا يتطلب وقتاً أيضاً، أمّا عامل الطفرة فقد استخدم عامل الطفرة (١m) ولم يستخدم العامل (٢m) لأنّه يبادل الجينات في نفس الفرد مما يبقي التداخل قائماً في حالة وجوده داخل الفرد.

تم استنتاج احتماليات التزاوج والطفرة الأفضل لكل طريقة من طرائق التزاوج التي يوضحها الجدول (٣-٣١).

أثبتت طريقة التزاوج (٢x) جدارتها في إيجاد الحلول المثالية بوقت مبكر قياساً بالطريقتين الاخريتين، وتم قياس الطريقة المستعملة (الخوارزمية الجينية لحالة الاستقرار) بالطريقة التقليدية (خوارزمية التراجع) من حيث الوقت المستغرق في الوصول الى الحلول المثالية حيث أثبتت الطريقة المستعملة كفاءة عالية في إيجاد الحلول وبوقت قليل جداً.

٣-٣ الأعمال المستقبلية

أكدت الطريقة المستعملة نجاحها في تخصيص الترددات لمحطات الاتصال الراديوي من حيث الوقت المستغرق في عملية الحساب، وعليه نوصي بالمقترحات الاتية كأعمال مستقبلية:

١- تطبيق الطريقة المستعملة على أنواع أخرى من الشبكات التي تستخدم نوع آخر من القيود مثلاً شبكات الهاتف الخلوي.

٢- إيجاد طريقة لحساب المعاملات الأساسية الخاصة بالشبكات الراديوية (m,n,α)، وذلك لتسهيل عمل الخوارزمية الجينية.

المصـــادر

[١] W.K.Hale, **Frequency Assignment: Theory and Applications**, Proceedings of the IEEE, ٦٨, ١٢, ١٤٩٧, (١٩٨٠).

[٢] R.A.Murphey, P.M.Pardalos, M.G.C.Resende, **Frequency Assignment Problems**, Kluwer Academic Publishers, ١٩٩٩.

[٣] F.B.Dunning, R.G.Hulet, **Atomic, Molecular, and Optical Physics: Electromagnetic Radiation**, Academic press, ١٩٩٧.

[٤] D.Bouche, F.Molinet, R.Mittra, **Asymptotic Methods in Electromagnetics**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ١٩٩٤.

[٥] Report for Training of Signal Officers, Iraq (Private Communications), (١٩٨٥).

[٦] W.Rotkiewicz, **Electromagnetic Compatibility in Radio Engineering**, Elsevier Scientific Publishing, ١٩٨٢.

[٧] I.D.Flintoft, **Preliminary Investigation into a Methodology for Assessing the Direct RF Susceptibility of Digital Hardware**, Technical Report, Radio Communications Agency, ١, (١٩٩٩).

[٨] V.Barkan, V.Zhdanov, **Radio Receivers**, MIR Publishers, Moscow, ١٩٧٠.

[٩] B.P.Krekotn, **A Method of Calculating Combination Interference in Frequency Conversion**, Scripta Publishing, ٥٦, ١٩٧٨.

[١٠] L.Peters, **The Tactical Frequency Management Problem: Heuristic Search and Simulated Annealing**, Cambridge University, Press New York, NY, USA, **١٦٥**, **١٩٩١**.

[١١] B.F.Abid, **Solving Machine Schednling and Traveling Salesman Problems Using Genetic Algorithms**, MSc. Thesis, University of Baghdad, **١٩٩٨**.

[١٢] W.Crompton, S.Hurley, N.M.Stephens, **A Parallel Genetic Algorithm for Frequency Assignment Problems**, Proceedings IMACS/IEEE into Symposium on Signal Processing, **٨١**, France, (**١٩٩٤**).

[١٣] M.Yokoo, K.Hirayama, **Frequency Assignment for Cellular Mobile Systems Using Constraint Satisfaction Techniques**, Proceedings of the IEEE Annual Vehicular Technology Conference (VTC**٣٠٠٠**-Spring), (**٣٠٠٠**).

[١٤] N.Funabiki, Y.Takefuji, **A Neural Network Parallel Algorithm for Channel Assignment Problem in Cellular Radio Networks**, IEEE Transactions on Vehicular Technology, **٤١**, **٤**, **٤٣٠**, (**١٩٩٢**).

