جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات

# التوفيق بين شبكات الاتصالات غير المتجانسة

مشروع تخرج أعد لنيل درجة الماجستير في هندسة الاتصالات

إعداد المهندس

**علاء الدين غرسلاوي**

بإشراف

**د.م. محمد خالد شاهين**

أعضاء لجنة الحكم

**د.م. محمد خالد شاهين**

**د. محمد المحمد الحسين**

**د. عادل خضور علي**

العام الدراسي
2012-2011

# كلمة الشكر والإهداء (Dedication)

## شكر وتقدير

أوجه بداية جزيل الشكر **للمشرف الدكتور محمد خالد شاهين** من جامعة دمشق. الذي كان لتوجيهاته السديدة ودعمه غير المحدود ومتابعته الدؤوبة والجهد المبذول، الفضل الأكبر في نجاح هذا البحث.

لقد كان حريصاً أثناء كتابة هذه الأطروحة على تشجيعي وإعطائي النصائح المناسبة، وتوجيهي بصورة مستمرة، وقد رافقني في جميع خطواتي وزودني بالكثير من الأفكار المفيدة. وكان دليلي في الوصول إلى تحقيق هدفي.

كما أود أن أعبر عن عظيم شكري وامتناني **للبروفيسور جان لوكا ماتزيني** من جامعة فيرارا الإيطالية، الذي أضافت خبرته ومعارفه وتوجيهاته وصبره، الكثير إلى خبرتي العلمية.

إنني أقدر معرفته الواسعة ومهاراته في العديد من المجالات ومساعدته ودعمه خلال هذا البحث، وقد أسهمت حماسته ومعنوياته المرتفعة وجهده المتميز كثيراً في تبسيط الأفكار وشرحها، وفي تحفيزي وتوجيهي أثناء مراحل البحث المختلفة.

وأخيرا أتقدم بالشكر الجزيل إلى أعضاء لجنة الحكم الموقرين **الدكتور محمد الحسين والدكتور عادل خضور علي** الذين رافقوني خلال مسيرتي التعليمية والذين أسهمت ملاحظاتهم وتوجيهاتهم في إغناء هذا البحث.

# الإهداء

إلى عائلتي الحبيبة

إلى أمي وأبي الغاليين

إلى أخوتي صالح وصلاح وندى ووصال

إلى أستاذي المحترم د.محمد خالد شاهين

إلى جميع زملائي وزميلاتي في جامعة دمشق ووزارة التعليم العالي

وإلى كل من ساهم بإنجاز هذا العمل

شكراً لكم جميعاً على محبتكم ودعمكم

والحمدلله رب العالمين

# أعضاء لجنة الحكم والقرار الناظم بذلك

**د. محمد خالد شاهين** **عضواً مشرفاً**

**د. محمد الحسين** **عضواً**

**د. عادل خضور علي** **عضواً**

بموجب قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم /2710/ المتخذ بالجلسة رقم /20/ تاريخ 2012/7/2، والتأكيد على لجنة الحكم بموجب القرار رقم /2710/ المتخذ بالجلسة رقم /20/ تاريخ 2012/11/12.

# الملخص (Abstract)

شهد العقدان المنصرمان ثورة في قطاع الاتصالات السلكية واللاسلكية على حد سواء. وتعددت المنظومات العاملة نظراً للتنافس بين الشركات، والسعي للسيطرة على هذا القطاع الخدمي الحيوي. لذا يتوافر حالياً لمستخدمي الحواسيب المحمولة وأجهزة الهاتف النقال في المطارات ومحطات القطار وقاعات المؤتمرات وغيرها من الأماكن العامة، خيارات واسعة ومتعددة من الشبكات غير المتجانسة التي تُشغّلها شركات مختلفة تعتمد على منظومات مختلفة من حيث البنية والخصائص ومعدل المعطيات. وفي مسعى لإيجاد منظومة فعالة وعملية، تتحكم وتتخاطب بشكل ديناميكي مع مختلف الشبكات العاملة، تعددت الدراسات والأبحاث الهادفة إلى إيجاد آلية قادرة على التعامل والتكيف مع مختلف الشبكات المتوافرة، بصرف النظر عن بنيتها من حيث البروتوكولات المستخدمة ومنظومات الإرسال وطرق التشفير وغير ذلك. ويتوجب على هذه المنظومة أن تكون قادرة على استنباط المعلومات الضرورية من تلك الشبكات بما يُمكّن الطرفية، بعد تزويدها برغبات المستخدم، من البحث عن أفضل الشبكات المتوافرة والملائمة لرغبات المستخدم من حيث التكلفة، وسرعة التحميل، وسعة الخط، والتأخير الحاصل ضمن الشبكات. وقد قمنا في هذا البحث بوضع طريقة بسيطة تسمح بتسجيل الدخول للشبكة الأكثر ملائمة لرغبات المستخدم من حيث الخصائص التي توفرها. وتعتمد المنظومة على قياس موسطات Parameters مختلفة خاصة بكل شبكة على حدة، ثم تصنف خيارات المستخدم للسماح له بالمشاركة في عملية الانتقاء وإدارة الدخول إلى إحدى شبكات الاتصالات المتاحة. تعتمد المنظومة المقترحة على مساعدة الطرفية، وبشكل آلي، على اختيار أمثل شبكة محيطة، ومن ثُم الاتصال بها. وقمنا بمحاكاة المنظومة المقترحة اعتماداً على برنامجين أحدهما يزود به المستخدم والثاني يزود به المخدم المركزي، حيث يتفاعلان فيما بينهما ويتبادلان المعلومات ويتفاوضان للوصول إلى أفضل شبكة متوافرة. وقد أجرينا تجارب عملية واختبارات على المنظومة المقترحة لتحديد قدرتها وأدائها في الانتقاء بين شبكة الهاتف النقال من الجيل الثالث 3G والشبكة المحلية اللاسلكية WAP.

# فهرس المحتويات (Index)


**كلمة الشكر والإهداء (Dedication)** ..... 2

**أعضاء لجنة الحكم والقرار الناظم بذلك** ..... 4

**الملخص (Abstract)** ..... 5

**قائمة الأشكال (List of Figures)** ..... 10

**قائمة الجداول (List of Tables)** ..... 11

**الاختصارات (Abbreviations)** ..... 12

**المصطلحات (Glossary)** ..... 14

**المنشورات (Publications)** ..... 22

**مقدمة عامة**

General Introduction ..... 23

1. مشكلة البحث ..... 24

2. الدراسات المتعلقة بالبحث ..... 26

3. محور البحث ..... 26

4. الطريقة المقترحة لحل مشكلة البحث وميزاتها ..... 27

5. مخطط الأطروحة ..... 28

**الفصل الأول**

**تحليل الدراسة**

**Problem Study and Analysis** ..... 29

1.1. أهمية البحث ..... 30

2.1. أهداف البحث ..... 32

3.1. حدود البحث ومنهجيته..... 33
4.1. الدراسات السابقة ومقارنتها مع دراسة البحث ..... 34
5.1. الخاتمة ..... 36

**الفصل الثاني**

**شبكات الجيل القادم وإدارة الموارد الراديوية**

**Next Generation Networks & Radio Resource Management..... 40**

1.2. مقدمة..... 41
2.2. شبكات الجيل القادم اللاسلكية..... 41
1.2.2. خصائص شبكات الجيل القادم اللاسلكية ..... 41
2.2.2. الطرفيات المتعددة الأنماط..... 43
3.2. إدارة الموارد الراديوية لشبكات الجيل القادم اللاسلكية ..... 44
4.2. اختيار النفاذ إلى الشبكة ..... 45
1.4.2. تحديات اختيار شبكة النفاذ ..... 46
2.4.2. أطوار اختيار شبكة النفاذ..... 48
3.4.2. معايير اختيار شبكة النفاذ ..... 50
4.4.2. السمات المرغوبة في طريقة الاختيار ..... 53

**الفصل الثالث**

**آليات اتخاذ القرار**

**Decision Making Mechanisms..... 54**

1.3. مقدمة..... 55
2.3. النهج المرتكز على الشبكة..... 55

1.2.3. البرمجة العشوائية ..... 56
2.2.3. نظرية الألعاب ..... 57
3.2.3. التابع الخدمي ..... 59
3.3. النهج المرتكز على المستخدم ..... 61
1.3.3. العملية التراتبية التحليلية والتحليل العلاقاتي الرمادي ..... 62
2.3.3. فائض الزبون ..... 64
3.3.3. تابع الربح ..... 65
4.3. النهج التعاوني ..... 67
1.4.3. المتحكم المنطقي الترجيحي ..... 67
2.4.3. التابع الغرضي ..... 68
3.4.3. تقنية ترتيب التفضيلات باستخدام التشابه مع الحل المثالي ..... 70

**الفصل الرابع**

**الطريقة المقترحة لاختيار شبكة النفاذ**

**"Proposition Methodology and Solution "Access Network Selection ..... 73**

1.4. بنيان التطبيق ..... 74
1.1.4. العلاقة الرياضية المقترحة ..... 77
2.1.4. العلاقة الرياضية المعدَّلة ..... 79
2.4. التطبيق العملي والأدوات ..... 80
1.2.4. برنامج البحث للمستخدم ..... 81
2.2.4. برنامج تحليل المخدم ..... 84

**الفصل الخامس**

**الاختبارات العملية ونتائج القياس**

**Tests & Results** ..... **87**

1.5. عينة الاختبار ..... 88

2.5. وصف التجربة ..... 88

3.5. النتائج والاختبارات العملية ..... 89

4.5. منحنيات تغير القيمة المعيارية للشبكة مع تغير المعاملات ..... 94

**6. الخلاصة (Conclusion)** ..... **99**

**7. الآفاق المستقبلية (Future Research)** ..... **100**

**8. الملحق A** ..... **101**

تعريف Netsh ..... 101

المقاطع البرمجية الأساسية ..... 102

التطبيق الأولي لمنهج التجربة ..... 104

**9. المراجع العلمية (References)** ..... **106**

# قائمة الأشكال (List of Figures)


الشكل (1–1) التغطية المتداخلة للشبكات اللاسلكية غير المتجانسة [2]. ..... 24

الشكل (1–2) تعدد واجهات التخاطب للأجهزة الحديثة [4]. ..... 25

الشكل (1–3) نطاق البحث بالنسبة لبيئة الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة [6]. ..... 27

الشكل (2–1) الأطوار الثلاثة لعملية اختيار شبكة النفاذ [6]. ..... 49

الشكل (3–1) أقسام آليات اتخاذ القرار [8]. ..... 55

الشكل (3–2) العملية التراتبية التحليلية [33]. ..... 64

الشكل (4–1) توافر مصادر راديوية ذات أشكال متعددة تحيط بالمستخدم في آن واحد. ..... 75

الشكل (4–2) خوارزمية المستخدم للبحث عن أفضل نقطة نفاذ لاسلكية مجاورة. ..... 82

الشكل (4–3) خوارزمية المخدم لتلبية طلبات البحث عن أفضل نقطة نفاذ لاسلكية مجاورة ..... 86

الشكل (5–1) نتائج الاختبار الأول من أجل نقطتي نفاذ لشبكة محلية لاسلكية ..... 90

الشكل (5–2) نتائج الاختبار الثاني لنقطتي نفاذ إلى شبكة محلية لاسلكية ونقطة نفاذ لشبكة الجيل الثالث. ..... 91

الشكل (5–3) نتائج الاختبار الثالث لحالة ثلاث نقاط نفاذ محلية ونقطة نفاذ لشبكة الجيل الثالث. ..... 92

الشكل (5–4) نتائج الاختبار الرابع لحالة نقطتي نفاذ محلية ونقطة نفاذ لشبكة الجيل الثالث. ..... 93

الشكل (5–5) نتائج الاختبار الخامس لحالة ثلاث نقط نفاذ محلية ونقطة نفاذ لشبكة الجيل الثالث. ..... 93

الشكل (5–6) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط عرض المجال الترددي (2Bup+ Bdw)/60. ..... 94

الشكل (5–7) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط قوة الإشارة المستقبلة Signal/5. ..... 95

الشكل (5–8) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط التأخير الزمني (D+2J) /80. ..... 96

الشكل (5–9) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط عدد الباكيت 3×Lost Packets. ..... 96

الشكل (5-10) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط التكلفة 40× Cost. ..... 97

الشكل (5-11) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط الحمل Load. ..... 97

الشكل (ملحق A – 1) بنية التطبيق الأولي لمنهج التجربة. ..... 105

# قائمة الجداول (List of Tables)


**الجدول (1–1) مقارنة وتلخيص الخصائص لمختلف آليات اختيار شبكة النفاذ. ..... 36**

**الجدول (1–2) خصائص الطريقة المقترحة لاختيار شبكة النفاذ المثالية وتقنيتها. ..... 39**

**الجدول (3–1) عرض المجال الترددي لعدة مستويات من جودة الخدمة [8]. ..... 59**

**الجدول (3–2) تحديد العائدات لأصحاب الفئة الأولى [8]..... 60**

**الجدول (ملحق A – 1) نتائج خمس اختبارات لتجربة البحث عن نقطة النفاذ اللاسلكية المثلى.....105**

# (Abbreviations) الاختصارات

| | |
|---|---|
| 3GPP | 3rd Generation Partnership Project |
| ANS | Access Network Selection |
| AP | Access Point |
| AP Load | Access Point Load |
| AHP | Analytical Hierarchy Process |
| B3G | Beyond 3G |
| CRRM | Common Radio Resource Management |
| DVB | Digital Video Broadcasting |
| DHCP | Dynamic Host Configuration Protocol |
| EC | European Commission |
| 4G | Fourth Generation |
| FDD | Frequency-Division Duplexing |
| FLC | Fuzzy Logic Controller |
| GPRS | General Packet Radio Service |
| GSM | Global System For Mobile Communications |
| GUID | Global Unique Identifier |
| GRA | Grey Relational Analysis |
| GRC | Grey Relational Coefficient |
| HWN | Heterogeneous Wireless Network |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| JAC | Joint Admission Control |
| JCC | Joint Congestion Control |
| JRRM | Joint RRM |
| JSC | Joint Scheduling Control |
| LRRM | Local RRM |
| MAC Address | Media Access Control Address |
| MSS | Mobile Station Speed |
| MADM | Multi-Attribute Decision Making |
| MEWS | Multiplicative Exponent Weighting |
| NAT | Network Address Translation |
| NGWN | Next Generation Wireless Network |
| QoS | Quality of Services |
| RAT | Radio Access Technology |
| RRM | Radio Resource Management |

| | |
|---|---|
| RSSI | Received Signal Strength Indicator |
| RA | Rescource Availability |
| SON | Self-Optimizing And Self-Organizing Networks |
| SLA | Service Level Agreement |
| SSID | Service Set Identifier |
| ST | Service Type |
| SIR | Signal to Interference Ratio |
| SAW | Simple Additive Weighting |
| SCS-PD | Single Common Service With Probabilistic Demands |
| SLP | Stochastic Linear Programming |
| SP | Stochastic Programming |
| TOPSIS | Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution |
| TT | Terminal Type |
| 3G | Third Generation |
| TDD | Time-Division Duplex |
| UWB | Ultra-Wideband |
| UMTS | Universal Mobile Telecommunication System |
| UE | User Equipment |
| UP | User Preferences |
| VHO | Vertical Handover |
| WAP | Wireless Access Point |
| Wi-Fi | Wireless Fidelity |
| WLAN | Wireless Local Area Network |
| WMAN | Wireless Metropolitan Area Networks |
| WPAN | Wireless Personal Area Network |
| WRANS | Wireless Radio Access Network Selection |
| WRAN | Wireless Regional Area Network |
| WWAN | Wireless Wide Area Network |
| WG | Working Group |
| WiMAX | Worldwide Interoperability For Microwave Access |

# المصطلحات (Glossary)

| | |
|---|---|
| 3rd Generation Partnership Project | مشروع شراكة الجيل الثالث |
| Access Network Selection | اختيار شبكة النفاذ |
| Access Point | نقطة نفاذ |
| Access Point Load | معامل الحمل لنقطة النفاذ |
| Admission Control Algorithm | خوارزمية التحكم بالدخول |
| Allocation | التخصيص الترددي |
| Analytical Hierarchy Process | العملية التراتبية التحليلية |
| Approach | مقترح |
| Architectures and Protocols | البروتوكولات والبنى التطبيقية |
| Artificial Intelligence | الذكاء الصنعي |
| Availability | الإتاحية |
| Average Number of Retransmission Per Packet | العدد الوسطي لإعادة الإرسال في كل رزمة |
| Bandwidth Indicator | مقياس (مؤشر) عرض المجال |
| Bankruptcy Game | لعبة الإفلاس |
| Battery Status | حالة البطارية |
| Beyond 3G | شبكات مابعد الجيل الثالث |
| Bluetooth technology | تقانة البلوتوث |
| Burst Error | خطأ الرشقة |
| Cellular | خَلَوِي |
| Characteristics | الخصائص |

| | |
|---|---|
| Clumping | التثاقل الزمني |
| Coalition Form | الشكل التحالفي |
| Collaborative Approach | النهج التعاوني |
| Common Radio Resource Management | الإدارة التقليدية للموارد الراديوية |
| Complex Services | الخدمات المعقدة |
| Consumer Surplus | فائض الزبون |
| Cooperate | التنسيق |
| Core | مركز |
| Core Concept | مفهوم مركزي |
| Cost | التكلفة |
| Criteria | معيار |
| Decision Enforcement | تنفيذ القرار |
| Decision Making | اتخاذ القرار |
| Defuzzification | إلغاء التوزيع العشوائي |
| Defuzzification | إعادة النثر العشوائي |
| Degradation Utility | الخدمة المتناقصة أو الخدمة المتدهورة |
| Delay | التأخير الزمني |
| Demand | الأمر أو الطلب |
| Digital Video Broadcasting | البث الفيديوي الرقمي |
| Dispersion | التشتت |
| Dynamic Host Configuration Protocol | بروتوكول التشكيل الديناميكي للمضيف |

| | |
|---|---|
| Entity | العنصر |
| Euclidean Sense | التقريب الإقليدي |
| European Commission | المفوضية الأوروبية |
| Features | الميزات |
| Fourth Generation | الجيل الرابع |
| Frequency-Division Duplexing | الإرسال المزدوج باقتسام التردد |
| Fuzzification | النثر العشوائي أو التوزيع العشوائي |
| Fuzzy Inference | الاستدلال العشوائي |
| Fuzzy Logic Controller | المتحكم المنطقي الترجيحي |
| Game Theory | نظرية الألعاب |
| General Packet Radio Service | خدمة الراديو الرزمي العامة |
| Global System For Mobile Communications | المنظومة الشاملة للاتصالات النقالة |
| Global Unique Identifier | الهوية العالمية العميمة |
| Grey Relational Analysis | التحليل العلاقاتي الرمادي |
| Grey Relational Coefficient | المعامل العلاقاتي الرمادي |
| Handoff | عملية التسليم (المناولة) |
| Handoff/Interoperability Between Networks | المناولة/التوافقية بين الشبكات اللاسلكية |
| Heterogeneous Wireless Network | الشبكة اللاسلكية غير المتجانسة |
| Imputations | نسب |
| Institute of Electrical and Electronics Engineers | جمعية مهندسي الكهرباء والإلكترونيات |
| Integrated Networks | الشبكات المتكاملة |

| | |
|---|---|
| Interconnection | الترابط |
| Inter-System Handoff | عملية التسليم بين منظومتين |
| Intra-System Handoff | عملية تسليم داخلية للمنظومة |
| Jitter | الارتعاش |
| Joint Admission Control | التحكم المشترك بالقبول |
| Joint Allocation | التخصيص المشترك |
| Joint Congestion Control | تحكم الازدحام المشترك |
| Joint RRM | الإدارة المشتركة للموارد الراديوية |
| Joint Scheduling Control | تحكم الجدولة المشتركة |
| Latency | التأخير الزمني |
| Load Balance | توازن الحمل |
| Local RRM | الإدارة المحلية للموارد الراديوية |
| Loss Ratio | نسبة الفقد (الضياع) |
| Mechanism | آلية |
| Media Access Control Address | عنوان التحكم في النفاذ إلى الوسط |
| Metric | محدد |
| Mobile Broadband Wireless Access | النفاذ اللاسلكي عريض المجال النقال |
| Mobile Station Speed | سرعة المحطة الجوالة |
| Mobility Management | إدارة التجوال |
| Multi-Attribute Decision Making | تقنية اتخاذ القرار ذو المميزات المتعددة |
| multi-criteria | متعددة المعايير |

| | |
|---|---|
| Multi-Criteria Problem | مشكلة تعدد المعايير |
| Multi-Homed End-Hosts | المستخدمين الذين يملكون واجهات تخاطب ذات عناوين متعددة |
| Multi-Homing | المرونة بأخذ أكثر من عنوان لنفس واجهة التخاطب |
| Multimode Terminals | الطرفيات متعددة الأنماط |
| Multi-Objectives Problem | مشكلة تعدد الأهداف |
| Multi-Operators Environments | البيئات متعددة المشغّلين |
| Multiplicative Exponent Weighting | تقنية التثقيل المتضاعف الأسي |
| Multi-RATs Environments | بيئات تقانات النفاذ الراديوي المتعدد |
| Network Address Translation | ترجمة عنوان الشبكة |
| Network-Centric | مركزية الشبكة |
| Next Generation Wireless Network | شبكات الجيل القادم اللاسلكية |
| Normalization | استنظام |
| Objective Function | التابع الغرضي (التابع الهدف) |
| Packet Loss Probability | احتمال فقد الرزم |
| Penalty | الغرامة |
| Periodical Discrete Epoch | فترة الانقطاع الدورية |
| Planning and Design | التخطيط والتصميم |
| Price | التكلفة |
| Profit Function | تابع الربح |
| QoS Constraints | قيود جودة الخدمة |
| Quality of Services | نوعية الخدمة المقدمة |

| | |
|---|---|
| Radio Access Technology | تقانة النفاذ الراديوي |
| Radio Resource Management | إدارة الموارد الراديوية |
| Reactive And Proactive Handoff | عمليات المناولة المتفاعلة والاستباقية |
| Received Signal Strength Indicator | مؤشر قوة الإشارة المستقبلة |
| Rejection | الرفض |
| Reliability | الوثوقية |
| Reliability Into Ber | الوثوقية في خطأ البت |
| Rescource Availability | توافر الموارد |
| Resources Monitoring | مراقبة الموارد |
| Response Time | زمن الاستجابة |
| Router | موجه |
| Satellite Networks | شبكات السواتل |
| Scheme | مخطط |
| Security | الأمن |
| Security Management | إدارة الأمن |
| Self-Optimizing And Self-Organizing Networks | الشبكات ذاتية التحسين والتنظيم |
| Service Level Agreement | مستوى الرضا عن الخدمة المقدمة |
| Service Set Identifier | معرِّف مجموعة الخدمات |
| Service Type | نوع الخدمة |
| Shapely Value | قيمة التشكيل |
| Shaping Parameter | معامل تشكيل |

| | |
|---|---|
| Signal to Interference Ratio | نسبة الإشارة إلى التداخل |
| Simple Additive Weighting | تقنية التثقيل الجمعي البسيط |
| Single Common Service With Probabilistic Demands | الخدمة المشتركة الوحيدة ذات الطلبات الاحتمالية |
| Stochastic Linear Programming | البرمجة العشوائية الخطية |
| Stochastic Programming | البرمجة العشوائية |
| Subjective Network Reliability | الوثوقية الشخصية للشبكة |
| Technique | تقنية |
| Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution | تقنية ترتيب التفضيلات باستخدام التشابه مع الحل المثالي |
| Technology | تقانة |
| Terminal Type | نوع الطرفية |
| Third Generation | الجيل الثالث |
| Throughput | معدل التدفق |
| Time-Division Duplex | الإرسال المزدوج باقتسام الزمن |
| Timelines | الجداول الزمنية |
| Ultra-Wideband | التقنية فائقة الاتساع |
| Underutilization | المستغَلة |
| Universal Mobile Telecommunication System | منظومة الاتصالات النقالة العالمية |
| User Equipment | طرفية المستخدم |
| User Preferences | تفضيلات المستخدم |
| User Preferred Price | السعر الأفضل للمستخدم |

| | |
|---|---|
| User Priorities | أولوية المستخدم |
| User-Centric | مركزية المستخدم |
| Utility Function | التابع الخدمي |
| Vector of Factor Prices and Factor Demands | معاملات العرض والطلب |
| Vertical Handover | المناولة الشاقولية |
| Weighted Average Method | طريقة التثقيل المعدل |
| Wireless Access Point | نقطة نفاذ لاسلكية محلية |
| Wireless Fidelity | الواي فاي |
| Wireless Local Area Network | الشبكة المحلية اللاسلكية |
| Wireless Metropolitan Area Networks | الشبكة اللاسلكية المدنية |
| Wireless Personal Area Network | الشبكة اللاسلكية الشخصية |
| Wireless Radio Access Network Selection | اختيار شبكة النفاذ اللاسلكية المثلى |
| Wireless Regional Area Network | الشبكة اللاسلكية الإقليمية |
| Wireless Wide Area Network | الشبكات اللاسلكية واسعة الامتداد |
| Working Group | مجموعات العمل |
| Worldwide Interoperability For Microwave Access | التوافق العالمي للنفاذ بالأمواج الميكروية |

# المنشورات (Publications)

**جرى نشر نتائج هذا البحث في مؤتمرين هما:**

**1-** A. Gharsellaoui, M. K. Chahine, G. Mazzini, **"Optimizing Access point Selection in Wireless Local Area Networks,"** *International Conference on Communications and Information Technology (ICCIT),* Jordan, Aqaba, 2011.