[١٥] K.Mathur, H.M.Salkin, K.Nishimura, S.Morito, **The Design of an Interactive Computer Software System for the Frequency Assignment Problem**, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, **EMC-٢٦**, **٤**, **٢٠٧**, (**١٩٨٤**).

[١٦] J.Hao, R.Dorne, **Study of Genetic Search for the Frequency Assignment Problem**, Lecture Notes in Computer Science, Springer, **١٠٦٣**, **٣٣٣**, (**١٩٩٥**).

[١٧] M.Schmidt, T.Stidsen, **Hybrid Systems: Genetic Algorithms, Neural Networks, and Fuzzy Logic**, DAIMI IR, **١٩٩٧**.

[١٨] M.Mitchell, **An Introduction to Genetic Algorithms**, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, **١٩٩٦**.

[١٩] D.Ruan, **Intelligent Hybrid Systems: Fuzzy Logic, Neural Networks, and Genetic Algorithms**, Kluwer Academic Publishers, Belgium, **١٩٩٧**.

[٣٠] K.Tokoro, S.Matsui, Y.Nishino, H.Hashiguchi, **A Genetic Algorithm for Optimal Frequency Assignment in Mobile Communications**, Transaction IEEE, **١٣١-C**, **٥**, **١**, (**٣٠٠١**).

[٣١] R.K.Ahuja, J.B.Orlin, A.Tiwari, **A Greedy Genetic Algorithm for the Quadratic Assignment Problem**, Operation Research, **٣٧**, **١٠**, **٩١٧**, (**٣٠٠٠**).

[٣٢] T.L.Lau, E.P.K.Tsang, **Solving the Radio Link Frequency Assignment Problem with the Guided Genetic Algorithm**, Proceeding, NATO Symposium on Radio Length Frequency Assignment, Sharing and Conservation Systems (Aero Space), (**١٩٩٨**).

[٣٣] V.Maniezzo, A.Carbonaro, **An ANTS Heuristic for the Frequency Assignment Problem**, Technical Report CSR-**٩٨-٤**, University of Bologna, (**١٩٩٨**).

[٣٤] H.M.H.Al-Janabi, **Radio Receiver Design Using Personal Computer**, MSc. Thesis, The Military College of Engineering, Baghdad, **٣٠٠٠**.

[٣٥] D.J.Bem, J.Janiszewski, R.Zielinski, **Computer-Aided Analysis of Electromagnetic Compatibility in VHF-FM Broadcasting Networks**, Technical Report, Technical University of Wroclaw, **٣٠٩**, (**١٩٨٦**).

[٣٦] R.J.Schoenbeck, **Electronic Communications Modulation and Transmission**, Bell & Howell, New Delhi, **١٩٨٩**.

[٣٧] R.E.Collin, **Antennas and Radiowave Propagation**, McGraw-Hill, **١٩٨٥**.

[٣٨] K.I.Aardal, C.A.J.Hurkeris, J.K.Lenstra, S.R.Tiourine, **Algorithms for Frequency Assignment Problems**, CWI Quarterly, **٩**, **١**, (**١٩٩٦**).

[٣٩] V.Maniezzo, R.Montemanni, **An Exact Algorithm for the Min-Interference Frequency Assignment Problem**, Technical Report, University of Bologna, (**١٩٩٩**).

[٣٠] K.I.Aardal, A.Hipolito, C.P.M.Van Hoesel, B.Jansen, **A Branch-and-Cut Algorithm for Frequency Assignment Problem**, Technical Annex T.**٣.٣.١**.A of the Report EUCLID CALMA Radio Link Frequency Assignment Project, (**١٩٩٦**).

[٣١] K.Deb, **Optimization for Engineering Design: Algorithms and Examples**, Prentice-Hall, Delhi, **١٩٩٥**.

[٣٢] K.Deb, **Genetic Algorithm in Search and Optimization: The Technique and Applications**, Proceedings of International Workshop on Soft Computing and Intelligent Systems, **٥٨**, (**١٩٩٨**).

[٣٣] E.Horowitz, S.Sahni, **Fundamentals of Data Structures in Pascal**, W.H.Freeman Press, NewYork, ١٩٩٠.

[٣٤] E.Horowitz, S.Sahni, S.Rajasekaran, **Computer Algorithms/C++**, W.H.Freeman Press, ١٩٩٧.

[٣٥] G.F.Luger, W.A.Stubblefield, **Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving**, Addison-Wesley, Massachusetts, ١٩٩٨.

[٣٦] W.Pang, S.D.Goodwin, **Constraint-Directed Backtracking Algorithm for Constraint-Satisfaction Problems**, Technical Report CS-٩٦-٠٥, (١٩٩٦).

[٣٧] D.E.Goldberg, **Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning**, Addison-Wesley, Massachusetts, ١٩٨٩.

[٣٨] P.Mazumder, E.M.Rudnick, **Genetic Algorithms for VLSI Design**, Prentice Hall PTR, ١٩٩٩.

[٣٩] E.J.Rzempoluck, **Neural Network Data Analysis Using Simulnet**, Springer-Verlag NewYork, ١٩٩٨.

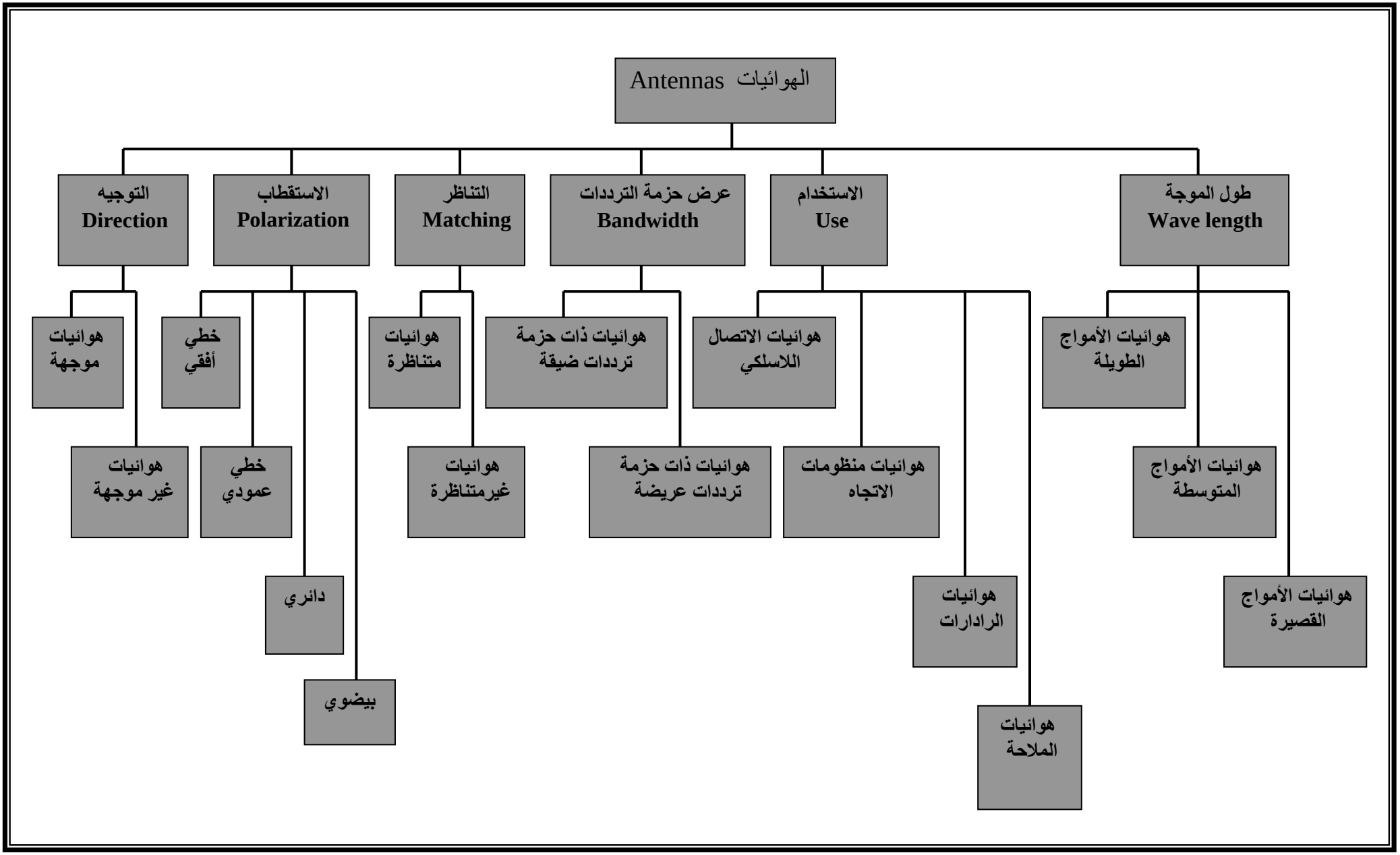
[٤٠] L.C.Jain, R.K.Jain, **Hybrid Intelligent Engineering Systems**, World Scientific Publishing, ١٩٩٧.