**2-** A. Gharsellaoui, M. K. Chahine, G. Mazzini, **"Optimizing Radio Access Network Selection in WLAN and 3G Networks,"** *The Second International Conference on Communications and Information Technology (ICCIT),* Hammamet, Tunsia, 2012.

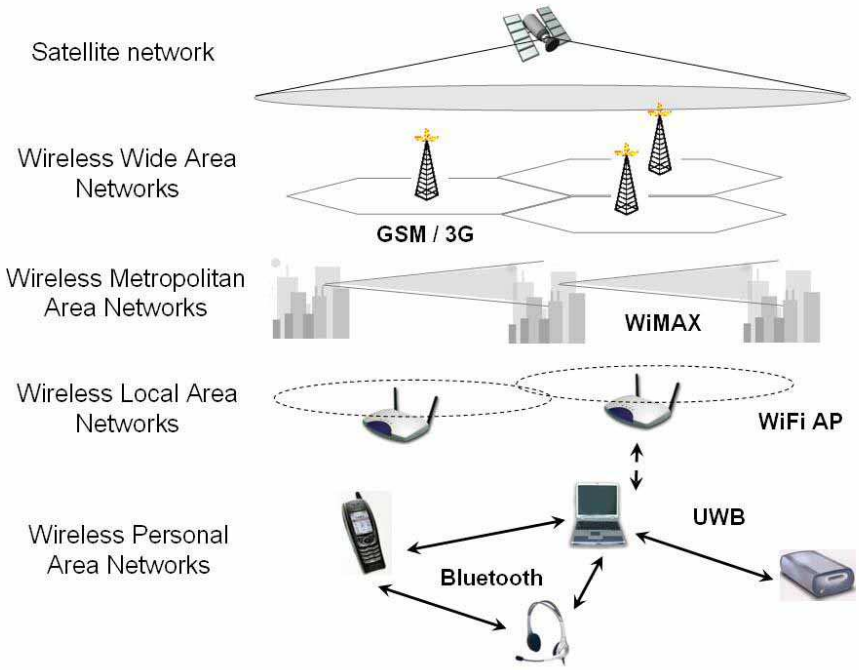
# مقدمة عامة

# General Introduction

## 1. مشكلة البحث

تشتمل منظومات الاتصالات اللاسلكية الحديثة على منظومات خَلَوِية Cellular، وشبكات مختلفة مثل شبكات لاسلكية محلية Wireless Local Area Network (WLAN)، وشبكة التوافق العالمي للنفاذ بالأمواج المِكروية Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX). ويطلق على مجمل هذه الشبكات اسم الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة Heterogeneous Wireless Networks (HWNs) [1]، تتداخل مناطق تغطية الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة، مما يسمح بتوافر وتقديم أنواع عديدة من الخدمات اللاسلكية المختصة بتلبية متطلبات المستخدمين وبطريقة فعالة من حيث التكلفة.

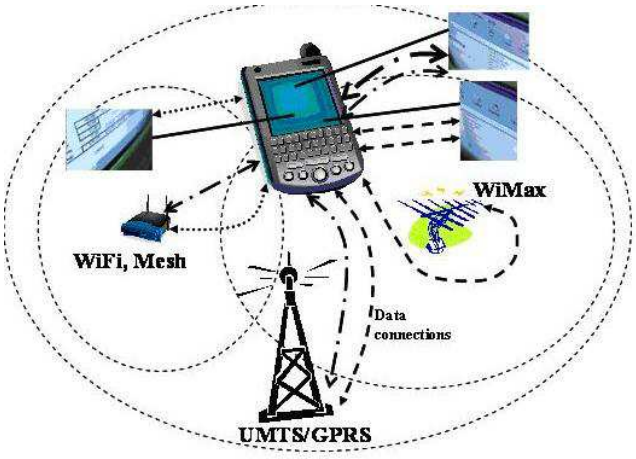
يبيّن الشكل (1-1) الأنواع المختلفة من الشبكات اللاسلكية التي يمكن أن تتوافر في محيط المستخدم.




**الشكل (1-1) التغطية المتداخلة للشبكات اللاسلكية غير المتجانسة [2].**

يوضح الشكل (1-2) من جهة أخرى استخدام معظم الأجهزة الطرفية اللاسلكية الحديثة لتقنيات متعددة من واجهات التخاطب اللاسلكي، ومن الواجهات اللاسلكية الأكثر شيوعاً اليوم، تقانة البلوتوث Bluetooth ،

والواي فاي (Wi-Fi) Wireless Fidelity، وخدمة الراديو الرزمي العامة General Packet Radio Service (GPRS) [3].




**الشكل (1-2) تعدد واجهات التخاطب للأجهزة الحديثة [4].**

وبذلك يتمتع المستخدمون بقدرة الانتقال السلس بين الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة (HWNs) المتوافرة بجواره. إنَّ الطرق والآليات المتبعة في إدارة الموارد الراديوية Radio Resource Management (RRM) للشبكات اللاسلكية موجهة فقط للتعامل مع تقانات النفاذ الراديوية الإفرادية، ويستطيع المستخدم بواسطتها الدخول إلى تلك التقانة دون غيرها، أما التعامل مع شبكات فرعية محتملة فيجري بشكل مستقل. تتطلب الحاجة الملحة لدعم التطبيقات المختلفة والخدمات المتنوعة وشمولية مساحة التغطية في الشبكات غير المتجانسة HWN، مزيداً من التقنيات الذكية لإدارة الموارد الراديوية لضمان التناسق بين مختلف تقانات النفاذ الراديوية Radio Access Technologies (RATs).

## 2. الدراسات المتعلقة بالبحث

تُصنف إدارة الموارد الراديوية، التي تُمكّن من إدارة تقانات النفاذ الراديوية المتعددة في الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة، عادةً إلى فئتين [5]: الأولى الإدارة المحلية للموارد الراديوية Local RRM (LRRM)، ومن هذه الشبكات: Wi-Fi و UMTS و WiMAX، والثانية الإدارة التقليدية للموارد الراديوية Common RRM (CRRM). كما يمكن تصنيف إدارة الموارد الراديوية في صنفين [6]: الأول الإدارة التقليدية للموارد الراديوية (CRRM)، والثاني الإدارة المشتركة للموارد الراديوية Joint RRM (JRRM). وقد اقتُرحت بنية الإدارة التقليدية CRRM من قبل (3GPP) لضمان التشاركية بين شبكة UMTS وشبكة المنظومة الشاملة للاتصالات النقالة Global System for Mobile communications (GSM)، ومن المجدي مواءمة مختلف كيانات RRM لكل تقانة من تقانات النفاذ. أما آلية الإدارة المشتركة JRRM فهي آلية شبيهة بآلية الإدارة التقليدية CRRM إلا أن عملها لايقتصر على التنسيق بين شبكتي GSM و UMTS، بل يطورها بإضافة ميزات وخوارزميات أخرى. وتُعنى كلتا الآليتين JRRM وCRRM باستخدام بعض الآليات الحديثة في إدارة الموارد الراديوية، مثل اختيار شبكة النفاذ Access Network Selection (ANS)، والتحكم بالقبول المشترك Joint Admission Control (JAC)، وتحكم الازدحام المشترك Joint Congestion Control (JCC)، والتحكم المشترك بالجدولة Joint Scheduling Control (JSC)، وعملية المناولة الشاقولية Vertical Handover (VHO).

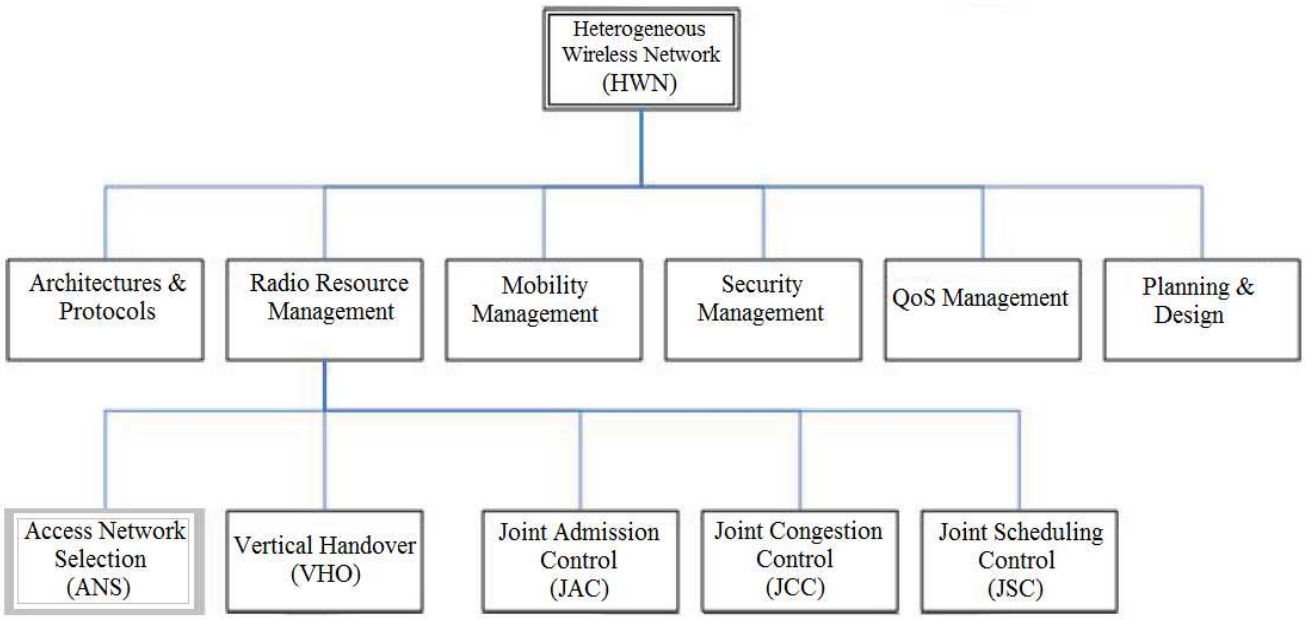
## 3. محور البحث

لما كان المطلوب هو تلبية احتياجات مستخدمي الخدمات النقالة، مثل حرية التجوال والنفاذ بشكل سلس إلى مجموعة واسعة من الخدمات اللاسلكية، وبما يضمن استمرارية الاتصال وجودته، كان لابد من العمل على إيجاد أفضل الطرق للجمع بين المنظومات اللاسلكية المختلفة بما يحقق النفاذ إلى أية خدمة متوافرة لتلك الشبكات في أي وقت ومن أي مكان. ومن هذا السياق يتبيّن أنه لابد من إيجاد مقترح مناسب لحل مسألة التعاون المشترك بين تلك الشبكات غير المتجانسة [7].

## 4. الطريقة المقترحة لحل مشكلة البحث وميزاتها

ركزّنا في هذا البحث على آلية اختيار شبكة النفاذ ANS التي يجري الحصول بواسطتها على الطريقة المناسبة للدخول إلى الشبكة، مع الأخذ بالحسبان عوامل عديدة منها: الطرق المتوافرة للدخول إلى الشبكات والتي تؤمنها طرفية المستخدم، وجودة الخدمة المقدمة Quality of Service (QoS)، وسياسات مشغّلي الشبكات، وتفضيلات المستخدمين، ومدى الاستفادة من المنظومات وسعتها.

تعتمد الطريقة المقترحة على بناء منظومة تتغلب على المشاكل الموجودة في مسألة اختيار شبكة النفاذ، وتعتمد على خوارزميات طورناها ونفذناها. وتمتاز هذه الطريقة أيضاً بقدرتها على التوسع والتكامل مع مختلف تقنيات الاتصالات غير المتجانسة، كما تمتاز ببعدها العملي التطبيقي الذي يتلائم مع الأعداد الكثيرة للمستخدمين. يبيّن الشكل (1-3) توضيحاً لنطاق البحث وحدوده بالنسبة لمجموع الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة.




**الشكل (1-3) نطاق البحث بالنسبة لبيئة الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة [6].**

## 5. مخطط الأطروحة

يتكون البحث من خمسة فصول، يضاف إليها الخلاصة والدراسات المستقبلية والملاحق. يتناول الفصل الأول المقدمة العامة للبحث، التي تبرز أهمية البحث ومشكلة تعدد البيئات اللاسلكية وما جرت دراسته في هذا المجال، وصولاً إلى الهدف من المشروع والذي يتمثل في إيجاد طريقة عملية قابلة للتطبيق، من أجل اختيار أنسب الشبكات اللاسلكية المحيطة بالمستخدم. يعرض الفصل الثاني لشبكات الجيل القادم اللاسلكية وخصائصها، وأنماط الأجهزة المستخدمة، وأهمية الموارد الراديوية التي يُعدّ موضوع النفاذ إلى الشبكة من أهم عناصرها، حيث يشرح تحديات اختيار شبكة النفاذ وأطوارها ومعايرها والسمات المرغوبة فيها. ويتناول الفصل الثالث الأنواع الثلاثة لآليات اتخاذ القرار. أما الفصل الرابع فيقدم بنية الطريقة المقترحة لاختيار شبكة النفاذ، والعلاقات الرياضية المطورة. يعرض الفصل الخامس لبعض الاختبارات العملية، والنتائج، ومن ثُمَّ تحليلها بواسطة مخططات بيانية توصف العلاقة بين هذه النتائج. وأخيراً، تبرز الخلاصة أهمية البحث وما تم التوصل إليه من نتائج مرجوة، وما يترتب عليه من آفاق دراسية مستقبلية، كما أرفقَ بالأطروحة بعض الملاحق التي تساعد على شرح التجارب ونتائجها.

# الفصل الأول

# تحليل الدراسة

# Problem Study and Analysis

## 1.1. أهمية البحث

أدى النقص في الموارد الراديوية ضمن الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة HWNs، ومحدودية المجالات الترددية العاملة، إلى الحاجة الملحة لتصميم إطار شامل يضم تلك الموارد المحدودة ويعمل على إدارتها بأنسب شكل ممكن. ومن هنا برزت مهمة إدارة الموارد الراديوية RRM التي تشرف على توزيع الموارد الراديوية وتقسيمها بين المستخدمين بشكل عام، أو بين أصناف المستخدمين بصورة خاصة، ليعود ذلك بالنفع على مشغّلي الشبكات بما يضمن رضا المستخدمين في الوقت ذاته [8].

لم تحظ مسألة اختيار شبكة النفاذ ANS بأولوية كبيرة، رغم كونها من أهم العناصر المكوّنة لبنى الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة HWNs. ولم تستثمر معظم الخوارزميات ذات الصلة [9] بصورة فعالة الخصائص المميزة التي تقدمها بيئة الشبكات متعددة المعايير multi-criteria، والتي كان من الممكن أن تعطي أداء أفضل من أداء خوارزميات المعيار الوحيد، حيث أن الخوارزميات ذات المعايير المتعددة تسعى للتكامل والمرونة بين مختلف المعايير. ولن يكون كافياً الاعتماد في اختيار شبكة النفاذ ANS على معيار واحد أو حتى اثنين، لأن ذلك لا يؤدي إلى النتائج المرغوبة، إذ سيقود الاعتماد على معيار وحيد مثل قوة الإشارة المستقبلة ببساطة إلى الازدحام عند نقط النفاذ، وعدم رضا العديد من المستخدمين، واستغلال سيئ للوصلات ضمن الشبكات اللاسلكية واسعة الامتداد WWAN، وغيرها. ويعود أساس هذه المشكلة في الإدارة إلى معالجة مسألة إدارة الموارد الراديوية RRM لكل منظومة شبكة بشكل منفصل عن باقي الشبكات.

كما لم تُعرِّف الخوارزميات ذات المعايير المتعددة مسألة اختيار شبكة النفاذ ANS بأنها مسألة متعددة الأطراف، حيث نجد العديد من الأطراف الفاعلة ومنها: مشغّلي الشبكة، والمستخدمين، وطبيعة نقاط النفاذ، والتطبيقات المستخدمة. وتختلف الأطراف عن بعضها من حيث أسلوب التحكم وانتقاء الشبكة المناسبة، فما يناسب طرف ليس بالضرورة مناسباً للطرف الآخر، فلكلٍ محدداته الخاصة التي يركز عليها أثناء القياس، ولا توجد طرق جيدة لإعطاء التثقيل المناسب للمعايير المختلفة.

أما عن تطبيق أدوات الذكاء الصنعي Artificial Intelligence (AI)، أو أدوات التكيّف [6] فهي لم تُستغَل لحل مسألة من هذا النوع، ولا تَستغِل الخوارزميات الحالية المعلومات البشرية المتراكمة المفيدة حول مدى

حساسية موسطات ANS بالنسبة للخصائص المختلفة في بنية HWN، وأما بالنسبة للخوارزميات المعتمدة على الذكاء الصنعي فتعاني من ضعف في تحديد مجالات القياس، وتعاني أيضاً من المشاكل المعقدة التي تظهر في حال زيادة عدد التقنيات المستخدمة في الدخول للشبكات أو في حال زيادة عدد الموسطات.

ولا توجد قواعد صريحة وواضحة يخضع لها كلاً من المستخدمين ومشغّلي الشبكات، حيث تُعالَج الخوارزميات إما اعتماداً على النهج المرتكز على الشبكة network-centric [10,11]، أو على النهج المرتكز على المستخدم user-centric [12]، أو على النهج التعاوني collaborative approach [13,14].

ولا تقدم المنظومات المقترحة الحالية إطار لبُنية حقيقية قابلة للاستخدام من قبل آليات الاختيار بما يتناسب وطبيعة البيئات المختلفة، وأما السيناريوهات المقترحة فهي غير واقعية أي لايمكن تطبيقها في الواقع العملي، أو أنها بنى غير موجودة في هيكلية الشبكات غير المتجانسة HWN، ولا تراع بشكل موضوعي العلاقة بين الشركاء والمتنافسين من المشغّلين لتلك الأنواع من الشبكات، وبالمحصلة لا توجد حتى الآن حلول عملية قابلة للتطبيق في مجال اختيار طريقة النفاذ إلى الشبكة.

حتى أن بعض المنظومات تعجز عن التفريق بين البدء بعملية الاختيار من أجل النفاذ إلى الشبكة ANS وبين الاختيار من أجل عملية المناولة، بالرغم من أن للعمليتين اختلافات واضحة من حيث الموسطات ومن حيث محددات تقييم الأداء. وهناك بعض المنظومات التي لا تميز بين اختيار شبكة ANS وبين التحكم بالقبول المشترك JAC التي تشكل خطوة متقدمة من تخصيص الموارد الراديوية أثناء عمليات المناولة لتقانة النفاذ الراديوي المنتقاة من قبل خوارزمية اختيار شبكة النفاذ.

وللحصول على إطار ملائم، كان على مشغّلي الشبكات اتخاذ بعض الإجرائيات المساعدة على التقريب بينهم وبين المستخدمين ليكونوا جنباً إلى جنب، وتمكين أجهزتهم الطرفية من اتخاذ الإجرائيات المرضية للطرفين. وقد استحوذت مسألة اختيار شبكة النفاذ على اهتمام واسع، وذلك بسبب السعي إلى مكاملة جميع منظومات الاتصالات، ولم تنجز حتى الآن الدراسة الوافية في مجال اختيار شبكة النفاذ.

## 2.1. أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى التوفيق بين شبكات الاتصالات اللاسلكية غير المتجانسة (HWN) وكذلك التوفيق بين تلك الشبكات ومستخدميها، بوساطة السعي لابتكار آلية قابلة للقياس، تملك من المرونة مايجعلها تتكيف مع البيئات غير المتجانسة. وتسمح الآلية المقترحة للمستخدم بالمفاضلة بين الشبكات اللاسلكية المتوافرة في محيطه ثُمَّ اختيار شبكة النفاذ الملائمة لكلا الطرفين المستخدم ومشغل الشبكة، ومن ثُمَّ الوصول إلى خوارزميات تحقق أقصى متطلبات المستخدمين وتؤمن النفع للمستثمرين، والارتقاء أيضاً بمستوى الخدمة المقدمة والاستغلال الأنسب لتلك البيئات اللاسلكية غير المتجانسة. ولتحقيق هذه الأهداف كان لابد من العمل على:

- الحفاظ على جميع المكونات السابقة للشبكات غير المتجانسة بما تحويه من بروتوكولات خاصة بالنفاذ ونقل البيانات، أي عدم المساس ببنية الشبكات، والاستفادة من القدرات التي توفرها تلك الشبكات.
- تحليل آليات اختيار شبكة النفاذ ANS المطروحة سابقاً ووظائفها، وتوصيف متطلبات الحلول لهذه الآليات وخواصها وتعقيداتها.
- تشكيل إطار عام قادر على تفكيك المنظومات المقترحة إلى مراحل، ليجري تحديد المهمة المطلوبة في كل مرحلة على حدة.
- تأسيس قواعد حقيقية يتَّبعها المستخدمون ومشغلو الشبكات على حد سواء، وقادرة على التعامل مع الخصائص والأنماط المختلفة للشبكات غير المتجانسة، وتساعد على تشكيل حلول شاملة لمسألة ANS وقابلة للتطبيق عملياً.
- تطوير مجموعة من الخوارزميات الجديدة وتطبيقها، تعتمد على إطار يشمل معظم نقاط الاختلاف، وتقوم على التمييز بين عملية اختيار شبكة النفاذ الأولي ANS وبين الاختيار أثناء عملية المناولة الشاقولية VHO.
- برهنة الخوارزميات المقترحة في المنظومة وتطبيقها بواسطة إنشاء أدوات برمجية تقوم بالبحث والمساعدة في مسألة ANS.