[٤١] D.Beasley, D.R.Bull, R.R.Martin, **An Overview of Genetic Algorithms: Part١, Fundamentals**, University Computing, ٣, ١٥, ٥٨, (١٩٩٣).

[٤٢] J.Smith, F.Vavak, **Replacement Strategies in Steady State Genetic Algorithms: Static Environment**, Foundation of Genetic Algorithms V, ٣١٩, (١٩٩٨).

[٤٣] B.D.Davison, K.Rasheed, **Effect of Global Parallelism on A Steady State GA**, Processing of the Evolutionary Computing and Parallel Processing Workshop (GECCO'٩٩), Orlando, (١٩٩٩).

[٤٤] J.Hao, R.Dorne, P.Galiuier, **Tuba Search for Frequency Assignment in Mobile Radio Networks**, Kluwer Academic Publishers, In the Journal of Heuristics, ٤, ٤٧, (١٩٩٨).



الشكل (١-٧) تصنيف الهوائيات

قائمة الأشكال

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
١-١	المكونات الأساسية للمحطة الراديوية	٤
٢-١	المازج المتوازن	٥
٣-١	مستويات الوحدات في القوات المسلحة	١١
٤-١	تداخل الخيال بين الشبكات الراديوية	١٣
٥-١	تداخل التوافقيات بين الشبكات الراديوية	١٥
٦-١	تصنيف المستقبلات اللاسلكية	٢١
٧-١	تصنيف الهوائيات	٢٣
٨-١	التداخل بين الشبكات نتيجة المسافة	٢٥
٩-١	الترميز الثنائي	٤٠
١٠-١	الترميز الصحيح	٤٠
١١-١	مقارنة بين الترميز الثنائي والترميز الصحيح (ترميز الثمانيات)	٤١
١٢-١	الترميز الحقيقي	٤١
١٣-١	عامل التزاوج $1x$	٤٨
١٤-١	عامل التزاوج $2x$	٤٩
١٥-١	عامل التزاوج ux	٥٠
١٦-١	عامل العكس	٥١
١-٢	تمثيل الحل المستخدم في الطريقة المقترحة	٥٩
٢-٢	المخطط الانسيابي لهيكل عمل الطريقة المقترحة	٦٠
١-٣	تأثير m و n على عدد الحلول المثالية	٧٨
٢-٣	تأثير α على عدد الحلول المثالية	٧٩

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
٣-٣	التجربة الأولى-ج-طريقة التزاوج ux	٨٠
٤-٣	التجربة الأولى-ج-طريقة التزاوج $1x$	٨١
٥-٣	التجربة الأولى-ج-طريقة التزاوج $2x$	٨١
٦-٣	التجربة الأولى-د-طريقة التزاوج ux	٨٢
٧-٣	التجربة الأولى-د-طريقة التزاوج $1x$	٨٢

٨-٣	التجربة الأولى-د-طريقة التزاوج ٢x	٨٣
٩-٣	التجربة الأولى-هـ-طريقة التزاوج ux	٨٣
١٠-٣	التجربة الأولى-هـ-طريقة التزاوج ١x	٨٤
١١-٣	التجربة الأولى-هـ-طريقة التزاوج ٢x	٨٤
١٢-٣	التجربة الأولى-و-طريقة التزاوج ux	٨٥
١٣-٣	التجربة الأولى-و-طريقة التزاوج ١x	٨٥
١٤-٣	التجربة الأولى-و-طريقة التزاوج ٢x	٨٦
١٥-٣	التجربة الثانية-ا-طريقة التزاوج ux	٨٩
١٦-٣	التجربة الثانية-ا-طريقة التزاوج ١x	٨٩
١٧-٣	التجربة الثانية-ا-طريقة التزاوج ٢x	٨٩
١٨-٣	التجربة الثانية-ب-طريقة التزاوج ux	٩٠
١٩-٣	التجربة الثانية-ب-طريقة التزاوج ١x	٩١
٢٠-٣	التجربة الثانية-ب-طريقة التزاوج ٢x	٩١
٢١-٣	التجربة الثانية-ج-طريقة التزاوج ux	٩٢
٢٢-٣	التجربة الثانية-ج-طريقة التزاوج ١x	٩٢
٢٣-٣	التجربة الثانية-ج-طريقة التزاوج ٢x	٩٢
٢٤-٣	التجربة الثانية-د-طريقة التزاوج ux	٩٣

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
٢٥-٣	التجربة الثانية-د-طريقة التزاوج ١x	٩٣
٢٦-٣	التجربة الثانية-د-طريقة التزاوج ٢x	٩٤
٢٧-٣	التجربة الثالثة-ا-طريقة التزاوج ux	٩٦
٢٨-٣	التجربة الثالثة-ا-طريقة التزاوج ١x	٩٦
٢٩-٣	التجربة الثالثة-ا-طريقة التزاوج ٢x	٩٦
٣٠-٣	التجربة الثالثة-ب-طريقة التزاوج ux	٩٧
٣١-٣	التجربة الثالثة-ب-طريقة التزاوج ١x	٩٧
٣٢-٣	التجربة الثالثة-ب-طريقة التزاوج ٢x	٩٨
٣٣-٣	التجربة الثالثة-ج-طريقة التزاوج ux	٩٨
٣٤-٣	التجربة الثالثة-ج-طريقة التزاوج ١x	٩٩
٣٥-٣	التجربة الثالثة-ج-طريقة التزاوج ٢x	٩٩

٣-٣٦	التجربة الثالثة-د-طريقة التزاوج ux	١٠٠
٣-٣٧	التجربة الثالثة-د-طريقة التزاوج ١x	١٠٠
٣-٣٨	التجربة الثالثة-د-طريقة التزاوج ٢x	١٠١
٣-٣٩	التجربة الثالثة-هـ-طريقة التزاوج ux	١٠٢
٣-٤٠	التجربة الثالثة-هـ-طريقة التزاوج ١x	١٠٢
٣-٤١	التجربة الثالثة-هـ-طريقة التزاوج ٢x	١٠٢
٣-٤٢	التجربة الرابعة-ا-طريقة التزاوج ux	١٠٦
٣-٤٣	التجربة الرابعة-ا-طريقة التزاوج ١x	١٠٦
٣-٤٤	التجربة الرابعة-ا-طريقة التزاوج ٢x	١٠٧
٣-٤٥	التجربة الرابعة-ب-طريقة التزاوج ux	١٠٧
٣-٤٦	التجربة الرابعة-ب-طريقة التزاوج ١x	١٠٨

ي

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
٣-٤٧	التجربة الرابعة-ب-طريقة التزاوج ٢x	١٠٨
٣-٤٨	التجربة الرابعة-ج-طريقة التزاوج ux	١٠٩
٣-٤٩	التجربة الرابعة-ج-طريقة التزاوج ١x	١٠٩
٣-٥٠	التجربة الرابعة-ج-طريقة التزاوج ٢x	١٠٩
٣-٥١	التجربة الخامسة-طريقة التزاوج ux	١١٥
٣-٥٢	التجربة الخامسة-طريقة التزاوج ١x	١١٥
٣-٥٣	التجربة الخامسة-طريقة التزاوج ٢x	١١٥
٣-٥٤	طريقة التزاوج ux	١١٦
٣-٥٥	طريقة التزاوج ١x	١١٦
٣-٥٦	طريقة التزاوج ٢x	١١٧
٣-٥٧	اختيار افضل طريقة تزاوج	١١٨
٣-٥٨	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة السادسة	١١٩
٣-٥٩	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة السابعة	١١٩
٣-٦٠	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الثامنة	١٢٠
٣-٦١	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة التاسعة	١٢٠
٣-٦٢	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة العاشرة	١٢١
٣-٦٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الحادية عشرة	١٢١
٣-٦٤	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الثانية عشرة	١٢٢