- تقييم الخوارزميات المقترحة وبرهنة فعاليتها في إرضاء المستخدمين والنفع العائد على مشغّلي الشبكة وأيضاً جودة الخدمة المقدمة.

وحيث أن التركيز في الطريقة المقترحة ينصب على اختيار الشبكة المناسبة، يتوجب قياس أهم المحددات المشتركة بين تلك الشبكات مثل (سرعة التحميل وتأخير الخط وقوة الإشارة)، ثُمَّ إرسال هذه المعلومات إلى مخدم مساعد تكون وظيفته المساعدة في إجرائيات القياسات وانتخاب الشبكة الأمثل، وإبلاغ المستخدم لإجراء الاتصال بواسطتها. ولا تتميز هذه المنظومة في عدم الانجرار نحو إعادة البناء في بنية الشبكات فحسب، بل تتميز بالقدرة على مجاراة التقدم في بنى الشبكات فهي قابلة للتصعيد والتكامل مع الشبكات التي قد تظهر في المستقبل. ويضاف إلى ميزاتها التوفيق بين المستخدمين وبين مشغّلي الشبكات، أي عدم استحواذ طرف على صنع القرار، بل تعاون المستخدم والمخدم الموجود عند المشغل على اتخاذ القرار الملائم بما يراعي مصلحة الطرفين.

## 3.1. حدود البحث ومنهجيته

اشتمل هذا البحث على عدة خطوات رئيسية؛ أولاها الدراسة النظرية لعدد كبير من الأبحاث ذات الصلة، وقد أُجريت هذه المراجعة من أجل معرفة مشكلة البحث وتوصيفها. كما أنها عرَّفت معظم الحلول والمقترحات الحديثة في هذا المجال، حيث انصب التركيز على دراسة آليات إدارة الموارد الراديوية وفهمها في البيئات غير المتجانسة وخصوصاً فيما يتعلق بمسألة اختيار شبكة النفاذ ANS. كما تضمنت الدراسة على اكتشاف نقاط الأعمال السابقة، والسعي نحو إيجاد سبل تتفادى تلك العقبات للوصول إلى الهدف من إجراء البحث. وكانت هذه الخطوة تجري بتحديث دائم مع الخطوات الأخرى بهدف عكس آخر التطورات المنفذة في هذا المجال والاستفادة منها في تطوير بنية البحث.

وتمثلت الخطوة الثانية في مراجعة المخططات والسيناريوهات المطبقة لمسألة اختيار شبكة النفاذ في بيئات الاتصالات غير المتجانسة، ومن ثُمَّ وضع إطار عام لبنية التطبيق التي تقوم بتحسين أداء الاختيار للشبكة.

ثُمَّ قمنا ببناء خوارزميتين جديدتين إعتماداً على الإطار الموضوع، وإدراج علاقة رياضية جديدة تساعد على تقييم الشبكات المتعددة المعايير، وطبّقنا الخوارزميتين بشكلهما المبدئي عند كل من المستخدم وطرف الشبكة (المخدم) باستخدام لغة برمجة مساعدة. كما جرى اختيار أهم المعاملات الفاعلة في الشبكات ليتم استخراجها أثناء عمل تلك الخوارزميات.

ثُمَّ أجرينا عدد من التجارب العملية من أجل تقييم الأداء، وقد جرت على مرحلتين، الأولى اختيار أحسن نقطة نفاذ لاسلكية محلية Wireless Access Point (WAP)، والثانية الاختيار بين إحدى نقاط النفاذ اللاسلكية مشاركة مع إحدى شبكات الجيل الثالث 3G، والذي نجم عنه تطوير العلاقة الرياضية لتصبح أكثر دقة وأفضل أداء، وأخذت الخوارزميتان المقترحتان في هذه المرحلة شكلهما النهائي. وتمت مقارنة مجموع الدراسات السابقة مع بعضها البعض ومقارنتها مع الدراسة المقترحة.

وتضمنت المرحلة الأخيرة من العمل كتابة بعض التقارير ونشر ورقة بحثية تعرض نتائج المرحلة الأولية للبحث. ووضعت بعض التصورات عن الأعمال المستقبلية الممكنة لتطوير هذا البحث.

## 4.1. الدراسات السابقة ومقارنتها مع دراسة البحث

يتألف إطار إدارة الموارد الراديوية من وظيفة أو أكثر من الوظائف الآتية: مراقبة الموارد Resources Monitoring؛ واتخاذ القرار Decision Making؛ وتطبيق القرار Decision Enforcement. ويتطلب إيجاد إطار فعال لإدارة الموارد الراديوية، وضع آلية لاتخاذ القرار ذات مستوى فعال. وقد جذبت هذه المسألة العديد من الباحثين مما أدى إلى ظهور العديد من الحلول المقترحة، وسنركز في بحثنا على إيجاد آلية عملية لاتخاذ القرار، حيث أنه لاتوجد منظومة عملية وشاملة تحقق هذا الهدف لتطبيقها في الإطار العام لإدارة الموارد الراديوية. وسنعرض فيما يأتي بإيجاز لأحدث المخططات النموذجية أو المقترحات التي قدمت في مجال معالجة إدارة الموارد الراديوية في بيئة الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة. اقترح الباحثون في [10] خوارزميتين الأولى لتخصيص عرض المجال الترددي، والثانية للتحكم بالدخول تعتمد على مبدأ لعبة الإفلاس bankruptcy game، ويشبَّه فيها تأسيس الاتصال كشركة مفلسة بينما يُشبَّه عرض المجال الترددي المطلوب

بالمال الواجب توزيعه بين مختلف الشبكات الدائنة. وهدف كل شبكة هو أن تعرض أقصى مجال ترددي ممكن للحصول على أكبر عائدات ممكنة من المستخدمين. حيث تتشارك كل نقطة نفاذ مع قريناتها في سبيل تلبية عرض المجال المطلوب. وقد استخدمت نظرية الألعاب Game Theory مؤخراً في وضع خطط لتخصيص المجالات الترددية وفي عملية الفوترة لأغلب الشبكات. ويقدم النموذج المعروض في [10] حلاً مستقراً (الرضا للأشخاص المتصلين) إذا كان الحل مركزياً، الأمر الذي لايتحقق في أغلب الأحيان. وماتزال كيفية تحقيق التكامل بين المجالات الترددية غير واضحة وكذلك كيفية تطبيق هذا التكامل في سيناريو حقيقي يشمل الشبكات الراهنة. واقتصر مضمون [10] أو [11] على نتائج حسابية فقط من دون أن تكون هناك أية محاكاة حقيقية أو نتائج حسابية مستمدة من تجارب حقيقية.

وعند توافر بعض المعلومات الدقيقة عن جودة شبكات النفاذ، وبالاستعانة بالدعم التقني المقدم من المعيار IEEE 802.21 كما هو مذكور في [12]، فإنه من المحتمل تجميع هذه المعلومات في آلية ديناميكية لاتخاذ القرار تسعى لتخفيض التكلفة في كل شبكة على حدة (ويُعدّ هذا الأمر محفزاً لمستخدمي الأجهزة المحمولة).

واستخدم الباحثون في [13] مفهوم التابع الغرضي (التابع الهدف) Objective function في تطبيقهم لمسألة اختيار شبكة النفاذ ضمن بيئة الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة، حيث استخلصوا قيم الدخل من ثلاثة مصارد. الأول هو بيانات المستخدمين: وهي نقاط النفاذ Access Points (APs) المحيطة بهم ومستوى إشاراتها، إضافةً إلى الخدمات المطلوبة ومدى التأخير المسموح به، أما المصدر الثاني فهو بيانات الشبكة مثل عرض المجال الخاص بكل نقطة من نقاط النفاذ والتأخير الحاصل في المسار بين الموجه router والشبكة الأساسية. في حين يتمثل المصدر الثالث في سياسات الشبكة المستخدمة مثل التكلفة والتوافقية والثقة والتفضيلات. وأخيراً وبمساعدة كل المعاملات وتثقيلاتها يجري تكرار الخوارزمية لحساب أعلى مستوى للتابع الغرضي بحيث يحقق أفضل قيمة للتخصيص الترددي لمجمل الشبكة.

واقترح المؤلفون في [14] خوارزمية خاصة باختيار المسار للمستخدمين الذين يملكون واجهات تخاطب ذات عناوين متعددة multi-homed end-hosts وقد بنيت الخوارزمية اعتماداً على تقنية ترتيب التفضيلات بالنسبة للتشابه مع الحل المثالي Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) . واستحصل المؤلفون على المعاملات اللازمة من مصدرين، الأول على مستوى الشبكة، وهي معاملات جودة

الخدمة وتضم عرض المجال الترددي والتأخير والتشتت وخطأ البت، وأما المصدر الثاني فعلى مستوى التطبيق، ويمثل درجة النقل، وتضم نقل المحادثة ونقل البث المباشر والنقل التفاعلي والنقل الخلفي background. وقد طُبقت تقنية TOPSIS هنا في اختيار المسار لنقاط النفاذ التي تحقق حرية أكبر في التجول لدى المستخدم.

## 5.1. الخاتمة

سنقوم في النهاية بعرض الدراسات السابقة بشكل مختصر لمقارنتها ثُمَّ نجري مقارنة لها مع العمل المقدم في هذا المشروع.

يبيّن الجدول (1-1) مقارنة بين الآليات السابقة لاختيار شبكة النفاذ مع توضيح الخصائص لكل منها:

**الجدول (1-1) مقارنة وتلخيص الخصائص لمختلف آليات اختيار شبكة النفاذ.**

| التقنية | المحددات | الإجرائية | المخرجات | نمط الحل | التخصيص المشترك |
|---|---|---|---|---|---|
| البرمجة العشوائية الخطية SLP | التخصيص الترددي ومتطلبات المستخدم ومدى الاستغلال والرفض | 1- الربط المتنبئ به على أساس متطلبات المستخدم<br>2- العلاقات المتغيرة<br>3- مفهوم SLP | يحدث التخصيص الترددي في كل شبكة على حدا | مركزية الشبكة | محقق |
| نظرية الألعاب Game Theory | توافر عرض المجال الترددي في كل شبكة على حدا | 1- تحديد عرض المجالات الترددية المتوافرة<br>2- حساب القيم الحدية لها<br>3- التحقق من مركز الاستقرار | تخصيص عرض المجال الترددي | مركزية الشبكة | محقق |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| الخدمة المتناقصة degradation utility | عرض المجال الترددي المحرر و عدد النقاط الضائعة للميزات | 1- حساب نسبة عرض المجال الترددي المحرر إلى عدد النقاط الضائعة للميزات لكل اتصال على حدا<br>2- إيجاد القيمة الأعظمية | الاتصال ذو الفائدة الكبرى | مركزية الشبكة | ليس محقق |
| العملية التراتبية التحليلية وعملية التحليل العلاقاتي الرمادي AHP & GRA | حالة الشبكة ومتطلبات المستخدمين | 1- التحليل التراتبي لمتطلبات المستخدم<br>2- التحليل الرمادي لظروف الشبكة.<br>3- حساب المعامل الرمادي العلاقاتي GRC | تصنيف الشبكات حسب معامل التدرج الخاص بكل منها | مركزية المستخدم | غير محقق |
| فائض الزبون Consumer Surplus | مدى الاستفادة من قدرة الشبكة وتسعيرتها | 1- الفرق بين وحدة التنبؤ وبين التسعيرة لكل شبكة على حدا<br>2- إيجاد القيمة العظمى | انتخاب الشبكة التي تحقق أعلى قدر من الفائدة | مركزية المستخدم | غير محقق |
| تابع الربح Profit function | الربح في عرض المجال والتكلفة في عملية التسليم | 1- حساب الفرق بين الربح في عرض المجال والتكلفة في عملية التسليم لكل شبكة على حدا<br>2- إيجاد القيمة العظمى | أكثر شبكة مناسبة لعملية التسليم | مركزية المستخدم | غير محقق |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| المتحكم المنطقي الترجيحي Fuzzy logic controller FLC | معدل نقل البيانات ونسبة الإشارة إلى الضجيج ومعدل البيانات التي يتطلبها التطبيق | 1- التوزيع العشوائي<br>2- الاستدلال العشوائي<br>3- إلغاء التوزيع العشوائي | التصنيف الملائم بكل شبكة على حدا | مركزية مشتركة | غير محقق |
| التابع الغرضي Objective function | محددات الجودة والسياسات المتبعة لدى مشغل الشبكة | 1- حساب مجموع الدخل مضروباً بالأوزان الخاصة لكل شبكة<br>2- إيجاد القيمة العظمى | تخصيص الخدمات لنقاط النفاذ والمحطات الطرفية | مركزية مشتركة | محقق |
| مفهوم تقنية ترتيب التفضيلات باستخدام التشابه مع الحل المثالي TOPSIS | معاملات جودة الخدمة ومستوى النقل | 1- تعديل قيم البيانات ووضعها في مصفوفات خاصة<br>2- ضرب قيم البيانات بالأوزان ذات العلاقة<br>3- حساب النقطة الأمثل والنقطة الأسوء وحساب المسافات التي تفصل باقي النقاط عن هاتين النقطتين<br>4- اختيار الحل الأفضل | أفضل مسار من بين المسارات المتوافرة | مركزية مشتركة | غير محقق |

أما بالنسبة للعمل في هذا البحث فهو يستقي بعضاً من المفاهيم الخاصة بالأبحاث السابقة ولكن بطريقة قابلة للتطبيق وقابلة للتكيّف مع الاختلافات الموجودة حالياً في الشبكات اللاسلكية.

أما الجدول (1-2) فهو يبيّن أهم خصائص الطريقة المقترحة وفق ذات آلية المقارنة في الجدول (1-1).

**الجدول (1–2) خصائص الطريقة المقترحة لاختيار شبكة النفاذ المثالية وتقنيتها.**

| التقنية | المحددات | الإجرائية | المخرجات | نمط الحل | **التخصيص المشترك** |
|---|---|---|---|---|---|
| تحسين اختيار شبكة النفاذ Optimizing Radio Access Network Selection (OWAN) | تفضيلات المستخدم ومتطلبات التطبيق وقياسات الشبكة | 1– جمع المعلومات حول الشبكات المتوفرة وقياساتها ومتطلبات المستخدم<br>2– حساب القيمة المعيارية لكل مسار من مسارات الشبكات المتوفرة<br>3– إيجاد القيمة العظمى | نقطة النفاذ للمسار الأمثلي | مركزية مشتركة | محقق |

# الفصل الثاني

# شبكات الجيل القادم وإدارة الموارد الراديوية

# Next Generation Networks

# &

# Radio Resource Management

## 1.2. مقدمة

يتناول هذا الفصل أهم الأسس المتعلقة بمسألة اختيار الشبكة المناسبة والأدوات الممكنة التي تساعد على ذلك، ويبدأ الفصل باستعراض الخصائص الأساسية لشبكات الجيل القادم اللاسلكية Next Generation Wireless Network (NGWN) بشكل مختصر، كما يقوم بعرض خصائص الطرفيات متعددة الأنماط Multi Mode Terminal (MMT)، ثُمَّ يستعرض الآليات الأساسية المستخدمة في إدارة الموارد الراديوية RRM، والأطوار التي تمر بها عملية اختيار الشبكة المناسبة، كما يصف المتطلبات العامة والتحديات التي تقف أمامها.

## 2.2. شبكات الجيل القادم اللاسلكية

يقدم هذا القسم الأسس النظرية الخاصة بشبكات الجيل القادم اللاسلكية NGWN ، منها: الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة HWN، وشبكات الجيل الرابع 4G، وشبكات مابعد الجيل الثالث Beyond 3G (B3G).

### 1.2.2. خصائص شبكات الجيل القادم اللاسلكية

تُعرّف شبكات الجيل القادم اللاسلكية بأشكال متنوعة، ولعل أكثرها انحيازاً للمستخدم هو التعريف الآتي [15]: مجموعة الشبكات اللاسلكية الحديثة التي تسمح للمستخدم الاتصال مع أي مستخدم آخر في أي مكان وفي أي زمان، أو الحصول على أي خدمة من الخدمات التي يقدمها أي من المشغّلين الموجودين بواسطة أي شبكة محيطة مقدمة لهذه الخدمة، وبما يحقق التوافق الأمثل بين متطلبات المستخدم وما يمكن توفيره من الأداء الأمثل الشبكة.

تتعامل بعض شركات الاتصالات مع شبكات اتصالات الجيل القادم اللاسلكية، على أنها امتداد للجيل السابق، والمقصود هنا الجيل الثالث. في حين يركز التعريف الذي تبنته المفوضية الأوروبية European

Commission (EC) على سلاسة الاتصال، واستمراره عبر المنظومات اللاسلكية المتعددة، وتوصيل الخدمة بأفضل الطرق بواسطة أفضل الشبكات المتوافرة كفاءة للمستخدم [16].

ويمكن من خلال التعاريف المختلفة استخلاص الخصائص الرئيسية التي يُنتظر من شبكات الجيل القادم اللاسلكية تحقيقها وهي:

- دمج تقانات النفاذ الراديوية المختلفة RATs ( مثل:WWAN وWLAN وWMAN وWPAN ) في شبكة واحدة، وتحقيق التكامل فيما بينها.
- الاعتماد على بروتوكول الانترنت وضمان جودة الاتصال بين النهايتين.
- تقديم مجموعة كبيرة ومتنوعة من الخدمات لجميع المستخدمين في أي زمان وفي أي وقت ومن أي جهاز بسعر مناسب وآلية فوترة موحدة.
- دعم معدلات النقل العالية التي تتطلبها الوسائط المتعددة وتتراوح Mb/s [10-100]، وتصل إلى 1000 Mb/s داخل الأبنية.
- ضمان التجوال مع المرونة في نقل الخدمة بوجود دعم كامل لمختلف أشكال المناولة الشاقولية.
- تحقيق المكاملة بين منظومات الملاحة ومنظومات الاتصالات، بغية تقديم مجموعة من الخدمات المتنوعة مثل (تحديد الموقع والحالة أو الخدمات حسب الطلب)، إضافة لدعم آليات متطورة لإدارة موارد الشبكة والتجوال.
- دعم الخدمات الشخصية التي تمكن المستخدم من اختيار نمط الاتصال الذي يرغب باستخدامه وتوصيف الخدمات التي ستقدم له بناءً على تفضيلاته.

وتُعدّ شبكات الجيل القادم ذات طبيعة معقدة فيما يخص إدارة الموارد الراديوية، مما يتطلب إيجاد آليات جديدة لإدارة تلك الموارد، والاستفادة من الخصائص والميزات التي تقدمها تقانات النفاذ المستخدمة والخدمات المقدمة في أي وقت وفي أي مكان بما يعود بالنفع على المستخدم والشركة المقدمة للخدمة على حد سواء.

## 2.2.2. الطرفيات المتعددة الأنماط

تُعرف الطرفية المتعددة الأنماط [17] على أنها جهاز مستخدم User Equipment (UE) يدعم منظومة الاتصالات النقالة العالمية UMTS ( إما الإرسال المزدوج باقتسام الزمن Time-Division Duplex (TDD) أو الإرسال المزدوج باقتسام التردد Frequency-Division Duplexing (FDD) )، وقادر على دعم تقانة أو أكثر من تقانات الجيل الثاني (GSM أو CDMA أو GPRS أو غيرها)، في حين تدعم الطرفية وحيدة النمط تقانة واحدة من تقانات النفاذ الراديوية RATs. وهناك تعاريف لأنواع أخرى [17] منها النوع 1 والنوع 2 والنوع 3 والنوع 4. ويتعامل النوع 1 مع كل تقانة على حدة ويكون وحيد النمط (أي لا يقوم بالتعامل مع أي تقانة أخرى ولا حتى في المراقبة، طالما أنه في حالة فعالة مع إحدى التقانات)، ويعتمد المستخدم على نفسه في الاختيار بين التقانات. في حين تستطيع الطرفية من النوع 2 مراقبة إحدى التقانات أثناء تعاملها مع تقانة أخرى، لكنها لا تستطيع التعامل بشكل فعال من إرسال واستقبال للمعطيات مع تقانتين في آنٍ واحد. وبمقدور الطرفية من النوع 3 استقبال المعطيات من تقانتين بآنٍ واحد، إلا أنها لاتستطيع الإرسال إلا لتقانة واحدة، وتتعقد البنية المستخدمة في الطرفية عند الارتقاء من نوع لآخر. وأخيراً تستطيع الطرفيات من النوع 4 تحقيق تراسل المعطيات (إرسال واستقبال) بين أكثر من تقانتين بآن واحد، مما يفرض استغلال الامكانيات المتاحة في الطرفيات وصعوبة في عملية التنسيق والتكامل والتلاقي بين مختلف التقانات.

ويَصلُح التصنيف المعتمد لمختلف أنماط الطرفيات من قبل مشروع شراكة الجيل الثالث 3GPP، إنطلاقاً من مبدأ تلاقي التقانات وتكاملها من أجل خدمات الاتصالات الصوتية، ولكنه قد يكون غير قابل للتطبيق من أجل الخدمات الأخرى. فعلى سبيل المثال تستطيع الطرفية التي تملك تقانة 3G وتقانة WLAN استخدام الأولى في الاتصالات الهاتفية والثانية في تصفح مواقع الانترنت، دون تحقيق الدمج أو التكامل بين التقانتين. وسنعتمد في دراستنا على الطرفيات القادرة على دعم أكثر من تقانة بآنٍ واحد.

## 3.2. إدارة الموارد الراديوية لشبكات الجيل القادم اللاسلكية

تقدم الآليات المتبعة في إدارة الموارد الراديوية RRM في الشبكات الحالية اللاسلكية [18]، حلولاً تأخذ بالحسبان محدودية استخدام الموارد، ويجري التعامل مع التقانات الأخرى بشكل إفرادي ومستقل. وستدخل العديد من تقانات النفاذ الراديوية RATs الجديدة ضمن التطورات المتوقعة لشبكات الجيل القادم. وبهدف الاستفادة من خصائص تلك التقانات كان لزاماً تطوير آليات قادرة على التعاطي مع مجمل الموارد الراديوية المتاحة، وعلى دعم المستخدم في التعامل مع مختلف التقانات وربما بآنٍ واحد باستخدام جهاز نقال متعدد الأنماط. يوجد صنفان من إدارة الموارد؛ الأول هو الإدارة التقليدية للموارد الراديوية CRRM ويُعنى بإدارة الموادر الراديوية بصيغة تقليدية [19]، والثاني هو الإدارة المشتركة للموارد الراديوية JRRM ويُعنى بالربط بين تقانتين من تقانات النفاذ للشبكات اللاسلكية الحديثة أو أكثر في إطار إدارة الموارد الراديوية.

تعتمد الإدارة التقليدية للموارد الراديوية على تعاون مكونات البنية التقليدية فيما بينها في الصنف الأول CRRM. وقد اقترحت هذه البنية من قبل الفريق 3GPP للعمل من أجل التنسيق cooperate بين شبكات المنظومة الشاملة للاتصالات النقالة/خدمة الراديو العامة للرزم GSM/GPRS وشبكات منظومة الاتصالات النقالة العالمية UMTS [19]. وهذه البنية مسؤولة عن التنسيق بين وحدات النفاذ وإدارة الموارد الراديوية لها. أما الإدارة المشتركة للموارد الراديوية JRRM فقد اقترحها مشروعا IST SCOUT و TRUST [20,21]. وتشبه بنية هذا الصنف إلى حد ما بنية الإدارة التقليدية، إلا أنها تختلف معها من حيث عدم اقتصارها على شبكات GSM و UMTS، وتشتمل على خوارزميات أخرى وخواص إضافية.

ويقدم صنفا إدارة الموارد الراديوية فوائد عديدة [18,19]. كما يعود توافر تقانات النفاذ بالنفع على إدارة الموارد المِكروية، فعلى سبيل المثال يتحقق ربح عالي للمسارات بتنسيق الحمولة بين مختلف تقانات النفاذ، اعتماداً على حمولة الخط والتكلفة لكل منها [22]. وتبيّن نتائج استثمار شبكات النفاذ المختلفة تدني التكلفة المترتبة على إلحاق بعض المنظومات الفرعية (WLAN على سبيل المثال) بمنظومات رئيسية أخرى UMTS [23]. وتؤدي الطرفيات المحمولة متعددة الأنماط دوراً رئيسياً في الاستفادة من مثل هذه المنظومات الهجينة، حيث تدخل إلى نقاط النفاذ للشبكات المحلية اللاسلكية عندما تتواجد ضمن مجال تغطيتها، مستفيدة من تدني تكلفة خدمة مثل هذه المنظومات وتنتقل إلى المنظومات النقالة الرئيسية الأخرى عند عدم توافر تغطية من

الشبكات المحلية اللاسلكية، وقد بيّن ليو Liu [24] تزايد السعة بشكل كبير عند عمل منظومات UMTS جنباً إلى جنب مع نقاط تغطية منظومات WLAN، مقارنة مع عمل منظومات UMTS بمفردها. ويتعلق ازدياد السعة بنوع الخدمة المقدمة وبنسبة التغطية التي توفرها منظومات WLAN. وقد بيّن رامرز Ramrez [25] مدى فعالية خوارزميات التحكم بالقبول المشترك Joint Admission Control (JAC) في بنية الإدارة المشتركة للموارد الراديوية JRRM حيث يصل ربح تبادل البيانات إلى 60% (وحتى 80%) مقارنة مع المنظومات التي لا تعتمد البنية المشتركة. كما بيّن تلّي Tlli [26] ربح السعة الناجم عن تشارك الموارد من قبل عدة تقاطعات بين طبقات الشبكة. كما يفيد توزيع الحمل بين عدد من الشبكات في زيادة المرونة بشكل عام وخفض التكلفة [27]. وأخيراً أجرى باديا Badia في [28] مقارنة بين حلول المنظومات المعتمدة على التنسيق المشترك، والحلول التقليدية, وأثبت تحسينات كبيرة ناجمة عن قبول تقانات نفاذ مختلفة.

## 4.2. اختيار النفاذ إلى الشبكة

يُعدّ اختيار الشبكة أمراً أساسياً للحصول على اتصال أمثل، وهو ركن أساسي في تزويد معظم الخدمات الجديدة التي توفرها شبكات الجيل القادم اللاسلكية. ويدعى هذا الاختيار بالاختيار الأولي، لتمييزه عن الاختيار الذي يحصل عند التجوال والانتقال بين الشبكات للحصول على استمرارية الاتصال (الاختيار الشاقولي). ويجري الاختيار الأولي عند تعديل المستخدم لملفه الشخصي، أو عند اكتشاف شبكات جديدة ضمن مجال المستخدم. ومن الجدير بالذكر أن لكل من صنفّي الاختيار(الاختيار الأولي والاختيار الشاقولي) خوارزمياته الخاصة ونماذجه الخاصة. وسنركز دراستنا على الاختيار الأولي للشبكة، حيث سنستخدم مصطلح "اختيار شبكة النفاذ" Access Network Selection (ANS) للتعبير عن الاختيار الأولي لواحدة من الشبكات المحيطة مالم يذكر خلاف ذلك.

يُعدّ اختيار شبكة النفاذ من المسائل المحددة لشكل شبكات الجيل القادم اللاسلكية، وبيئتها. ويُعدّ الاختيار الأولي والأمثلي للشبكة عاملاً أساسياً في استقرار مجمل الشبكة، وفي استغلال جميع الموارد المتوافرة، وفي تحقيق متطلبات المستخدم، وفي تحقيق جودة الخدمة المطلوبة. وقد يسبب الاختيار العادي للشبكة بعض

المشاكل منها: استخدام موارد مرتفعة التكلفة، وضعف الاستفادة من الموارد نتيجة عدم توافر الخبرة الكافية، وتكون عملية الاختيار عادةً معقدة نظراً لتعدد الموسطات الواجب أخذها بالحسبان عند انتقاء أفضل شبكة من بين الشبكات المحيطة.

## 1.4.2. تحديات اختيار شبكة النفاذ

هناك العديد من التحديات عند اختيار شبكة النفاذ، نظراً لتعدد الموسطات إضافة لتعقيد خوارزمياتها، ومن أهم هذه التحديات:

- بيئات تقانات النفاذ الراديوي المتعدد Multi-RATs Environments

تعتمد شبكات الجيل القادم اللاسلكية على التنسيق والتعاون بين مختلف تقانات النفاذ غير المتجانسة للسماح للمستخدم بالنفاذ إلى المعلومات والخدمات في أي وقت وفي أي مكان وبأنسب تكلفة وبما يلائم مصلحة مزودي تلك الخدمات. إلا أن تباين خصائص الشبكات الراهنة مثل: التغطية, وتكامل الخدمات وقدراتها، والأمن ، والطاقة، وعرض المجال الترددي، والتأخير, يؤدي إلى تباين المعطيات حول حلول اختيار شبكة النفاذ وعدم دقتها.

- مشكلة تعدد المعايير Multi-Criteria Problem

يُعدّ اختيار شبكة النفاذ أمراً متعدد المحددات، نظراً لطبيعة الشبكات المشتركة، ويجب استغلال هذه الطبيعة للوصول إلى حلول تعتمد بشكل كلي على تعدد المعايير، تكون قادرة على إعطاء حلول أفضل من تلك التي تقدمها الخوارزميات المعتمدة على معيار واحد فقط. وتعود هذه الأفضلية إلى خاصية التكامل والمرونة التي يوفرها تعدد المعايير، ولا يكفي إدخال واحد من المحددات أو حتى اثنين في الخوارزميات المسؤولة عن اختيار شبكة النفاذ، لأن ذلك لا يكفي لانتقاء حل ملائم للمستخدم. فعلى سبيل المثال إذا اعتمد الاختيار فقط على محدد قوة الإشارة المستقبلة فإنه يؤدي وببساطة إلى ازدحام congested نقاط النفاذ، والاستغلال غير الفعال للوصلات المتوافرة في الشبكات الواسعة الامتداد

اللاسلكية WWAN، وعدم تلبية متطلبات كثير من المستخدمين، ومن ثُمَّ الوصول إلى نتائج غير مرغوب بها.

- مشكلة تعدد الأهداف Multi-Objectives Problem

يملك كل من المشغّلين والمستخدمين وشروط تقانات النفاذ والتطبيقات وجهة نظر خاصة حول إيجاد الحل المسؤول عن الاختيار الأولي، تسمح لهم بالسيطرة على عملية الاختيار. وتختلف المعايير المراد قياسها فيما بينهم، بحيث يفضل كل منهم معايير مختلفة عن معايير الطرف الآخر. وللتوصل إلى حل مناسب لجميع الأطراف ينبغي إيجاد حل قادر على تجاوز التعقيدات التي تظهر نتيجة تضارب مصالح جميع المشاركين في عملية الاختيار الأولي، وإعطاء كل جهة دورها بشكل عادل في تحقيق هذه العملية.

- البيئات متعددة المشغّلين Multi-Operators Environments

تتكون شبكات الجيل القادم اللاسلكية من تركيبة غير متجانسة من تقانات النفاذ والتي تمتلكها شركة أو أكثر. وينجم عن تعدد الشركات زيادة التنافسية أو حتى فرض التنسيق فيما بينها. وينبغي معالجة أمور كثيرة والاتفاق عليها فيما بين تلك الشركات ومنها: مدى التجوال، وطريقة الفوترة، وإجرائية التحقق من المستخدمين. ويجب أخذ هذه الأمور بالحسبان عند السعي للوصول إلى إيجاد حل مناسب لاختيار شبكة النفاذ، بحيث يكون مناسباً ويتغلب على التعقيدات الناشئة من وجود أكثر من شركة مشغلة لتقانات الاتصالات.

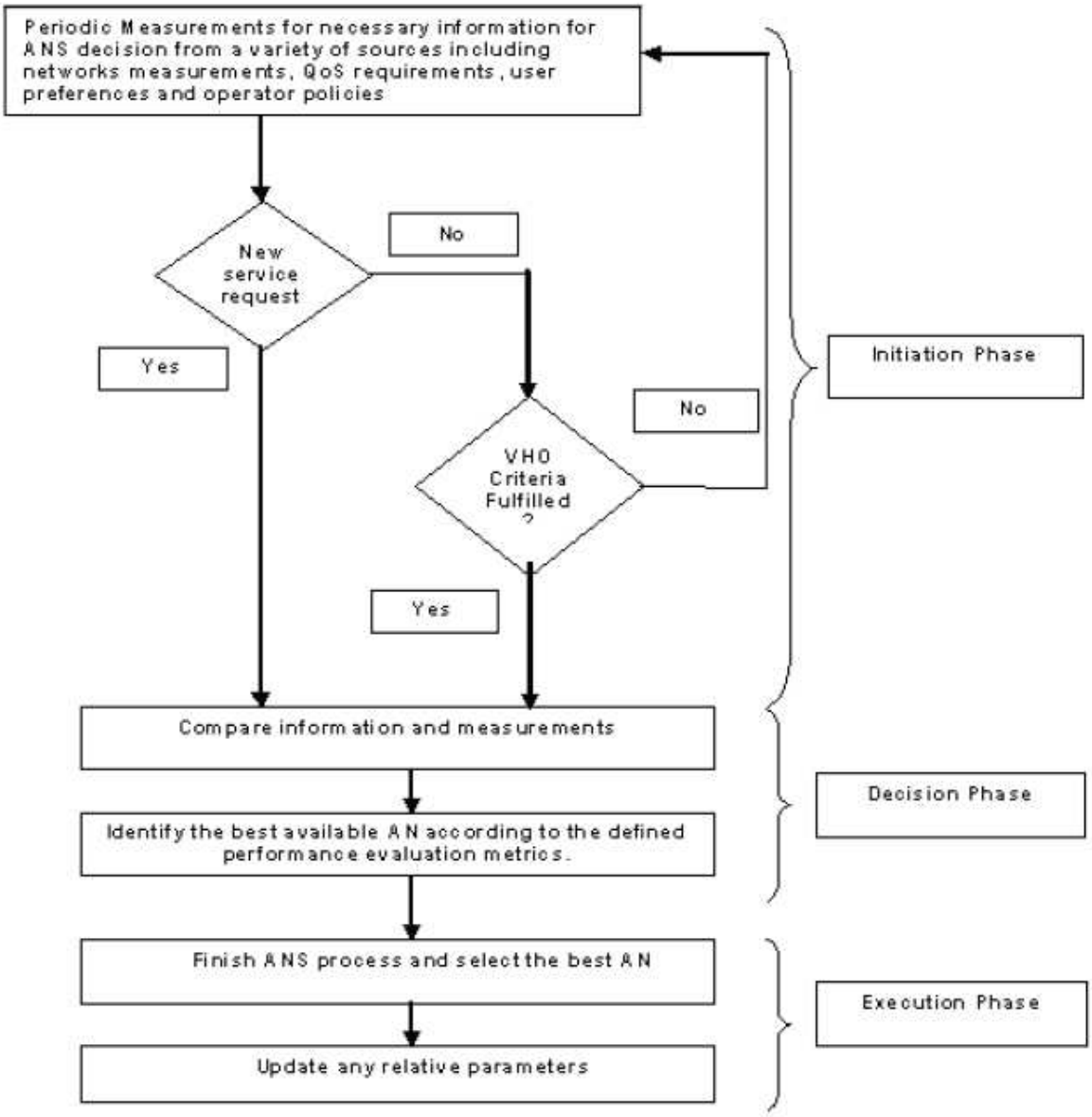
- الخدمات المعقدة Complex Services

تدعم شبكات الجيل القادم مجموعة واسعة من الخدمات، مع السماح للمستخدم باختيار الخدمات المقدمة لنظام التشغيل الخاص بجهازه، بما يتناسب ومتطلباته الشخصية. ومن ثُمَّ ستظهر مجموعة متنوعة من الخدمات لم تكن موجودة في الأجيال السابقة، وهي مختصة بموقع الجهاز أو وضعيته أو بالملف الشخصي للمستخدم، مما يفرض التوجه نحو تحقيق التكامل بين منظومات الاتصالات ومنظومات

الملاحة في الجيل القادم. ولهذه الخدمات المتنوعة متطلبات ومحددات جودة ذات عناصر غير متجانسة، مما يزيد من التعقيدات والصعوبات التي تواجه إيجاد حل لاختيار شبكة النفاذ.

## 2.4.2. أطوار اختيار شبكة النفاذ

يمكن تقسيم مراحل إيجاد الحل في اختيار شبكة النفاذ ANS إلى ثلاثة أطوار، الأول هو مرحلة الإقلاع، والثاني هو مرحلة اتخاذ القرار، والثالث هو مرحلة تطبيق القرار. ويجري التعرف إلى الحاجة لاختيار شبكة النفاذ ANS في مرحلة الإقلاع، ومن ثمَّ البدء في إيجاد حل لاختيار شبكة النفاذ ANS، وفي مرحلة اتخاذ القرار تنفذ مجموعة من المقارنات بين المعلومات والقياسات لعدد من الموارد مثل قياسات الشبكة ومتطلبات جودة الخدمة QoS، وتفضيلات المستخدم وسياسات المشغل، وتعطي هذه المقارنات توصيفاً لأفضل شبكة نفاذ AN متوافرة اعتماداً على تقييم أداء جميع المحددات السابقة. ويتمثل الغرض من مرحلة تطبيق القرار في اختيار أفضل نفاذ للشبكة AN, ومن ثُمَّ اختيار أفضل شبكة نفاذ ANS، وقد يجري في مرحلة التنفيذ تغيير الخلية أو تغيير الترميز أو التقانة المستخدمة أو الانتقال إلى شبكة أخرى أثناء عملية التسليم الشاقولي VHO تبعاً للترتيبات المستنتجة من مرحلة اتخاذ القرار. ويبيّن الشكل (2-1) الأطوار الثلاثة التي تمر بها عملية اختيار شبكة النفاذ.




**الشكل (2-1) الأطوار الثلاثة لعملية اختيار شبكة النفاذ [6].**

### 3.4.2. معايير اختيار شبكة النفاذ

لكل من المستخدمين ومشغّلي الشبكات والمتطلبات لجودة الخدمة QoS وظروف الشبكات معايير خاصة. ويمكن تصنيف أكثر المعايير تأثيراً في عملية الاختيار إلى قسمين رئيسيين هما: معيار المستخدم ومعيار مشغل الخدمة. ونتعرف عادةً على السياسات الخاصة بالمشغل من المعايير التي يطبقها، وعادةً ما تكون هذه المعايير غرضية التوجه وقابلة للقياس أو حتى مخزنة ضمن قواعد البيانات. ويمكن تلخيص أهم المعايير الخاصة بالمشغل كالآتي:

- قوة الإشارة المستقبلة Received Signal Strength (RSS)

يفضل عادةً أن تكون قوة الإشارة المستقبلة أعلى ما يمكن، ذلك بأن الإشارة الضعيفة قد تسبب عمليات تسليم غير ضرورية أو انقطاع الاتصال أو انقطاع في البتات أو الرزم المستقبلة.

- سرعة المحطة الجوالة Mobile Station Speed (MSS)

عندما تكون سرعة تنقل المحطة الجوالة بطيئة تكون المحطة متواجدة ضمن مجال تغطية شبكة صغيرة مثل WPAN أو WLAN، وعندما يكون التنقل سريعاً تكون المحطة متواجدة ضمن تغطية شبكة واسعة مثل WMAN أو WWAN، وهذا يعطي فكرة عن كيفية تجنب عمليات التسليم غير الضرورية فيما بين الشبكات ذات التغطية الكبيرة والشبكات ذات التغطية الصغيرة.

- أنواع الخدمات Service Types وقيود جودة الخدمة QoS Constraints

تُفَضل بعض الشبكات على بعضها الآخر بسبب التنوع والاختلاف في البنى الأساسية لجودة الخدمة في الشبكات. فمثلاً تُعدّ الشبكات المحلية اللاسلكية WLAN من أكثر الشبكات تفضيلاً في مجال نقل المعطيات ومختلف الخدمات، وخاصة الخدمات المختصة بالوسائط المتعددة. كما تُفَضل بعض الشبكات الأخرى مثل شبكات الجيل الثالث في مجال الخدمات الصوتية والمحادثات الفيديوية.

- توافر الموارد Rescource Availability (RA)

يجري عادة إنشاء الاتصال أو تسليمه إلى الشبكات ذات الموارد المتوافرة، بهدف تجنب الازدحام بين الشبكات والحفاظ على توازن الحمل load balance فيما بينها.

- نسبة الإشارة إلى التداخل Signal to Interference Ratio (SIR)

يجري اختيار الشبكة التي لديها نسبة إشارة إلى تداخل مرتفعة، ومن ثُمَّ تكون نوعية الاتصال أفضل بالنسبة للمستخدم، وذات معدل خطأ أقل.

- السعر الأفضل للمستخدم User Preferred Price

تُخصص الشركات المشغلة الخدمات ذات الجودة العالية والسعر المرتفع للزبائن القادرين على تحمل هذا السعر بينما تخصص الخدمات الرخيصة التكلفة لباقي الزبائن.

- أولوية المستخدم User Priorities

يمكن للمشغل أن يعطي لكل مستخدم أولوية خاصة به، مما يعكس مستوى الرضا عن الخدمة المقدمة Service Level Agreement (SLA)، حيث يمكن أن يُعطى كل مستخدم علامة خاصة به. فعلى سبيل المثال يُخصَص أفضل مستوى من الخدمات لأصحاب العلامة الذهبية بينما يحصل أصحاب العلامة الفضية والبرونزية على خدمات جيدة.

تعكس معايير المستخدم المتطلبات الخاصة به، وعادة ما تكون هذه المعايير ذات طابع شخصي ونوعي، وهي غير قابلة للقياس مباشرةً، ولكن يمكن وضع مقياس خاص بكل معيار على حدة.

أما أهم المعايير الخاصة بالمستخدم فهي:

- تفضيلات المستخدم User Preferences (UP)

في بعض الحالات يفضل المستخدم شبكة على أخرى بسبب التكلفة تارةً، وبسبب نوع الخدمة المقدمة تارةً أخرى، وقد يكون الاختيار مرتبط بالتجربة الشخصية للمستخدم، ومدى رضا المستخدم عن هذه الشبكة أو تلك.

- التكلفة Price

يميل المستخدم إلى اختيار الشبكة ذات التكلفة الأخفض إذا كانت هذه الشبكة تلبي متطلباته.

- نوع الطرفية Terminal Type (TT)

من الأفضل لبعض الأجهزة أن تتصل بشبكة دون أخرى، فمثلاً من الأفضل لأجهزة الحاسوب المحمولة الاتصال بشبكة لاسلكية محددة، أما بالنسبة للأجهزة الشخصية المساعدة PDAs فالأفضل اتصالها بشبكة لاسلكية واسعة WWAN.

- حالة البطارية Battery Status

يميل المستخدم إلى اختيار الشبكة المحيطة التي توفر في الطاقة المصروفة.

- نوع الخدمة Service Type (ST)

تختص بعض الشبكات بإعطاء نوع محدد من الخدمات ذات جودة عالية، ومن ثُمَّ يقوم المستخدم باختيار نوع من الشبكات دون الآخر لميله للخدمة ذات الجودة المتقدمة.

- الوثوقية الشخصية للشبكة Subjective Network Reliability

قد تكون ثقة المستخدم بخدمة من الخدمات التي تقدمها شبكة معينة هي المحرض على اختيار شبكة دون أخرى.

### 4.4.2. السمات المرغوبة في طريقة الاختيار

يتوجب عموماً على كل حل لاختيار شبكة ما، أن تتوافر فيه الخصائص الآتية:

- السماح بأنواع مختلفة من الدخل الحاملة للمعلومات، ولايتوجب بالضرورة أن تكون متشابهة أو متطابقة مع منظومة الاستقبال، ومن ثُمَّ ينبغي أن تكون قادرة على التفاعل مع أي نوع من أنواع الاختيار ANS .
- حل مسألة اختيار شبكة النفاذ ANS بطريقة بسيطة وبأقل عدد ممكن من العمليات ليكون قابل للتطبيق في الزمن الحقيقي، بحيث يكون التأخير في اتخاذ القرار ضمن الحدود المطلوبة.
- التفاعل مع تغيرات البيئة وظروفها المحيطة، والتفاعل مع تراكم المعارف البشرية حول مسألة الاختيار.
- قابلية التطوير، بحيث يتعامل مع الأعداد المتزايدة في نقاط النفاذ RATs، إضافة إلى قدرته على معالجة عدد كبير من المعايير، الأمر الذي ينبغي عليه أن يتحكم به رغم تعقيداته.
- الشمولية من حيث التقانة المستخدمة في الاختيار الأولي للشبكة، ليجري تطبيقه على مجمل البيئات والأوساط المختلفة.
- الأخذ بالحسبان التحديات التي تواجه الشركات ومطالبها، وأيضاً مطالب المستخدمين أو الزبائن، والعمل على مواجهتها وموازنتها بالإنصاف بين جميع الشركاء.
- الحفاظ على الحمولة الناتجة عن عملية الترميز بأدنى حد ممكن.

تمثل هذه النقاط الأساسية المسار الذي يجب أن يتبعه الحل المقترح للوصول إلى الحل الأمثل، ومن ثُمَّ الأهداف التي ينبغي تحقيقها ما أمكن.