٦٥-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الثالثة عشرة	١٢٢
٦٦-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الرابعة عشرة	١٢٣
٦٧-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الخامسة عشرة	١٢٣
٦٨-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة السادسة عشرة	١٢٤

ك

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
٦٩-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة السابعة عشرة	١٢٤
٧٠-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الثامنة عشرة	١٢٥
٧١-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة التاسعة عشرة	١٢٥
٧٢-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة العشرون	١٢٦
٧٣-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الحادية والعشرون	١٢٦
٧٤-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الثانية والعشرون	١٢٧
٧٥-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الثالثة والعشرون	١٢٧
٧٦-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الرابعة والعشرون	١٢٨
٧٧-٣	الوقت المستغرق من الخوارزميتين في التجربة الخامسة والعشرون	١٢٨

قائمة الجداول

رقم الجدول	اسم الجدول	رقم الصفحة
٣-١	المواصفات الفنية للشبكات في التجربة الأولى	٧٦
٣-٢	المواصفات الفنية للأجهزة الراديوية في التجربة الأولى	٧٧
٣-٣	قائمة الترددات في التجربة الأولى	٧٧
٣-٤	المسافات الفاصلة بين الأجهزة الراديوية المرتبطة في التجربة الأولى	٧٨
٣-٥	المعاملات الخاصة بالتجربة الأولى-ج	٨٠
٣-٦	المعاملات الخاصة بالتجربة الأولى-د	٨٢
٣-٧	المعاملات الخاصة بالتجربة الأولى-و	٨٥
٣-٨	المواصفات الفنية للشبكات في التجربة الثانية	٨٦
٣-٩	المواصفات الفنية للأجهزة الراديوية في التجربة الثانية	٨٧
٣-١٠	المسافات الفاصلة بين الأجهزة الراديوية المرتبطة في التجربة الثانية	٨٨
٣-١١	المعاملات الخاصة بالتجربة الثانية-ا	٨٨
٣-١٢	المعاملات الخاصة بالتجربة الثانية-ب	٩٠
٣-١٣	المواصفات الفنية للأجهزة الشبكة الرابعة في التجربة الثالثة	٩٤
٣-١٤	المسافات الفاصلة بين الأجهزة المرتبطة في الشبكة الرابعة للتجربة الثالثة	٩٥
٣-١٥	المعاملات الخاصة بالتجربة الثالثة-ا	٩٥
٣-١٦	المعاملات الخاصة بالتجربة الثالثة-د	١٠٠
٣-١٧	المعاملات الخاصة بالتجربة الثالثة-هـ	١٠١
٣-١٨	المواصفات الفنية للشبكات في التجربة الرابعة	١٠٣
٣-١٩	المواصفات الفنية للأجهزة الراديوية في التجربة الرابعة	١٠٣-١٠٤
٣-٢٠	المسافات الفاصلة بين الأجهزة الراديوية المرتبطة في التجربة الرابعة	١٠٤-١٠٥
٣-٢١	المسافات الفاصلة بين الشبكات في التجربة الرابعة	١٠٥
٣-٢٢	المعاملات الخاصة بالتجربة الرابعة-ا	١٠٦
٣-٢٣	المعاملات الخاصة بالتجربة الرابعة-ب	١٠٧
٣-٢٤	المعاملات الخاصة بالتجربة الرابعة-ج	١٠٨
٣-٢٥	المواصفات الفنية للشبكات في التجربة الخامسة	١١٠

٣-٢٦	المواصفات الفنية للأجهزة الراديوية في التجربة الخامسة	١١٠-١١١
٣-٢٧	المسافات الفاصلة بين الأجهزة الراديوية المرتبطة في التجربة الخامسة	١١٢-١١٣
٣-٢٨	قائمة الترددات في التجربة الخامسة	١١٣
٣-٢٩	المسافات الفاصلة بين الشبكات في التجربة الخامسة	١١٤
٣-٣٠	المعاملات الخاصة بالتجربة الخامسة	١١٤
٣-٣١	افضل الاحتماليات لطرائق التزاوج	١١٧