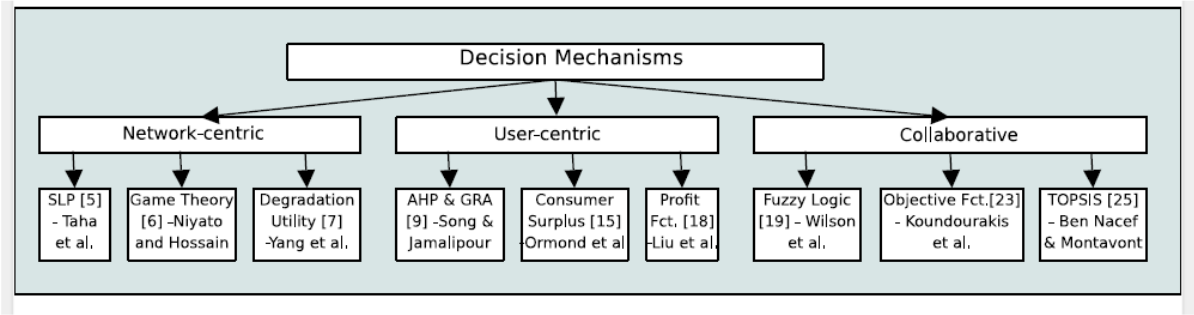
# الفصل الثالث

# آليات اتخاذ القرار

# Decision Making Mechanisms

## 1.3. مقدمة

يحتم إيجاد إطار فعال لإدارة الموارد الراديوية إيجاد آلية اتخاذ القرار ذات مستوى فعال ، وقد جذبت هذه المسألة العديد من الباحثين مما أدى إلى وجود العديد من الحلول المقترحة. وسنعرض أحدث الطرق المقترحة في إدارة الموارد الراديوية في بيئة الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة. وتقسم هذه الأبحاث إلى ثلاثة أقسام تبعاً للطرف المستفيد من القرار وهي مركزية الشبكة network-centric؛ ومركزية المستخدم user-centric؛ والحل التعاوني collaborative approach. يبيّن الشكل (3-1) تصنيف هذه الطرق.




**الشكل (3–1) أقسام آليات اتخاذ القرار [8].**

## 2.3. النهج المرتكز على الشبكة

يصنع القرار ضمن هذا المقترح من قبل الشبكة، أي اعتماداً على مصلحة الشركة المشغلة للمنظومة. وبالرغم من إيلاء بعض الحالات أهمية لابأس بها لاحتياجات المستخدم قبل عملية اتخاذ القرار، تسعى المخططات في هذا النهج إلى تحسين أداء الشبكة لاستغلال عرض المجال الترددي بأقصى صورة ممكنة. وتمثل بذلك مشكلة تخصيص عرض المجال الترددي الاهتمام الأكبر، وسنعرض لأحدث التقنيات والمخططات المقترحة ذات الصلة.

## 1.2.3. البرمجة العشوائية

البرمجة العشوائية Stochastic Programming (SP) هي تقنية رياضية تُستخدم في صناعة القرار بطريقة لامركزية [29]، وقد طُبقت هذه البرمجة في [30] حيث صمم المؤلفون آلية تخصيص استباقية. وفي الحقيقة استخدم هذا المخطط فرعاً من البرمجة العشوائية هو البرمجة العشوائية الخطية Stochastic Linear Programming (SLP)، حيث يجري التعامل مع الطبيعة الاحتمالية للطلبات ضمن الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة، مثل طلب أن يكون عرض المجال ثابتاً لإحدى خدمات المعطيات، وهو طلب يمكن تزويده من قبل الشبكة الخليوية والشبكة المحلية اللاسلكية WLAN. تتمحور الفكرة حول الأوامر التي قد تصدر (أي المحتملة)، وربطها مع الاحتمالات الهامة الاستباقية أو المتنبئ بها، ومن ثُمَّ تشكيل سيناريو يتضح من خلاله تخصيص عرض المجال الترددي، أو مدى استغلاله، أو حتى رفض إعطاء حيز من عرض المجال بناءً على تلك الاحتمالات الاستباقية. ويتمثل الهدف من ذلك في تحقيق أكبر تخصيص ممكن لعرض المجال في كلتا الشبكتين، وبالمقابل إنقاص حالات التكاليف المدفوعة في حالات الرفض والضياعات أثناء تخصيص عرض المجال. وهنا تمثل هذه الصيغة والمُمَثلة بدورها لخدمة مشتركة وحيدة ذات طلبات احتمالية Single Common Service with Probabilistic Demands (SCS-PD) ولتكن S مجموعة السيناريوهات المحتملة بحيث ينتمي كل سيناريو $s \ni S$.

يأخذ الطلب Dij(s) قيم معينة مع قيم تنبئية احتمالية pij(s)، ويستخدم الدليل ij يستخدم للتميز بين العناصر المنتمية لمختلف المستخدمين. وترتبط العناصر التي لها نفس الدليل i=j بالمستخدمين الذين يشكلون مجموعة واحدة تنتمي إلى نفس الشبكة، بينما العناصر التي لا تتساوى بدليلها، أي i≠j في هذه الحالة، تكون مرتبطة بالمستخدمين الذين لاينتمون إلى شبكة واحدة، بل يتنقلون من شبكة إلى أخرى. تمثل $D_{ij}(s)$ و $R_{ij}(s)$ و $A_{ij}(s)$ كلاً من الطلب، والرفض(طلب غير محقق)، والتخصيص على الترتيب للمستخدمين ij، بحيث تصبح العلاقة $R_{ij}(s)= D_{ij}(s) - A_{ij}(s)$. ويمكن أن يُفرَض الطلب على البرنامج SCS-PD عبر محددات كل من الطلب والرفض والتخصيص، فعندها قد تطبق الغرامة هنا بإجراء الرفض، وإذا افترضنا في هذه الحالة أن الكسب لتخصيص المستخدم ij هو $x_{ij}$ ، وأن تكاليف الوحدة (U) المستغَلة

للشبكة j والترابط هما $y_i$ و $y_v$ على الترتيب، وأن غرامة التكاليف لرفض الوحدة هي $z_{ij}(s)$، تصبح نتيجة التابع الأعظمية من الشكل المبيّن بالعلاقة (3-1) [30].

$$\prod_{SCS-PC} = \sum_{\forall i,j} x_{ij} \times A_{ij} - \sum_{c=\{j,v\}} Y_c \times U_c - \sum_{\forall i,j} \sum_{s \in S} p_{ij}(s) \times z_{ij} \times R_{ij}(s) \qquad \textbf{(1-3)}$$

يمثل النموذج (3-1) أولى النماذج الرياضية لإدراة الموارد المشتركة، وعليه يجري تزويد المستخدم بعرض المجال بواسطة عدة نقاط نفاذ في بيئة الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة HWNs. ولكن تصميم هذا النهج اعتماداً على تزويد خدمة عامة واحدة فقط مع كل مجال ترددي ثابت لا يتناسب مع متطلبات الشبكات الحالية حيث أصبحت خدمات الشبكات في هذا العصر متنوعة، ومن ثُمَّ فرضت تنوعاً في الطلب على عرض المجال الترددي المزود من قبل الشبكة. إضافةً إلى ذلك فإنه لم تجر أية أعمال لاحقة لسيناريوهات معقدة أو حتى حقيقية.

## 2.2.3. نظرية الألعاب

تُعدّ نظرية الألعاب Game Theory فرعاً من الرياضيات التطبيقية، وتحاول بشكلها الرياضي كشف سلوك الحالات الاستراتيجية، والتي بواسطتها يجري الحصول على النجاح في اتخاذ القرار اعتماداً على الخيارات المتخذة سابقاً. وقد اقتُرحت خوارزمية خاصة لتخصيص عرض المجال الترددي في [10] وخوارزمية أخرى للتحكم بالدخول معتمدةً على مبدأ لعبة الإفلاس bankruptcy game، ففي مثل هذا النمط ولعدد N من الأشخاص الذين يتشاركون أدوار هذه اللعبة تتشارك كل نقطة نفاذ مع قريناتها، وتتعاون فيما بينها في سبيل تحقيق المطلوب من عرض المجال، معتمدة أولاً على الشكل التحالفي coalition form، وثانياً على الخصائص المقترنة بهذه الوظيفة، كما وتُحدد كمية ما يخصص من عرض المجال في كل شبكة بواسطة استخدام قيمة متناسقة. بينما يُحلّل استقرار عملية التخصيص لعرض المجال الترددي باستخدام مفهوم مركزي يتعلق بصميم هذه العملية. فعلى سبيل المثال عند تأسيس اتصال جديد، يقوم المستخدم بطلب عرض مجال ترددي معين. مما يستدعى عملية تحكم مركزية تقوم باتخاذ القرار عن مدى عرض المجال المتوافر لكل شبكة بالاعتماد على المعادلة المبيّنة في العلاقة (3-2) [10].

$$\mathbf{d_i} = \begin{cases} \tilde{\mathbf{b}}_{\mathbf{k,i}}, & \tilde{\mathbf{b}}_{\mathbf{k,i}} < \left(\mathbf{B_i}^{(\mathbf{a})}\right)^{\mathbf{r}} \\ \left(\mathbf{B_i}^{(\mathbf{a})}\right)^{\mathbf{r}} + \aleph\left(\mathbf{B_i}^{(\mathbf{a})} - \left(\mathbf{B_i}^{(\mathbf{a})}\right)^{\mathbf{r}}\right), & \tilde{\mathbf{b}}_{\mathbf{k,i}} \geq \left(\mathbf{B_i}^{(\mathbf{a})}\right)^{\mathbf{r}} \end{cases} \quad \textbf{(2-3)}$$

وفيها تمثل $\tilde{b}_{k,i}$ عرض المجال الترددي المقدم من قبل الشبكة $i$ للاتصال الجديد ذو الاشتراك $k$ ، أما $\left(B_i^{(a)}\right)$ فتمثل عرض المجال الترددي المتاح للشبكة $i$، وأما $b_k^{(req)}$ فتمثل عرض المجال الترددي المطلوب للصنف $k$ ، وتمثل $\aleph$ العدد العشوائي الموحد وقيمته تقع بين الصفر والواحد، وتمثل $r$ معامل التحكم، والذي سيشار إليه بأنه معامل تشكيل عرض المجال الترددي وقيمته تتراوح $(0<r\leq 1)$ ، وفي هذه الحالة تصبح قيمة التشكيل معبرة عن كمية عرض المجال المخصص في كل شبكة $i$ أو $x_i$. وبعد ذلك تتأكد خوارزمية التحكم بالدخول من الوصول إلى عملية تزويد عرض المجال الترددي المطلوب. ولتكن $C$ هي المركز وهي عبارة عن مجموعة من النسب المستقرة، ولتكن $A$ عبارة عن مجموعة من الشبكات، حيث يجري قبول اتصال جديد عند تحقق $\sum_{i\in A} x_i \geq b_k^{(req)}$ بحيث يكون $x_i \in C, \forall i \in A$ (وهذا يعني أن القيمة المُشكلة هي ضمن المركز وهذا ما يسمى بالحل المستقر)، أما الحالات الأخرى المتبقية فيجري عندها الرفض لإنشاء أي اتصال من الاتصالات الجديدة.

اكتسبت نظرية الألعاب في السنوات الأخيرة شهرة واسعة خصوصاً فيما يتعلق بالحلول التي قدمتها لمعظم مشاكل الاتصالات الحديثة، حيث استخدمت هذه النظرية بالفعل من أجل وضع الخطط الخاصة بعملية تخصيص المجالات الترددية بالإضافة إلى عملية الفوترة في أغلب الشبكات، إذ ينبغي في النموذج المقدم في [10] تعريف الشكل التحالفي وخصائص وظائفه المقترنة بشكل متلائم مع هذا النموذج، وهذا التعريف بدوره سيعطي حلاً مستقراً ونعني بالمستقر هو مدى رضا المستخدم المتصل بالشبكة المعنية، ويتحقق الحل المستقر فقط إذا كان الحل منتمياً إلى المركز؛ الأمر الذي لايكون محققاً في أغلب الأحيان، أما في حالة عدم الاستقرار فينبغي للحل أن تتخذ له القرارات من أجل توزيعه في المناطق الأكثر رغبة وتفضيلاً ، ومن ثُمَّ يعطي هذا السلوك (الاستراتيجية) تكلفةً أكثر من اللازم. ويمكن هنا إعطاء مثال آخر عن إدارة الموارد وهو إدارة الموارد بشكل تكافلي والذي يشكل بذات الوقت نتاج البنية غير المتجانسة للجيل الحالي من الشبكات، ومايزال من غير الواضح كيفية تحقيق التكامل بين المجالات الترددية لمختلف الشبكات وأيضاً كيفية تطبيق هذا التكامل في سيناريو حقيقي شبيه بما هو عليه الحال في شبكات هذا العصر. وبالإضافة

إلى ماذكر، فإنه لم تجرِ مناقشة هذه الفكرة في كل من [10] أو [11] حيث اقتصرت كلتا الورقتين البحثيتين على نتائج حسابية فقط من دون أية محاكاة حقيقية أو حصول على نتائج حسابية من تجارب حقيقية.

### 3.2.3. التابع الخدمي

تُعرَف الخدمة utility في علم الاقتصاد بأنها المقياس الدال على مدى الرضا في استهلاك مختلف المنتوجات ومدى الاستفادة من الخدمات المقدمة. واستخدم المؤلفون هذا المفهوم في [11] بشكل مختلف حيث أطلقوا عليه اسم الخدمة المتناقصة degradation utility، الذي يتعامل مع تباين أولويات كل من المستخدمين. فعند العمل على تخفيض مستوى الخدمة للمستخدمين ذوي الأولوية الدنيا أي الانقاص في سرعة الاتصال لديهم، فسيمكّن ذلك من إتاحة المزيد من عرض المجال الترددي أمام المستخدمين ذوي الأولويات العليا. يبيّن الجدول (3-1)) مستويات الخدمة (المُوصفة من قبل مشغّلي الشبكات) مصنفة حسب عرض المجالات الترددية المقدمة لتلك الخدمة.

**الجدول (3–1) عرض المجال الترددي لعدة مستويات من جودة الخدمة [8].**

| Application | Excellent (kbit/s) | Good (kbit/s) | Basic (kbit/s) | Rejected |
|---|---|---|---|---|
| Voice | 30 | 30 | 30 | 0 |
| Video | 2000 | 384 | 256 | 0 |
| Data | 100 | 50 | 10 | 0 |

كما جرى أيضاً تصنيف الخدمات المقدمة تبعاً لنوع التطبيق، أي تطبيق فيديو أو تطبيق صوت أو تطبيق بيانات حيث أنها وضعت في أربعة مستويات، وهي ممتاز وجيد ومقبول ومرفوض على الترتيب ، وسيُستخدم هذا الترتيب في حساب عرض المجال الترددي المتحرر (الذي نحصل عليه بعد تضييق عرض المجالات الترددية الأخرى أي الانقاص منها) أي أنه يمثل الفرق بين المجالين الترددبين قبل عملية الإنقاص وبعدها (أي إجراء عملية متعمدة لتدهور المجال الترددي عمداً من قبل الشركة).

أما العائدات فهي على حسب أولويات المستخدم، وهي معرفة على الشكل الآتي: فيما يتعلق بجودة الخدمة فلها ثلاثة مستويات (الجودة الممتازة Excelent والجودة الجيدة Good والجودة الأساسية Basic)، وتوجد أيضاً ثلاث حالات لقطع الاتصال بالمستخدم هي: القطع الاجباري، والفشل في عملية التسليم، والرفض لتأسيس اتصال جديد، كما هو مبيّن في الجدول (3-2).

**الجدول (3-2) تحديد العائدات لأصحاب الفئة الأولى [8].**

| Quality level | Voice | Video | Data |
|---|---|---|---|
| Excellent | 300 | 700 | 1000 |
| Good | 300 | 600 | 800 |
| Basic | 300 | 500 | 400 |
| Forced disconnection | −5000 | −5000 | −5000 |
| Handover drop | −5000 | −5000 | −5000 |
| Reject | −2500 | −2500 | −2500 |

أما فيما يتعلق بربط المستويات السابقة بمميزات خاصة بها، فقد جرى ربط الأصناف السابقة بالميزات المكتسبة لكل مستوى، وتبعاً لنوع التطبيق. ويُستَخدم الجدول (3-2) في حساب النقاط الضائعة الخاصة بتلك الميزات، والتي يمكن الحصول عليها بواسطة حساب الفرق بين نقاط الميزات قبل تخفيض عرض المجال الترددي وبعده. وفي نهاية الأمر يجري احتساب الخدمة المتناقصة (خدمة التدهور) على أنها النسبة بين عرض المجال الترددي المتحرر إلى العدد الضائع من النقاط الخاصة بالميزات. فعندما يتم طلب التأسيس لاتصال جديد، يقوم مُشَغّل الشبكة بإيجاد جميع الاتصالات المتدهورة المحتملة، ومن ثُمَّ يقوم بحساب الخدمة المتدهورة لكل اتصال على حدة، ليبدأ بعدها بأكثر المتصلين صاحب القيمة العليا للخدمة المتدهورة، ومن ثُمَّ يبدأ بإنقاص خدمته (تدهور الاتصال عمداً). ويوضح المثال الآتي هذا النهج. ليكن شخص ما متصل ولديه تطبيقاً لعرض الفيديو، وليكن مستوى نوعية الخدمة المقدمة له هي من المستوى الممتاز، فعند تخفيض نوعية الخدمة المقدمة له إلى المستوى الجيد، يكون عرض المجال الترددي المتحرر مساوياً للقيمة 1616 Kbps

(2000 Kbps – 386 kbps)، وتكون قيمة النقاط الضائعة للميزات 100 (600 – 700)، ومن ثُمَّ تأخذ خدمة التدهور القيمة 16.16 (100 / 1616).

يُعدّ تحرير عرض المجال الترددي في الحالات الطارئة، كما في حالات الوسائط المتعددة Multimedia وتحريرها من أصحاب الأولويات الدنيا إلى أصحاب الأولويات العليا، من العمليات الاستراتيجية ذات الأهمية البالغة بالنسبة لمشغّلي الشبكات الذين يحاولون جذب الزبائن أصحاب الأولويات العليا. وقد صُمِمَ تابع الخدمة المتناقصة (المتدهورة) [11] ليعمل على هذه الاستراتيجية، لكن يجب حساب المقايضة بين خطوط الاتصالات المتزايدة في نوعيتها مع الخطوط المتناقصة في النوعية، بأوزان مناسبة مع هذه الاستراتيجية. تكون هذه الاستراتيجية بالطبع مناسبة فقط إذا جرى الاتفاق بين المستخدمين (الزبائن) من طرف وبين مشغّلي الشبكة (أصحاب الشركات) من طرفٍ آخر، والاتفاق على توزيع أصناف الأولويات والمسؤوليات لكل خدمة من الخدمات المقدمة، ثُمَّ تصبح الموافقة بينهم على مستوى الخدمة المقدمة Service Level Agreement (SLA).

## 3.3. النهج المرتكز على المستخدم

تجري صناعة القرار في هذا النهج في الطرفية الخاصة بالمستخدم (جهاز المستخدم المحمول)، وتعتمد فقط على مدى فائدة المستخدم دون مراعاة مشاكل توزيع الأحمال على الشبكة المعنية بالحسبان أو حتى مراعاة وجود المستخدمين الآخرين. وبذلك تعتني معظم المخططات المقترحة في هذا المجال بمشاكل اختيار شبكة النفاذ، وما تتضمنه أيضاً من الاختيارات التي قد تحصل في أثناء عملية التسليم. أي أن التركيز هو على الارتباط بالشبكة التي تحقق الكسب الأكبر بالنسبة للتطبيق الذي يشغله المستخدم. يواجه هذا النهج تحفظ من حيث أنه يختص فقط بالمستخدمين الجدد ومدى تحقيق الكسب لهم، من دون وضع أي حسبان لمسألة توزيع الأحمال ضمن الشبكة، مما يتسبب بازدحام على الشبكة وتدهور في نوعية الاتصال للمستخدمين الحاليين للشبكة. وبالإضافة إلى ماذكر فعندما يُرفض تأسيس الاتصال لمستخدم جديد لسبب

ما، يُضطر المستخدم إلى إعادة المحاولة لاختيار الشبكة وتأسيس الاتصال مرة أخرى، أي أنه سيضطر إلى زيادة استهلاك الطاقة، في حين ينبغي المحافظة ما أمكن على الطاقة المختزنة بالنسبة للأجهزة المحمولة. وستعرض أحدث التقنيات والمخططات المُمَثِلة لهذا النهج.

## 1.3.3. العملية التراتبية التحليلية والتحليل العلاقاتي الرمادي

وُظفت العملية التراتبية التحليلية Analytical Hierarchy Process (AHP) بغرض التوزين الحدي (أي عملية الضرب بأوزان للحصول على قيم ذات صفة حدية فيما بينها)، ومن ثُمَّ تُطبَق تقنية ترتيب التفضيلات اعتماداً على التحليل العلاقاتي الرمادي Grey Relational Analysis (GRA) ، مما يقود إلى ظهور تصنيفات بديلة مرتبة بشكل متدرج. كما تُستخدَم عملية التحليل التراتبي AHP في حل المشاكل المعقدة التي تواجه صنع القرار فيما يتعلق بمختلف المناطق وفي تضمين الخطط ذات الصلة، كما تُستخدَم في تخمين القيم المتوافرة للموارد وفي القياسات الخاصة بمستوى الأداء وفي تخصيص الموارد وتوزيعها، إضافةً إلى السياسات المتبعة في اختيار شبكة النفاذ والإعدادات الخاصة بالأولويات. ويُعدّ GRA من أهم التوجهات في نظرية المنظومات العلاقاتية Relational (ما يطلق عليها اسم الرمادية Grey)، ومانتضمنه من تطبيقات حالية، كما يمكنها حل التعقيد الموجود في العلاقات التي تربط فيما بين الخصائص المتعددة للأداء، وذلك عبر تحسين مستويات العلاقة الرمادية [31].

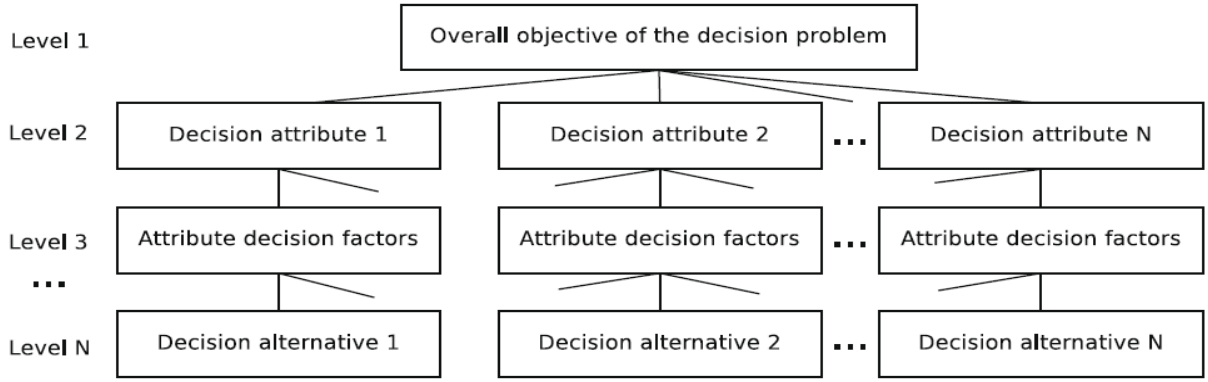
وقد اعتمد الباحثون في [32] لمواجهة مشكلة اختيار شبكة النفاذ، على استخدام مبدأ AHP لتوزين معاملات جودة الخدمة QoS، واستخدام مبدأ GRA في تصنيف الشبكات. كما قام المؤلفون، وبالاستعانة بمعاملات جودة الخدمة، ببناء البنية الهرمية AHP معتمدين أيضاً على علاقاتهم الخاصة، وأنتجوا شيئاً شبيهاً بالشكل (2-3)، حيث وُضعَت جودة الخدمة في أعلى المستويات حيث ستشكل بذلك هدفاً لجميع المنظومات، بينما وُضعَت المعاملات الأساسية لجودة الخدمة في المستوى الثاني، وهي تختص بوصف حالة الشبكة وشروطها Decision attribute ومنها مثلاً: الإتاحية والفعالية (α) والجداول الزمنية (β) والوثوقية (γ) ومستوى الأمان (δ) والتكلفة (ε)، كما قام المؤلفون بتحليل وتفكيك الجداول الزمنية إلى معاملات فرعية Attribute decision factors وهي التأخير الزمني (ζ) وزمن الاستجابة (η) والانحراف الزمني (θ) والوثوقية في خطأ البت (λ)

وخطأ الرشقة (μ) والعدد الوسطي لإعادة الإرسال في كل رزمة (ν) ونسبة الضياع (σ)، وقد جرى وضع هذه المعاملات الفرعية في المستوى الثالث، وفي النهاية وُضعَت الحلول في المستوى الأخير Decision alternatives. وقُسمت جودة الخدمة إلى نوعين: الأول هو تفضيلات المستخدم والثاني هو شروط الشبكة، حيث يجري جمع البيانات الواردة من المستخدم وتُمرَر في إجرائية التحليل التراتبي للحصول على أوزان مشتركة، حيث تثقل هذه الأوزان معاملات المستوى الثاني لتأخذ الشكل الآتي:

$GW = \{w_\alpha, w_\beta, w_\gamma, w_\delta, w_\varepsilon, w_\kappa\}$، أما الأوزان الخاصة فهي لتثقيل معاملات المستوى الثالث أي $LW1 = \{w_\zeta, w_\eta, w_\theta\}$ و $LW2 = \{w_\lambda, w_\mu, w_\nu, w_\sigma\}$، وأخيراً تحسب الأوزان النهائية أي $W = \{w_1, w_2, \dots, w_{10}\} = \{w_\alpha, w_\beta w_\zeta, w_\beta w_\eta, w_\beta w_\theta, w_\gamma w_\lambda, w_\gamma w_\mu, w_\gamma w_\nu, w_\gamma w_\varepsilon, w_\delta, w_\varepsilon\}$، وفي ذات الوقت، يجري أيضاً تحويل قيم البيانات الخاصة بالشبكة لتأخذ قيم طبيعية بواسطة التحليل العلاقاتي الرمادي، كما يتم تعريف أداء الشبكة المثالي على أنه يتبع المعامل العلاقاتي الرمادي Grey Relational Coefficient (GRC)، وتُعطى بواسطته العلاقة المتدرجة بين الشبكة المثالية وبين الشبكات المتوافرة الأخرى، ويُعطى حساب المعامل GRC كما هو مبيّن في العلاقة (3-3).

$$\mathbf{GRC_{UMTS/WLAN}} = \frac{\mathbf{1}}{\sum_{\mathbf{p=1}}^{\mathbf{10}} \mathbf{wp}|\mathbf{x^*_{UMTS/WLAN}(p) - 1}|+\mathbf{1}} \qquad \textbf{(3-3)}$$

حيث: $x^*_{UMTS/WLAN}(p)$ هي القيمة التي تجعل البيانات في منظومة UMTS أن تأخذ قيماً طبيعية وكذلك الأمر بالنسبة للبيانات المتبادلة في منظومة WLAN. وتُعدّ الشبكة التي تمتلك قيمة كبيرة للمعامل العلاقاتي الرمادي GRC بأنها أكثر الشبكات المرغوبة بالنسبة للمستخدم.




**الشكل (3-2) العملية التراتبية التحليلية [33].**

ولم يجرِ تطبيق هذه الآلية في [32] فحسب، بل أُعيد تطبيق خوارزميتين وهما العملية التراتبية التحليلية AHP (3-2) الشكل وعملية التحليل العلاقاتية الرمادية GRA، حيث طُبقت الخوارزميتان في تنفيذ بعض الآليات لاختيار شبكة النفاذ في [34,35]، أو في عملية الجدولة الزمنية [36]، ومن الملفت للنظر ظهور بعض التقنيات المُستَخدِمة للخوارزميات الخاصة باتخاذ القرار وانتشارها بشكل واسع في عالم الاتصالات. ونذكر منها تقنية اتخاذ القرار ذو المميزات المتعددة Multi-Attribute Decision Making (MADM)، وتشير هذه التقنية إلى صنع القرارات التفضيلية مثل التقييم وتحديد الأولويات والاختيار، وذلك للحلول البديلة المتوافرة ذات المميزات المتعددة والمتباينة فيما بينها. ولم تطبق AHP و GRA ضمن الخوارزميات المعتمدة في تقنية اتخاذ القرار ذو المميزات المتعددة MADM وحدها فحسب، بل جرى تطبيق بعض المقترحات الأخرى، والتي من أهمها تقنية ترتيب التفضيلات باستخدام التشابه مع الحل المثالي Technique for Order Preference by Similarit to Ideal Solution (TOPSIS)، وتقنية التوزين المتضاعف الأسي Multiplicative Exponent Weighting (MEWS)، وتقنية التوزين الجمعي البسيط Simple Additive Weighting (SAW).

## 2.3.3. فائض الزبون

يُعرّف فائض الزبون Consumer surplus في علم الاقتصاد بأنه مقدار فائدة الزبون بحيث يستطيع شراء المنتج بسعر أقل من السعر الذي يستطيع دفعه. وقد اقترح المؤلفون في [37] حلاً جديداً معتمداً على مركزية المستخدم وعلى مفهوم فائض الزبون، حيث يتميز بأسلوبه في اختيار شبكة النفاذ لدى بيئة الشبكات

اللاسلكية غير المتجانسة. وقد صُمِّمَ مخطط خاص بالنقل الذي يجري في الزمن غير الحقيقي، ويكون عمل المخطط على النهج الآتي: أولاً يستعرض المستخدمون قائمة بأسماء شبكات النفاذ المتوافرة في الجوار بواسطة الواجهات الراديوية لأجهزتهم المحمولة. ومن ثُمَّ يجري التنبؤ بزمن الإتمام للنقل ($T_C$) لكل شبكة نفاذ متوافرة وموجودة في القائمة السابقة، حيث يجري حساب التنبؤ بواسطة العلاقة الآتية؛ $T_C = F_i/r$، وتمثل فيها $F_i$ حجم الملف i وهو معطى بالبت، و r المعدل الوسطي للنقل العام وواحدتها تعطى بالبت في الثانية bps. ولاستنباط زمن الإتمام للنقل، يؤخذ المعدل الوسطي لآخر خمس عمليات جرى نقل المعطيات فيها. وبعد ذلك يُجري المؤلفون عمليات حسابية من أجل الحصول على وحدة التنبؤ $U_i(T_C)$، التي تمثل العلاقة بين مجمل الميزانية وبين مرونة المستخدم، وتكون في زمن الإتمام للنقل. يحسُب المستخدم فائض الزبون لكل شبكة مرشحة اي حساب: $CS = U_i(T_C) - C_i$ ، بشرط أن يكون $T_C \leq T_{Cmax}$ وتمثل $T_{Cmax}$ الزمن الأعظمي لإتمام النقل بحيث يكون المستخدم قادر على الانتظار من أجل إنقضاء ذلك الزمن. أي وبتعبير آخر؛ تمثل قيمة CS الفرق بين وحدة التنبؤ وبين التكلفة C التي تُسعرها الشبكة المعنية. وأخيراً يجري اختيار الشبكة الأفضل على أنها تلك الشبكة التي تحقق أعلى مستوى من القيمة CS. وقد جرى تصميم هذا المخطط ليتوافق مع التطبيقات التي لا تتطلب مراعاة الزمن الحقيقي، لكن هذا لايتناسب مع معظم التطبيقات الحالية من وسائط الإعلام المتعددة، التي تتطلب مراعاة الزمن الحقيقي كما أنها لا تعتمد أيضاً على زمن الإتمام فقط. وفي كل الأحوال يبقى مفهوم فائض الزبون من المفاهيم المهمة التي تستقطب الكثير من الاهتمام، ويمكن استثمارها في تطبيقات الزمن الحقيقي للوسائط المتعددة Multimedia معتمدةً على معاملات مختلفة، فعلى سبيل المثال عند الاستعانة بالدعم التقني المقدم من المعيار IEEE 802.21 كمافي [12]، فإنه من المحتمل جمع بعض المعلومات الدقيقة عن جودة شبكات النفاذ في آلية ديناميكية، من أجل اتخاذ القرار مع تخفيض التكلفة لكل شبكة على حدة (ويُعدّ هذا الأمر محفزاً لمستخدمي الأجهزة المحمولة).

### 3.3.3. تابع الربح

يُعرَّف تابع الربح Profit function من الناحية الاقتصادية [38] على الشكل الآتي:

$\pi(p,w) = \max_x pf(x) - wx$، حيث تمثل x معاملات العرض ويمثل w معاملات الطلب بينما تمثل p سعر المنتج الأساسي. ويعمل تابع الربح على جعل معاملات العرض تحقق أعلى مستويات ممكنة وعلى تحقيق المستوى العالي من السعر الأساسي للمنتج في الوقت ذاته. وقد عرَّف المؤلفون في [39] تابع الربح بشكل مختلف قليلاً عن التعريف الأساسي له، كما استخدموه في معالجة عملية التسليم واختيار شبكة النفاذ في الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة. حيث ربطت عملية التسليم بالربح المقدر بواسطة التابع الهدف، وكان الربط عبر معاملين أساسين هما: الكسب في عرض المجال الترددي والتكلفة التي تترتب نتيجة عملية التسليم تلك. وإضافةً إلى ذلك، صنف المؤلفون عمليات التسليم في صنفين رئيسيين هما: عمليات التسليم المتفاعلة وعميات التسليم الاستباقية. حيث يبدأ العمل بعملية التسليم المتفاعلة حالما يبدأ الجهاز المحمول بالتحرك خارج نطاق الخلية المرتبط بها، بينما تبدأ عملية التسليم الاستباقية فقط في فترة الانقطاع الدورية وتسمح تلك الفترة بتحسين جودة الاتصال للجهاز المحمول.

ويعطى تابع الربح بالعلاقة [39]: $P = f(G,C)$، وفيه تعبر G عن الكسب في عرض المجال الترددي، وهو عبارة عن الفرق في عرض المجال الترددي بين فترتين زمنيتين هما الفترة الزمنية التالية والفترة الزمنية الحالية. ويُعرَّف القرار المتخذ لبدأ عملية التسليم الخاص بتابع الربح، الحاصل خلال الفترة الزمنية $t_k$، بالعلاقة (3-4).

$$\mathbf{G_i(t_k)} = \begin{cases} \mathbf{m(i,t_k) - m(j,t_{k-1})} & \mathbf{k \geq 1\ (handoff\ connection)} \\ \mathbf{m(i,t_k)} & \mathbf{k = 0\ (first_time\ connection)} \end{cases} \qquad \mathbf{(4\text{-}3)}$$

حيث تشكل i و j دلائل الشبكة، وعندما تكون $i \neq j$ فهذا يعني حصول عملية تسليم بين منظومتين (وتكون إما عملية تسليم متفاعلة أوعملية تسليم استباقية). أما عندما تكون $i=j$ فهنا لدينا حالتي، إما أن تكون قد تمت عملية تسليم داخلية للمنظومة (وتكون متفاعلة)؛ أو أنه لاتوجد عملية تسليم على الإطلاق. وتمثل $m(i,t_k)$ عرض المجال الترددي للشبكة ذات الدليل i بين فترتين زمنيتن $(t_k، t_{k+1})$، وذلك لقرارين من القرارات المتخذة في إطار عملية التسليم. كما عرَّف المؤلفون تكلفة عملية التسليم بأنها مقدار حجم المعطيات الضائعة الذي ينجم عن التأخير في عملية التسليم، وهي تتوافق مع حجم المعطيات التي كانت سترسل في فترة التأخير الناجمة عن عملية التسليم، كما هو مبيّن في العلاقة (3-5).

$$\mathbf{C(t_k) = m(i,t_{k-1})d(x,y)} \qquad \mathbf{(5\text{-}3)}$$

حيث $d(x,y)$ يعبر عن تأخير عملية التسليم، وهي الفترة الزمنية التي يحتاجها جهاز المحمول أو الطرفية للانتقال من المحطة x ومن ثُمَّ التسليم إلى المحطة y، وبهذا يمثل مقدار الربح بأنه الفرق بين كسب عرض المجال وبين تكلفة عملية التسليم. كما تقارن الطرفية الجوالة وفي أثناء عملية التسليم مقادير الربح التابعة لمختلف الشبكات المحيطة وتختار الشبكة التي تُنتج أعلى قدر من الربح اعتماداً على العلاقة (6-3) .

$$\mathbf{Pi} = (\mathbf{t_{k+1}} - \mathbf{t_k})\mathbf{G_i}(\mathbf{t_k}) - \mathbf{m}(\mathbf{i}, \mathbf{t_{k-1}})\mathbf{d}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \qquad \textbf{(6-3)}$$

وبشكل مشابه للمفهوم السابق لفائض الزبون، يقوم تابع الربح في [39] بالمقارنة بين الكسب في عرض المجال الترددي وبين التكلفة في تأخير عملية التسليم، وذلك لتقدير خدمة الشبكات المرشحة. وقد صُمِمت عملية التسليم المتفاعلة لتلبي المستخدمين المتنقلين، الذين هم بحاجة إلى سرعة اختيار أفضل شبكة موجودة في الجوار. في حين صُممت عملية التسليم الاستباقية بهدف تحسين نوعية جودة الخدمة، مع احتمالية وجود شبكة مجاورة أفضل.

## 4.3. النهج التعاوني

يُعدّ النهج التعاوني Collaborative approach إضافةً إلى النهجين السابقين، من الحلول التي ساهمت في إيجاد حل وسط ومتوازن بين ربح الشركة المشغّلة للخدمة وبين الفائدة التي يرغب المستخدم في الحصول عليها. وتأتي هذه الوسطية من كون اتخاذ القرار نابع من كلا الطرفين وليس مختص بطرف دون الآخر. وعلاوةً على ذلك يحل هذا النهج مشكلة رفض طلب الاتصال الموجود في نهج مركزية المستخدم، ويعود ذلك لمساهمة كلا الطرفين (المُشغل والمُستخدم) في حل مشكلة التخصيص الترددي. وسنتناول أحدث التقنيات والمخططات المُمَثِلة لهذا النهج.

### 1.4.3. المتحكم المنطقي الترجيحي

استخدم المؤلفون في [40] خوارزمية مبنية على مبدأ المتحكم المنطقي العشوائي Fuzzy logic controller (FLC) لتقييم مدى ملائمة ترتيب الشبكات المرشحة، بدء المؤلفون بتقسيم عملية اتخاذ القرار إلى ثلاثة مراحل وهي على الترتيب: مرحلة ما قبل الاختيار؛ ومرحلة الاكتشاف؛ ومرحلة اتخاذ القرار. ففي مرحلة ما قبل الاختيار، تُؤخَذ المعايير من ثلاثة مصادر هي المستخدم، والتطبيق، والشبكة. لكي يجري

استبعاد شبكات النفاذ غير الملائمة من عمليات الاختيار المستقبلية، فإذا لم تتوافق معايير المستخدم ومتطلباته مع امكانيات الشبكات المتوافرة، تعود المنظومة وتطلب من المستخدم أن يقوم بتخفيض مستوى طلباته. أما في مرحلة الاكتشاف، فلدينا هنا حالتين للمستخدم: الحالة الأولى عندما لا يكون المستخدم متصل بأي من الشبكات المحيطة، أي أنه في حالة التشغيل والبدء بطلب الاتصال مع الشبكة، أما الحالة الثانية فيكون المستخدم بالفعل متصلاً مع الشبكة ولكن جودة خدمة الاتصال المقدمة له لا تلبي المعايير التي يرجوها المستخدم، بحيث قد تظهر في نفس الوقت شبكات مجاورة قد تلبي تلك المطالب. كما صمم المؤلفون مرحلة الاكتشاف اعتماداً على المتحكم المنطقي العشوائي، حيث يجري نثر القيم الحديثة للمتحولات ومنها مثلاً (معدل بيانات الشبكة، ونسبة الإشارة إلى الضجيج، ومعدل البيانات المطلوبة من قبل التطبيق) ضمن تراتيب معينة وكلٍ حسب عضويته في تلك المجموعة العشوائية، ومن ثُمَّ تُستخدَم توابع العضوية السابقة وتمرر كبيانات دخل للقاعدة المنطقية المعرَّفة مسبقاً. وفي النهاية يجري الحصول على الترتيب النهائي بواسطة إعادة النثر العشوائي باستخدام طريقة التوزين المعدل.

كان التطبيق الأول لمفهوم التحكم المنطقي الترجيحي في إدارة عملية التسليم. ثُمَّ انتشر وأصبح معروفاً في الأوساط الإدارية للشبكات اللاسلكية غير المتجانسة. ومن ذلك على سبيل المثال استخدام المخطط [40] لمفهوم التحكم المنطقي في عملية اختيار شبكة النفاذ، وقد أعطى نتائج جيدة عندما يكون عدد المقاييس Metrics محدوداً، لكن عند تزايد عدد المقاييس تزداد درجة تعقيد المنظومة، وذلك قد يؤدي إلى ظهور نتائج خاطئة. ويُعدّ تعريف المفهوم العشوائي من الأمور المحورية في هذا المقترح، ويضاف إلى ذلك النتائج التي تحتاج إلى عناية وتوصيف دقيق. وتُعدّ هذه التوصيفات هامة جداً من أجل الحصول على قيم تقريبية جيدة، كما يجب تعريف هذه التوصيفات بشكل دقيق أيضاً.

## 2.4.3. التابع الغرضي

ويدعى أيضاً بالتابع الهدف Objective function وهو التابع الذي يجري تحسينه إلى أفضل شكل ممكن للتابع اعتماداً على المعاملات الغرضية والهادفة لتحسين مستوى التابع المعني. كما يشكل هذا التابع حلاً لمشكلة التطبيق وتنفيذه، وقد استخدم المؤلفون في [13] هذا المفهوم في تطبيقهم لمسألة اختيار شبكة

النفاذ ضمن بيئة الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة، حيث كان استخدامهم للتابع الغرضي بواسطة استخلاص قيم الدخل من ثلاثة مصارد وهي: بيانات المستخدم، وبيانات الشبكة، ومعلومات عن السياسة المتبعة في الشبكة ككل. أولاً، يجري سؤال المستخدمين عن قائمة نقاط النفاذ المحيطة بهم APs وعن مستوى الإشارة لتلك النقاط، وسؤالهم أيضاً عن قائمة الخدمات المطلوبة وعن المعدل الاسمي للبتات اللازمة لتلبية تلك الخدمات، وعن مدى التأخير المسموح به لدى التطبيقات الخاصة بهم. ثانياً، تجميع البيانات الخاصة بالشبكة، مثل عرض المجال الخاص بكل نقطة من نقاط النفاذ والتأخير الحاصل في المسار بين الموجه من جهة والشبكة الأساسية من جهة أخرى. وثالثاً، يجري تعريف السياسات المستخدمة لتعريف كلاً من السعر والتوافقية والثقة والتفضيلات والقدرة وكل حسب توزينه الخاص، ويمكن أن تتغير الأوزان وبشكل ديناميكي تبعاً لتغيُر ظروف الشبكة. وأخيراً، بمساعدة كل المعاملات وأوزانها تكرر الخوارزمية من أجل حساب أفضل قيمة للتخصيص والتي تصل عندها قيمة التابع الغرضي إلى أعلى مستوى ممكن من القيم الناتجة عنه، وذلك لمجمل الشبكة.

رمَّز المؤلفون الخدمة المطلوبة بالرمز الصغير s في خوارزمية اختيار شبكة النفاذ وواجهتها البيّنية (access and interface selection algorithm)، وهي خدمة من مجمل الخدمات المتوافرة التي لها الرمز الكبير S، وكذلك الأمر بالنسبة لنقطة النفاذ المطلوبة أخذت الرمز ap وهي من مجمل نقاط النفاذ المتوفرة ذات الرمز AP. ومن ثُمَّ يُعطى شكل التابع الغرضي بالعلاقة (7-3).

$$\mathbf{OF}(\forall \mathbf{s} \in \mathbf{S}, \forall \mathbf{ap} \in \mathbf{AP}) = \mathbf{F}(\mathbf{s}, \mathbf{ap}) + \mathbf{OF}(\forall \acute{\mathbf{s}} \in \mathbf{S}, \acute{\mathbf{s}} \neq \mathbf{s}, \forall \mathbf{ap} \in \mathbf{AP}). \qquad \textbf{(7-3)}$$

حيث تمثل قيمة التابع الغرضي OF عند قيمة المتحول ś، قيم التخصيص الترددي لباقي الخدمات الأخرى. يؤدي الترتيب الذي يجري بواسطته حساب النتيجة النهائية للتابع الغرضي دوراً هاماً في تخفيض التخصيص الترددي لعرض المجال المتاح، وذلك حسب التطبيق وحسب نقطة النفاذ. ولذلك يجب الأخذ بالحسبان جميع التبدلات التي قد تحصل في أي مكان أو زمان أثناء تطبيق التابع الغرضي. ويتألف التابع F من عدة أجزاء، جزء منه يمثل جودة الخدمة Q، وجزء آخر يمثل السياسات المتبعة PT، بالإضافة إلى أوزانهم المتعلقة بهم بحيث ($w_q+w_{pt}=1$) و $F=w_q.Q+w_{pt}.PT$. وأيضاً يجري تحليل كل من Q و PT كما هو مبيّن بالعبارتين (3-8) و (3-9) .

$$Q=w_{bi}.BI+w_{di}.DI+w_{sqi}.SQI \quad (8\text{-}3)$$

$$PT=w_{cci}.CCI+w_{npi}.NPI+w_{tti}.TTI \quad (9\text{-}3)$$

مع ملاحظة قيمة المجموع الآتي: $w_{cci}+w_{npi}+w_{tti}=100$

وأن قيمة المجموع الآخر: $w_{bi}+w_{di}+w_{sqi}=100$

ويمثل BI مقياساً لعرض المجال الترددي، و DI مقياساً للتأخير، و SQI مقياساً لجودة الإشارة، و CCI مقياساً التوافقية والتكلفة، و NPI مؤشراً خاصاً بمزود الشبكة وخدماتها، و TTI مؤشراً خاصاً بنوع الجهاز أو الطرفية. كما يتضمن هذا المخطط جميع المعاملات الضرورية لاتخاذ القرار في اختيار الشبكة، بحيث يمكن اتخاذ القرار بصورة جيدة. كما جرى أيضاً اقتراح استخدام تقنية العناوين المتعددة لنفس واجهة التخاطب، وذلك أثناء تخصيص عرض المجال الترددي المتشارك. ويُعدّ مشغّل الشبكة اللاعب الأساسي في عملية اتخاذ القرار في هذا النهج. لكنه في هذا النهج، ورغم القرار المتخذ فيه يعتمد على مشغل الشبكة، إلا أنه يطلب من المستخدم الكثير من المعلومات التي يحتاجها في إتمام عملية صنع القرار واتخاذه. أي يصبح أكثر شفافية ومرونة إذا تم تطبيقه في الحياة العملية.

### 3.4.3. تقنية ترتيب التفضيلات باستخدام التشابه مع الحل المثالي

تمثل TOPSIS اختصاراً للجملة (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) وتعني التقنية التي تقوم بترتيب التفضيلات اعتماداً على القرب من الحل المثالي، وقد ظهر هذا المفهوم في المرجع [41]. وطرح وجوب وقوع الاختيار على البديل، الذي هو أقرب ما يمكن من الحل المثالي وأبعد ما يمكن من الحل السلبي وغير المثالي. يُشكَل الحل المثالي من مجموعة مركبة من السمات المميزة، ذات الأداء الأفضل للقيم المعروضة ضمن مصفوفة اتخاذ القرار، بحيث تكون هذه القيم تابعة لإحدى الحلول البديلة. بالمقابل، يتكون الحل السلبي وغير المثالي من القيم سيئة الأداء. وقد جرى الاقتراب من هذه الأقطاب وقياس أداءها باستخدام التقريب الاقليدي Euclidean sense، (وكمثال على ذلك أخذ قيمة الجذر التربيعي لمجموع مربعات المسافات على طول المحاور في فضاء الصفات المميزة)، بحيث تكون قيم التوزين للصفات المميزة هي اختيارية. اقترحت في [14] خوارزمية خاصة باختيار المسار، للمستخدمين الذين يملكون واجهات تخاطب ذات عناوين متعددة multi-homed end-hosts. وقد بنيت هذه الخوازمية اعتماداً

على المفهوم TOPSIS، كما جمَّعت المعاملات اللازمة من مصدرين هما مستوى الشبكة ومستوى التطبيق. يتألف مستوى الشبكة من معاملات جودة الخدمة التي تضم: عرض المجال الترددي، والتأخير، والتشتت، وخطأ البت. وأما بالنسبة لمستوى التطبيق فهو يتألف من معاملات درجة النقل التي تضم: النقل للمحادثة، والنقل للبث المباشر، والنقل التفاعلي، والنقل الخلفي background. وقد استخدم المؤلفون مفهوم TOPSIS لاحتساب النتيجة النهائية، حيث قاموا كخطوة أولى بتنسيق البيانات ضمن مصفوفة $X_{ij}$، يمثل كل سطر فيها، القياسات الخاصة بمعاملات المسارات وكلاً على حدة. وأما لجعل قيم المعاملات تأخذ قيماً طبيعية استخدم المؤلفون العلاقة (10-3)

$$\mathbf{n_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{j=1}^{m} x_{ij}^2}} \qquad \textbf{(10-3)}$$

ومن ثُمَّ تُجرى عملية الضرب لكل عمود من المصفوفة السابقة بالأوزان $w_i$ الخاصة بكل قيمة على حدة، وذلك مع مراعاة استخدام الصيغتين الآتيتين: $v_{ij} = w_i * n_{ij}$ و $\sum_{j=1}^{n} w_i = 1$. وقد استُخلِصت هذه الاوزان الخاصة من درجة جودة الخدمة المقدمة للتطبيق المعني. ثُمَّ استخرج المؤلفون كلا النوعين من النقاط المثالية (النقاط السلبية والنقاط الإيجابية) من مصفوفة الأوزان $V_{ij}$، وهما المبيّنان بالعلاقتين (11-3) و (12-3).

$$\mathbf{A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \{(min(v_{ij}) \,|i \in I), (max(v_{ij}|i \in I)\}} \qquad \textbf{(11-3)}$$

$$\mathbf{A^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \{(max(v_{ij}) \,|i \in I), (min(v_{ij}|i \in I)\}} \qquad \textbf{(12-3)}$$

ومن ثُمَّ تُحسَب المسافات التي تفصل الحلول البديلة عن الحلين المثاليين بالعلاقتين (13-3) و (14-3).

$$\mathbf{d_j^+ = \left\{\sum_{j=1}^{m} (v_{ij} - v_i^+)^2\right\}^{1/2}} \qquad \textbf{(13-3)}$$

$$\mathbf{d_j^- = \left\{\sum_{j=1}^{m} (v_{ij} - v_i^-)^2\right\}^{1/2}} \qquad \textbf{(14-3)}$$

وأخيراً تُحسَب النتيجة لكل حل j كما في الصيغة المبيّنة بالعلاقة (15-3)

$$\mathbf{R_j = d_j^- / (d_j^+ + d_j^-)} \qquad \textbf{(15-3)}$$

وتُستخدَم هذه النتائج في عملية توزيع التدفق. وتشبه تقنية TOPSIS إلى حد بعيد التقنية المعتمدة على التحليل الهرمي AHP، حيث تنتمي كلتا التقانتين إلى مجموعة تقانات (MADM) multi-attribute decision making. التي تقوم باتخاذ القرار اعتماداً على المميزات المتعددة. وقد طُبقت تقنية TOPSIS في اختيار المسار لنقاط النفاذ مع حرية أكبر في تجوال المستخدم، ومن السهولة استخدام تقنية TOPSIS عند توفر وجود البرنامج الخاص بهذه التقنية. وقد أظهرت بعض الدراسات أن عمليات التسليم الشاقولية بين نوعين من التقانة، فإن استخدام تقنية TOPSIS يعطي انخفاضاً طفيفاً في عرض المجال الترددي وفي التأخير الزمني، أكثر منه في تقنية التحليل العلاقاتي الرمادي GRA عند نقل البيانات التفاعلي والنقل الخلفي.

# الفصل الرابع

# الطريقة المقترحة لاختيار شبكة النفاذ

# Proposition Methodology and Solution

# “Access Network Selection”

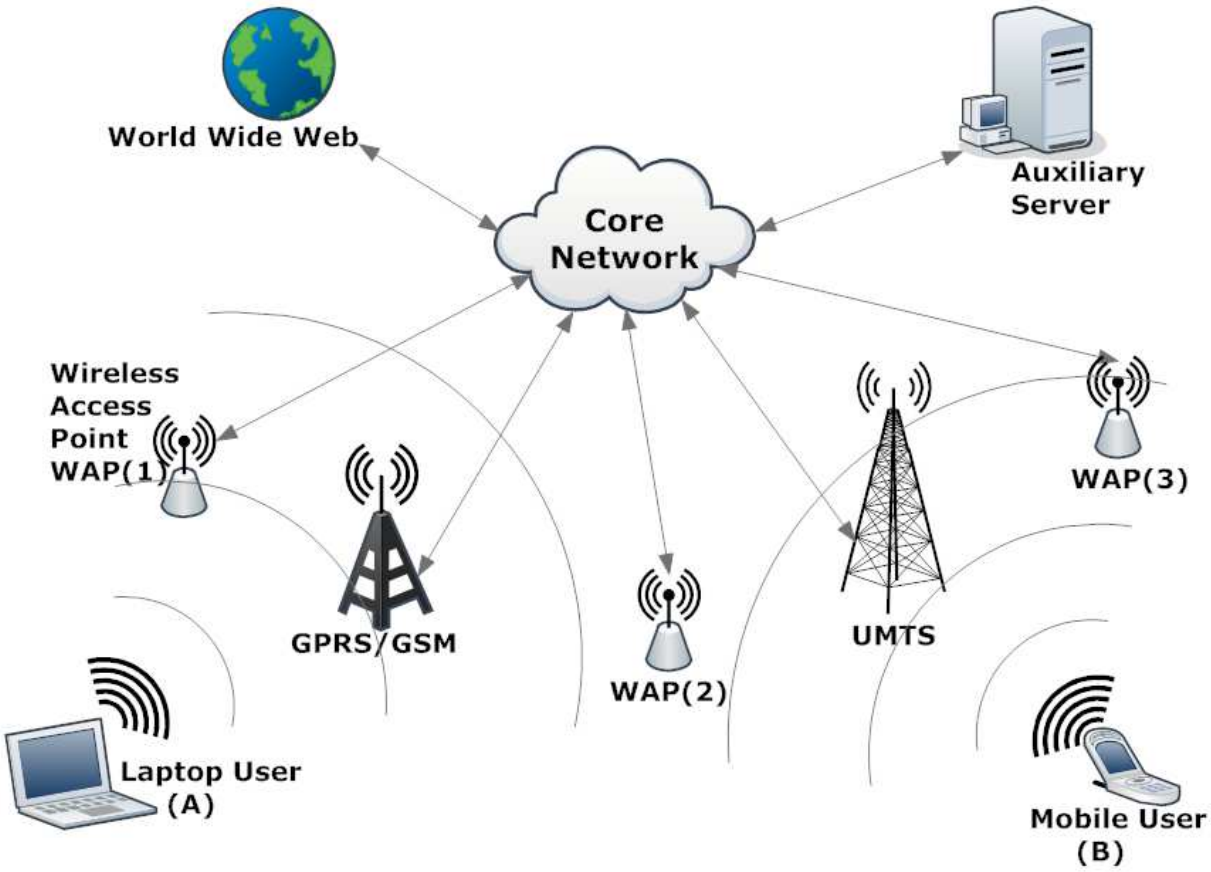
## 1.4. بنيان التطبيق

تقوم المنظومة المقترحة بإيجاد أفضل نقطة نفاذ من مجموع الشبكات اللاسلكية المتوافرة، أي من نقاط النفاذ المتوافرة في البئية المحيطة بالمستخدم، بحيث يتمكن المستخدم بواسطتها من الاتصال بشبكة الانترنت. وتُجمع البيانات المتوافرة، لتُبنى على أساسها إجرائية اتخاذ القرار، ومن ثُمَّ اختيار نقطة النفاذ الملائمة لكل مستخدم على حدة.

تتألف المنظومة من ثلاث مكونات رئيسية هي:

- جهاز المستخدم المحمول: ويحوي التطبيق البرمجي، وتتمثل مهمة هذا التطبيق بالاتصال بنقطة النفاذ الملائمة بعد جمع البيانات الخاصة بنقاط النفاذ المتوافرة، ومن ثُمَّ إرسالها إلى تطبيق آخر موجود عند المخدم.
- المخدم: ويحوي تطبيقاً برمجياً، تتمثل مهمة التطبيق الموجود عند المخدم في جمع البيانات المرسلة من قبل جميع المستخدمين وتخزينها ثُمَّ معالجتها وتعديلها، وأيضاً التحكم بجميع الخوارزميات المسؤولة عن انتخاب نقاط النفاذ الملائمة وإرسال تلك النقاط المثالية إلى المستخدمين.
- نقاط النفاذ اللاسلكية: التي ليس لها أي مهمة برمجية لكن يتم جمع المعلومات الخاصة بها لاستخدامها في المنظومة المقترحة.

كما هو مبيّن في الشكل (4-1) فإن أهم صفة موجودة في المنظومة هي عدم إحداث أية تغييرات في بنية الأجهزة اللاسلكية أو المنظومات المستخدمة، إذ يهدف تطبيق البرمجيات الخاصة بالمنظومة إلى الاستفادة من القدرات التي توفرها تلك الأجهزة، والتي أصبحت في الوقت الحاضر غنية ومتنوعة. وقد أفرزت الصناعات الإلكترونية المتطورة أجهزة حديثة مزودة بنوعين أو أكثر من أنواع واجهات التواصل interfaces كما في جهاز الحاسوب المحمول أو حتى في جهاز الهاتف المحمول، ومن ثُمَّ تمتلك طرق متنوعة لإجراء عملية الاتصال اللاسلكي والنفاذ إلى شبكة الانترنت. فعلى سبيل المثال قد يتحقق الاتصال بواسطة الشبكة المحلية اللاسلكية أو بواسطة شبكة الجيل الثالث اللاسلكية في أغلب أجهزة الهاتف المحمول الحديثة، مما يسهل عملية النفاذ إلى شبكة الانترنت.




**الشكل (4-1) توافر مصادر راديوية ذات أشكال متعددة تحيط بالمستخدم في آن واحد.**

يدخل المستخدم في بيئة متعددة الموارد الراديوية وقد اخترنا كلاً من بيئة الشبكة المحلية اللاسلكية وبيئة شبكة الجيل الثالث اللاسلكية للتطبيق العملي. يحوي جهاز المستخدم تطبيقاً برمجياً نطلق عليه اسم تطبيق المستخدم ويأتي هذا الإجراء بهدف إعطاء المستخدم المرونة الكافية للتحكم في عملية الاختيار، وهذا بدوره يندرج تحت إطار تحقيق مبدأ مركزية المستخدم [42]. إضافة إلى ذلك يتفاعل المستخدم مع هذا التطبيق من خلال واجهات إدخال خاصة لوضع التوصيف والتفضيلات الخاصة به [43]، كما يجمع معلومات أساسية عن نقاط النفاذ المحلية اللاسلكية المتوافرة وأبراج شبكة الجيل الثالث اللاسلكية، ويستحصل منها على عناوين التحكم بالنفاذ إلى الوسائط Media Access Control address (MAC Address) لنقاط النفاذ تلك، ومعرِّف مجموعة الخدمات التابعة لها Service Set Identifier (SSID). ثُمَّ يُجري تطبيق المستخدم القياسات المتعلقة بأنواع الشبكات المحيطة من حيث مؤشر قوة الإشارة المستقبلة Received Signal Strength Indicator (RSSI) والتأخير الزمني (تَلَبُّث) Latency الحاصل على مسارات بنقاط النفاذ اللاسلكي، ويستنتج

منه أيضاً الارتعاش Jitter، وكذلك احتمال فقد الرزم Packet Loss Probability إضافةً إلى بعض المعلومات الأخرى. ويرفع المقترح التعاوني (أو مايسمى بالمبدأ التشاركي) الحاصل بين المستخدمين من جهة، والشبكة من جهة أخرى من سوية الفائدة المشتركة لكلا الطرفين، خصوصاً فيما يتعلق بالتكلفة وتقنية اتخاذ القرار [8]. ويعتمد المقترح المعمول به هنا على تعاون التطبيقين لدى كل من المستخدم والمخدم، على تنفيذ بعض القياسات كقياس عرض المجال الفعلي لمسار الاتصال اللاسلكي بينهما. وتُجمع البيانات والقياسات في جدول خاص، ومن ثُمَّ تُرسل إلى المخدم الذي يستجيب بدوره بإرسال المعلومات الخاصة بأفضل مسار والذي يتألف من ثلاث عناصر تشكل الوصلة الآتية: مستخدم – نقطة نفاذ AP (أو برج 3G) – مخدم (أو انترنت). ترسل طرفية المستخدم وبشكل دوري إشارات للدلالة على مواصلة استعمالها للخيار الأفضل، حيث يستعين بها المخدم لتقدير وضع المستخدم فيما إذا كان مستمراً باستخدام نقطة النفاذ الأفضل أم أنه قد أنهى عملية الاتصال بها، وفي هذه الحالة سيعمل المخدم على حذف ملف التعريف الخاص بالمستخدم من ملفات تخزين المخدم.

تعمل نقاط النفاذ اللاسلكية، إضافةً إلى أبراج الجيل الثالث على وصل المستخدمين إلى البنية الرئيسية للشبكة، مما يتيح لهم الوصول إلى المواقع الإلكترونية. أي يقتصر دورها على أداء دور الوسيط بين المستخدمين وشبكة الانترنت. عندما يتصل أي مستخدم بأي نوع من أنواع الشبكات اللاسلكية يخصص له قناة channel لاسلكية ليرسل عبرها، وهي ذات مجال ترددي محدد يعمل عليه كل من نقطة النفاذ والمستخدم، وتتميز به عن باقي النقاط المجاورة. توجه نقاط النفاذ البيانات الواردة كلاً حسب الوجهة المرسلة لها وتدعى هذه العملية بالتسيير (أو التوجيه) routing، كما تُعنْوَن الطرفيات المرتبطة بها باستخدام بروتوكول خاص لهذا الغرض هو بروتوكول التشكيل الديناميكي للمضيف Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) ، إضافةً إلى ترجمة عنوان الشبكة Network Address Translation (NAT).

في الحل المقترح، تجري إجرائية البحث عن أفضل اتصال (أو نقطة نفاذ معينة) في التطبيق ضمن المخدم المساعد، حيث يكون المخدم المقتَرح مستعداً لاستقبال جميع الطلبات القادمة من المستخدمين الراغبين في البحث عن النفاذ الأفضل بين مجموع النفاذات المتوافرة لهم. وقد يتمثل الحل الأفضل إما بنقطة نفاذ إلى الشبكة المحلية اللاسلكية، أو بنقطة نفاذ موجودة على برج من أبراج شبكة الجيل الثالث. عندما يتلقى برنامج

المخدم طلباً ما، يجب أن يحوي هذا الطلب جميع المعلومات المتعلقة بالمستخدم ومعلومات عن جميع الخيارات الشبكية المتاحة له، وبهذه المعلومات يفتح المخدم إجرائية معالجة خاصة بكل مستخدم، وبعد انتهاء الإجرائية وتحليل البيانات الناتجة، يستطيع المخدم انتخاب أفضل اتصال، أي أفضل نقطة نفاذ مجاورة، ثُمَّ يقوم المخدم بإرسال رسالة نصية متضمنة معلومات خاصة بالمستخدم وأيضاً معلومات عن الاتصال الأفضل. ولكن، يحتاج المخدم في مرحلة تحليل البيانات، إلى استخلاص معامل هام وهو معامل جديد قمنا بإدراجه في هذا البحث من أجل المساعدة في ترشيح الحل الأفضل وانتخابه ، هو معامل الحمل لنقطة النفاذ Access Point Load (AP Load) ونعني به حساب عدد المستخدمين الفاعلين في الشبكة المحلية اللاسلكية WLAN ولنقطة محددة. وقد وضعت دراسات سابقة [44,45] مقترحاً باستخدام معامل الحمل الديناميكي في شبكة WLAN كمحدد مساعد في إجرائية اتخاذ القرار القاضي باختيار أفضل شبكة مجاورة، إلا أن المعامل الذي اقترحناه في البحث هو معامل أفضل كونه يُعنى بإيجاد عدد المستخدمين الفاعلين في نقطة نفاذ بعينها إضافةً إلى فاعليتهم في هذه النقطة. يستطيع المخدم استخراج قيمة معامل الحمل ببساطة وذلك بحساب عدد المستخدمين اللذين يُظهِرهم ملف خاص معد لهذا الغرض يدعى ملف الحمل، يحوي هذا الملف الأزواج المرتبطة والمؤلفة من (مستخدم A-Z ، نقطة نفاذ مثالية 1-N ). ولمعرفة معامل الحمل لنقطة النفاذ 1 مثلاً، يحصي برنامج المخدم فقط عدد الأزواج التي تظهر بها نقطة النفاذ 1.

## 1.1.4. العلاقة الرياضية المقترحة

تجري عملية ترشيح الخيارات اعتماداً على مبدأ إسناد قيمة معيارية تمثل نقطة النفاذ، وتختلف هذه القيمة من نقطة نفاذ إلى أخرى وأيضاً من مستخدم إلى آخر. ولإيجاد تلك القيمة المعيارية وضعنا علاقة رياضية تجمع بين معاملات الشبكة من جهة، وتفضيلات المستخدم من جهة أخرى، وتعطى هذه المعادلة بالعلاقة (1-4)

$$\alpha_{AP_{ij}} = a_i \cdot \frac{(4 \cdot \mathrm{Bup}_{ij} + \mathrm{Bdw}_{ij})/5 \quad \cdot RSSI_{ij}}{b_i \cdot c_i \cdot (D_{ij} + 3J_{ij}) \cdot P_{ij} \cdot L_j}. \qquad \textbf{(1-4)}$$

حيث تدل:

- $i$ : على المستخدم.
- $j$: على نقطة النفاذ AP.
- $\alpha AP_{ij}$: القيمة المعيارية لنقطة النفاذ $j$ والخاصة بالمستخدم $i$
- $Bup_{ij}$: عرض المجال الترددي للوصلة الصاعدة بين كل من المستخدم والانترنت عبر نقطة النفاذ.
- $Bdw_{ij}$: عرض المجال الترددي للوصلة الهابطة بين كل من المستخدم والانترنت عبر نقطة النفاذ – عادةً ما يكون عرض مجال الوصلة الصاعدة منخفضاً لذا ضربنا عرض المجال الصاعد بمعامل 4 بغية إعطاءه الثقل اللازم للتأثير على القرار النهائي لاختيار نقطة النفاذ.
- $RSSI_{ij}$ : مؤشر قوة الإشارة المستقبلة من قبل المستخدم $i$ والمرسلة من نقطة النفاذ $j$ .
- $D_{ij}$ : التأخير الزمني لمسار خط الاتصال بين المستخدم ونقطة النفاذ وبنية الشبكة الأساسية (الانترنت).
- $J_{ij}$ : الارتعاش، فعلى سبيل المثال عند إرسال رزمتين two packets يفصل بينهما فترة زمنية ولتكن 20 ميلي ثانية، وعند استقبال الرزمتين بفارق زمني بين الأولى والثانية قدره 30 ميلي ثانية، تكون قيمة الارتعاش هي 10 ms- ، وفي هذه الحالة يوصف بالتشتت dispersion الزمني. أما عندما يكون الفارق الزمني بين استقبال الرزمتين 10 ms، عندها تكون قيمة الارتعاش هو 10 ms+، وعندها يوصف بالتثاقل clumping الزمني.
- $P_{ij}$ : احتمال فقد الرزم، ويُستخرَج هذا المحدد بإرسال عدد معين من الرزم، ثُمَّ استقبالها ضمن فترة زمنية محددة. فعلى سبيل المثال: إذا جرى إرسال 8 رزم ولم يستقبل منها سوى 6 رزم ضمن الفترة الزمنية المحددة للاستقبال عندها يكون احتمال فقد الرزم مساوياً لـ 25%.
- $L_j$ : معامل حمل نقطة النفاذ ويمثل عدد المستخدمين الفاعلين لنقطة نفاذ محددة في وقت محدد.
- $a_i$ و $b_i$ و $c_i$ : تمثل معاملات التفضيل للمستخدم وهي على الترتيب: معامل تفضيل عرض المجال الترددي، ومعامل تفضيل التأخير الزمني، ومعامل تفضيل التكلفة (أو التسعيرة), وجميع هذه

المعاملات تأخذ قيماً أصغر أو تساوي الواحد، وأكبر تماماً من الصفر. فمثلاً إذا تطلب تطبيق المستخدم عرض مجال كبير كما في حالة مشاهدة الفيديو المباشر ستعطى أكبر قيمة لـ $a_i$ وتكون مساوية 1، وأما باقي معاملات التفضيل فيمكن أن تعطى قيمة $b_i = c_i = 0.5$، وبذلك يكون التطبيق أقل حساسية لمعامل التأخير الزمني ومعامل التكلفة.

أظهرت العلاقة السابقة (4-1) نتائج جيدة في بعض الاختبارات ونتائج مقبولة في البعض الآخر، وقد نُشرت النتائج في [46].

## 2.1.4. العلاقة الرياضية المعدَّلة

قمنا بتعديل العلاقة الرياضية لتحسين الأداء ليصبح الشكل النهائي الذي يسبق عملية التسوية هو المعطى بالعلاقة (4-2)

$$\alpha_{AP_{ij}} = \frac{[a_i \cdot (2\mathrm{Bup}_{ij} + \mathrm{Bdw}_{ij})/2] + RSSI_{ij}}{[b_i \cdot (D_{ij} + 2J_{ij})] + 2P_{ij} + [c_i \cdot C] + L_j}. \qquad (2\text{-}4)$$

حيث قمنا بعزل معاملات التفضيل عن بعضها البعض، وأصبح كل منها يؤثر فقط على محدد القياس ولنفس النوع. فعلى سبيل المثال، لم يُعدّ معامل التفضيل الخاص بعرض المجال $a_i$ يوثر بشكل مباشر على جميع محددات القياس كما كان في النموذج السابق المعين بالعلاقة (4-1) ، إلا أن تأثيره أصبح مركزاً فقط على محدد القياس الخاص بعرض المجال، وينطبق الأمر نفسه على باقي معاملات التفضيل ومحددات القياس الأخرى.

ولابد من تحديد القيم العظمى لمختلف حدود العلاقة، ومن ثُمَّ إيجاد الأوزان الخاصة، لذلك فرضنا القيم العظمى من الشكل المبيّن بالعلاقة (4-3) ولنفس الترتيب السابق.

$$Standard_Value_Max = \frac{80+20}{25+25+25+25} \qquad (3-4)$$

وفيها القيمة 80 مثلاً تقابل مقدار عرض المجال الأعظمي وكذلك الأمر بالنسبة للقيم الأخرى. ولتحقيق هذه القيم وبالمقارنة مع النتائج العملية، اعتمدت الثوابت النهائية لتأخذ العلاقة النهائية الشكل المعين بالعلاقة (4-4).

$$\alpha_{AP_{ij}} = \frac{[a_i \cdot (2\mathrm{Bup}_{ij} + \mathrm{Bdw}_{ij})/60] + RSSI_{ij}/5}{[\mathrm{b}_i \cdot (\mathrm{D}_{ij} + 2J_{ij})/80] + 3P_{ij} + [\mathrm{c}_i \cdot C \cdot 40] + L_j}. \qquad (4-4)$$

وتهدف هذه الثوابت أيضاً إلى تجريد المحددات من الواحدات الخاصة بها، ليسهل جمع أو طرح المحددات من بعضها البعض، وبذلك تكون القيمة المعيارية من دون واحدة. فمثلاً يُعطى للثابت (1/60) المضروب بمحدد عرض المجال، الواحدة (Sec/KByte) وهي تعاكس وتنفي الواحدة لعرض المجال المقاس. وبذلك نحصل على قيمة معيارية خاصة بعرض المجال مجردة من الواحدات، مما يمكّن من إجراء العمليات الرياضية مع باقي القيم المعيارية لمحددات القياس المختلفة.

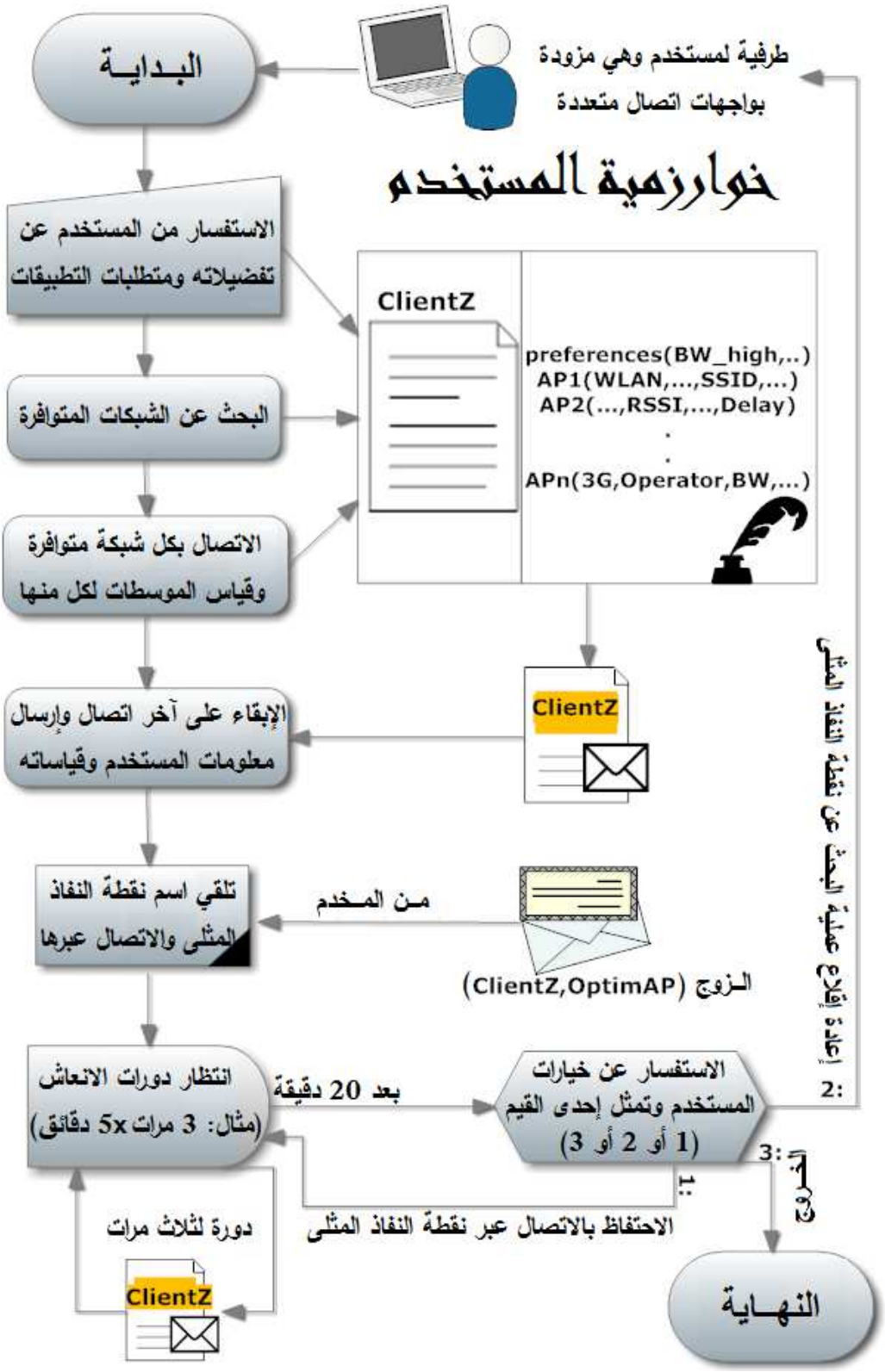
## 2.4. التطبيق العملي والأدوات

يتكون التطبيق العملي من مكونين برمجيين رئيسيين (برنامج البحث للمستخدم وبرنامج التحليل للمخدم). يتواجد المكون البرمجي الأول عند طرف المستخدم، الذي يقوم بتشغيل البرنامج عند حاجته للبحث عن أفضل مسار من مسارات الشبكة اللاسلكية المتوافرة في جواره. أما برنامج التحليل عند المخدم، وهو دائم التشغيل لاستقبال وتلبية الطلبات التي ترده من برامج البحث الخاصة بالمستخدمين.

## 1.2.4. برنامج البحث للمستخدم

يظهر الشكل (4-2) المخطط التدفقي للخوارزمية المطورة لبرنامج البحث الذي ينبغي توافره في الطرفية التي يُجري بواسطتها المستخدم عملية البحث. وقد أصبح من المعتاد احتواء الأجهزة المتوافرة اليوم بين أيدي المستخدمين على أكثر من واجهة تواصل شبكية وكمثال عليها (واجهات التواصل لكل من Dial-up, Ethernet, WLAN, UMTS). يجري تنصيب برنامج البحث على جهاز المستخدم وقد يكون برنامج المستخدم إما من نوع نظام التشغيل لينوكس Linux OS، حيث يجري الاستفادة من بئية الأوامر المفتوحة المصدر مثل أوامر المسح الشبكي scan. كما يُمكن أن يُنصَب البرنامج على نظام التشغيل ويندوز فيستا Windows Vista OS أو ويندوز سيفن Windows7 OS، وقد غدت أنظمة التشغيل هذه التي طرحتها مؤخراً شركة مايكروسوفت، قريبة من نظام التشغيل لينوكس، مع احتوائها للأوامر الحديثة الخاصة بمنظومات الشبكات مثل أوامر نتش netsh commands. وقد طبقنا البرنامج على كلا النظاميين في البداية عندما كان البرنامج مقتصراً فقط على شبكات WLAN [46]، أما عندما قمنا بتوسعة الشبكات التي يتعامل معها البرنامج لتشمل شبكات الجيل الثالث (WLAN و 3G), فقد اقتصر تطبيقه على نظام ويندوز سيفن (Windows7) لانتشاره في بيئتنا بصورة أكبر، من انتشار أنظمة لينوكس بين المستخدمين، الأمر الذي يساعد على إجراء السيناريوهات الخاصة بالتجارب المخطط لها.

يبدأ البرنامج بمخاطبة المستخدم لسؤاله عن تفضيلاته فيما يتعلق بالتكلفة المرغوبة (أهي منخفضة أو متوسطة أو مرتفعة أم لا أهمية لها)، ويستعلم أيضاً عن نوع التطبيق الذي يريد العمل به من خلال شبكة الانترنت، هل هو من النوع الذي يعمل في الزمن الحقيقي (كما في حالة البث المباشر أو المكالمة الهاتفية عبر الانترنت Voice Over IP وغيرها)، أم من النوع الذي لايتأثر بعامل الزمن الحقيقي (كما في حالة تنزيل الملفات أو تصفح الانترنت وغيرها). وبعد الانتهاء من جمع المعلومات الخاصة بتفضيلات المستخدم، يدخل البرنامج في تنفيذ المرحلة الثانية وهي البحث عن جميع الشبكات من نوع WLAN ونقاط النفاذ التابعة لها، وأيضاً عن شبكات الجيل الثالث 3G.




**الشكل (4-2) خوارزمية المستخدم للبحث عن أفضل نقطة نفاذ لاسلكية مجاورة.**

وفي المرحلة اللاحقة يتصل البرنامج من خلال هذه الشبكات المتوافرة مستخدماً أوامر نتش netsh commands الخاصة بنظام التشغيل، وهي نافعة في إخطاط أوامر سطرية لاتمام عملية الارتباط بنقاط النفاذ. وبهذا يحصل البرنامج، وبواسطة كل اتصال بنقطة نفاذ وباستخدام نفس النوع من الأوامر، على مجموعة من الموسطات parameters والقياسات المطلوبة ومنها قوة الإشارة المستقبلة RSSI. ويقاس عرض المجال للوصلتين الصاعدة والهابطة بتحميل وترفيع ملف ذو حجم معين من وإلى المخدم باستخدام بروتوكول نقل الملفات File Transfer Protocol (FTP). وتُرسل مجموعة من الرزم لقياس معامل التأخير الزمني لمسار الاتصال، والتشتت الزمني التابع لهذا المسار وأيضاً احتمال فقد الرزم. أما فيما يتعلق بالموسطات الخاصة بقياس حمل نقطة النفاذ، الذي يعبر عن عدد المستخدمين النافذين عبر إحدى نقاط النفاذ، فإنها تستخرج لاحقاً من قبل المخدم . وعندما تصبح جميع المعلومات السابقة جاهزة فإنها تُخزَن في رسالة نصية بالإضافة إلى معرف خاص بالمستخدم، يجري الحصول عليه من الاستعلام عن الهوية العالمية العميمة Global Unique Identifier (GUID)، التي تظهر عادةً بمجرد دخول المستخدم إلى أي من الشبكات. بعد أن تصبح رسالة المستخدم النصية الحاوية على مجموع القياسات ومُعَرّف المستخدم جاهزة، يبقى البرنامج متصلاً بآخر نقطة نفاذ جرى فحصها لكي يرسل البرنامج رسالة المستخدم إلى برنامج التحليل الموجود في طرف المخدم، وينتظر المستخدم الرد ويكون الرد برسالة نصية أخرى تحوي معلومات محددة عن هوية المستخدم، وعن نقطة النفاذ المثلى الخاصة بهذا المستخدم، وهي إما إحدى معرّفات مجموعة الخدمات Service Set Identification (SSID) في حالة الشبكة المحلية اللاسلكية، أو اسم شبكة الجيل الثالث (3G). يستقبل المستخدم هذه المعلومات وبعد التعرف على الرسالة من خلال الهوية العالمية العميمة للمستخدم، فيما إذا كانت تخصه أم أنها مرسلة لمستخدم آخر، فإنه يقوم في الحالة الأولى بقراءة نص الرسالة الحاوي على اسم نقطة النفاذ المثلى ثُمَّ يقطع اتصاله بجميع الواجهات البيّنية ليصبح جاهزاً لإجراء الاتصال بوساطة الواجهة البيّنية المعنية والتي تحقق الاتصال بنقطة النفاذ المثالية تلك.

يدخل برنامج البحث للمستخدم في سبات دوري يتخلله إرسال رسائل موجهة إلى المخدم، وهي تحوي نفس المعلومات السابقة، ولكنه في هذه الحالة لاينتظر الرد بل تكون بمثابة رسائل تحديث لملف الحمل عند المخدم. تجري عملية الإرسال الموجهة ثلاث مرات، والهدف من ذلك تحديث وجود المستخدم

والتأكيد على بقاء اتصاله بنقطة النفاذ المثالية. ويفيد ذلك في التأكد من أن ملف الحمل يحوي فقط المستخدمين الفاعلين من خلال نقطة نفاذ معينة. وبعد الانتهاء من دورات التحديث الثلاث، يقدم البرنامج ثلاثة خيارات يستطيع المستخدم من خلالها التفاعل مع بئية البحث بحيث يكون الخيار الأول هو الاحتفاظ بالمسار المتصل من خلال نقطة النفاذ المثلى، وأما الخيار الثاني فهو إعادة تنفيذ برنامج البحث من البداية للحصول على نقطة نفاذ أفضل (وربما بتفضيلات قد تكون مختلفة عن تلك التي بدأ بها في التنفيذ السابق)، في حين يتمثل الخيار الثالث بالخروج من البرنامج بشكل كلي وعدم تكراره. في الخيار الأول يعود البرنامج إلى دورات التحديث الثلاث والتي من خلالها يرسل برنامج المستخدم رسائل تحديث، كما ذكرنا سابقاً ليستخدمها برنامج المخدم مرة أخرى في تحديث ملف الحمل لديه.

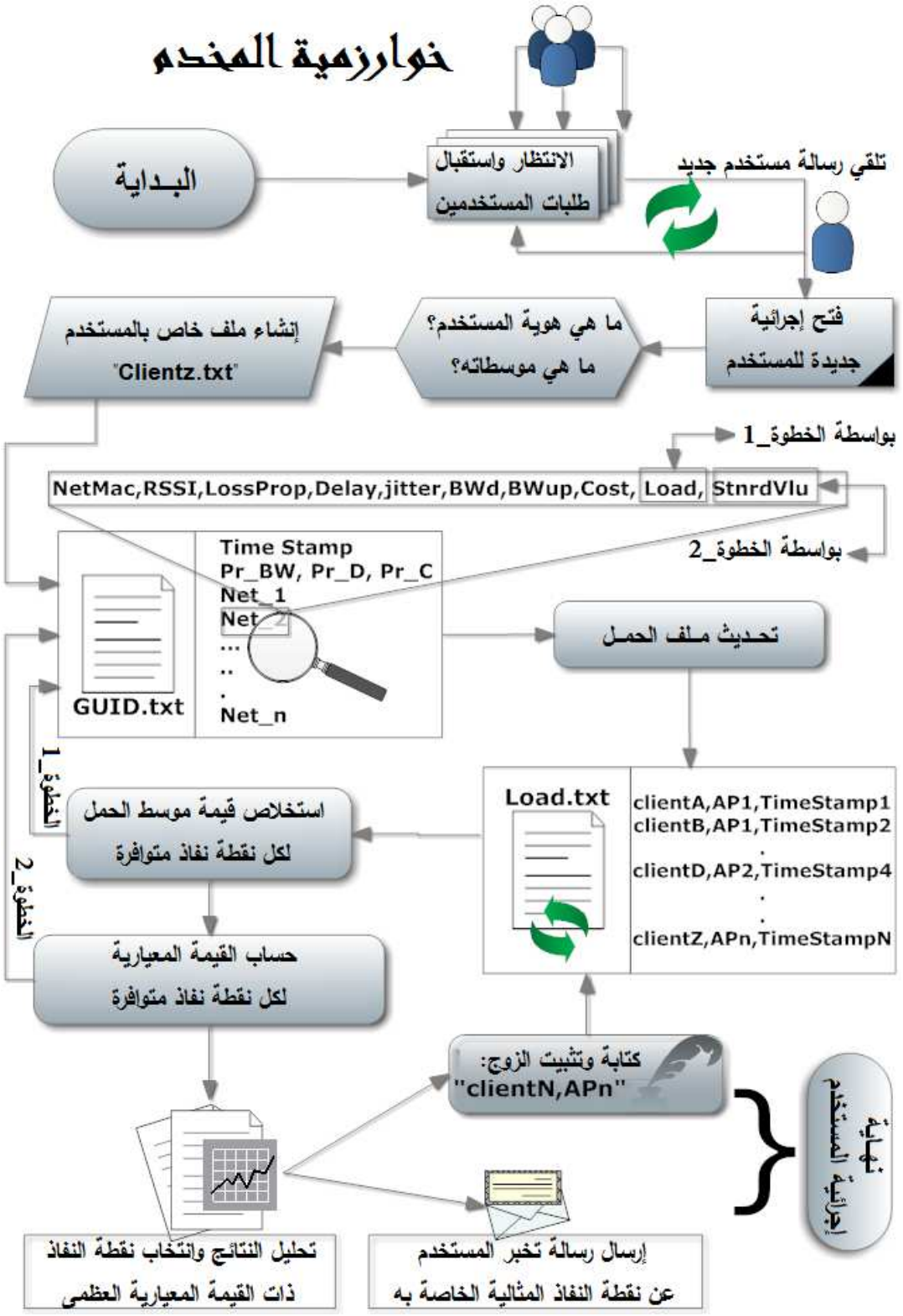
### 2.2.4. برنامج تحليل المخدم

يوضح الشكل (4-3) طريقة عمل الخوارزمية الخاصة ببرنامج التحليل للمخدم. يبدأ برنامج المخدم بانتظار جميع الطلبات الخاصة باختيار المسار الأمثلي، ويُخصَص لهذا الغرض بوابة ذات رقم محدد تقوم بالاستماع (التنصت) لمثَل تلك الطلبات. عندما يتلقى البرنامج طلباً والذي يكون على شكل رسالة نصية، يقوم المخدم بفتح إجرائية خاصة لمعالجة ذلك الطلب، ثُمَّ يعود بعدها مباشرةً إلى حالة التنصت واستقبال الطلبات الجديدة. وبهذا فإنه يتجنب فقد أي من الطلبات التي قد ترد أثناء معالجته لإحدى الطلبات، مما يسمح بالتعامل مع أكثر من مستخدم واحد في آنٍ واحد. أما الإجرائية المخصصة للمستخدم فلها نفس الروتين لجميع المستخدمين، إذ تبدأ بقراءة الرسالة والتعرف على المستخدم المرسل من قراءة الهوية العالمية العميمة (GUID)، والتعرف على تفضيلات ذلك المستخدم. ثُمَّ بعد ذلك ينشئ المخدم ملفاً خاصاً بالمستخدم وهو ملف نصي، يسميه باسم الموسط الهوية العالمية العميمة الخاص بالمستخدم أي "GUID.txt"، ويحتوي هذا الملف على توقيت إنشائه ويحتل السطر الأول منه، ثُمَّ يليه في السطر الثاني تفضيلات المستخدم التي جرى استخراجها من الرسالة النصية الخاصة بالشخص المرسل. وأما السطور من ثلاثة ومافوق فكل منها يحتوي على المعلومات والقياسات لكل مسار من المسارات اللاسلكية (أي أن كل سطر يمثل أحد المسارات المتوافرة بجوار المستخدم) حيث يجري

استنباط موسطات القياس الخاصة بكل مسار من مجموع المعلومات الخاصة بالمسارات اللاسلكية والتي تكون موجودة ضمن ذات الرسالة النصية. وبتمرير معلومات السطور الخاصة بكل مسار(أو الخاصة بكل شبكة) إلى ملف الحمل لدى المخدم وخاصة تلك المعلومات المتعلقة بأسماء نقاط النفاذ المتوافرة لدى المستخدم، وبمقارنة التقاطعات مع نقاط النفاذ الموجودة أصلاً في ملف الحمل، يجري استنتاج قيم الحمل لكل مسار من المسارات (سطر من أسطر ملف المستخدم) وتوضع في نهاية السطر المعني. ومن الجدير بالذكر أنه وقبل أن يجري استخدام ملف الحمل تُجرى له عملية تحديث، وتتمثل هذه العملية بحذف جميع المستخدمين الذين لم يعودوا متصلين بالنقاط المنتخبة المثالية منذ فترة زمنية تزيد عن فترات دورة التحديث. وتحدث هذه الحالة عند عدم إرسال أي رسالة تحديث مهمتها إخبار المخدم عن التواجد الفعال للمستخدم.

أصبحت السطور بعد اكتمال جميع الموسطات اللازمة، مهيئة للاستخدام في العلاقة الرياضية المقترحة (النموذج المقترح) التي تقوم بحساب القيمة المعيارية لكل خيار (سطر)، وبالفعل يجري حساب كل القيم المعيارية لجميع السطور وتوضع في نهاية كل سطر من تلك السطور كلٍ حسب الخيار المعني.

وباستخدام عملية تحليل بسيطة للحلول (الخيارات)، يجري انتخاب أفضل حل يحقق شروط المستخدم، ويساعد على توازن مصادر الشبكات المتوافرة. وتعتمد عملية التحليل على إيجاد أكبر قيمة معيارية جرى حسابها، ثُمَّ قراءة نقطة النفاذ المثلى التي حققت تلك القيمة المعيارية الكبرى. بعد معرفة نقطة النفاذ المثالية؛ يجري إعداد رسالة نصية مؤلفة من معرف المستخدم ومن النقطة المثالية المنتخبة له، حيث ترسل هذه الرسالة بشكل عام ليتلقاها المستخدم المعني بدوره. وتجدر الإشارة إلى ضرورة تمرير هذه المعلومات إلى ملف الحمل من أجل حفظها وإعطائها تاريخ الإنشاء، حيث يُستخدم هذا التاريخ لمعرفة زمن وعمُر كل زوج من أزواج (مستخدم – نقطة نفاذه). وبهذا فإن الإجرائية الخاصة بالمستخدم، والتي جرى البدء بها عند تلقي طلب البحث عن نقطة النفاذ المثالية تكون قد انتهت. كما أن باستطاعة المخدم تلقي الطلبات ومعالجتها على التوازي وسبب تحقق هذا هو القدرة على فتح إجرائية خاصة بكل مستخدم على حدة.




**الشكل (4-3) خوارزمية المخدم لتلبية طلبات البحث عن أفضل نقطة نفاذ لاسلكية مجاورة**

# الفصل الخامس

# الاختبارات العملية ونتائج القياس

# Tests & Results

## 1.5. عينة الاختبار

جرى اختبار النموذج المطور بواسطة مجموعة من أجهزة الحواسيب المحمولة التي تكون عادةً مزودة بأنواع مختلفة من واجهات التواصل القادرة على تأسيس الاتصال الشبكي. وقد ركزنا في التجارب العملية التي أجريناها على نوعين فقط من أنواع واجهات التواصل، النوع الأول هو واجهة التواصل المحلية اللاسلكية WLAN interface، والنوع الآخر هو واجهة التواصل اللاسلكية للجيل الثالث 3G wireless interface. وقمنا باستخدام ستة أجهزة (أي مايكافئ ستة مستخدمين). وفيما يخص نقاط النفاذ اللاسلكية WAP فإن عددها راوح من 3 إلى 4 نقاط. والتواجد يكون بقرب أبراج الاتصال الخاصة بالجيل الثالث، والمزوديّن المتوافريّن لهذه الخدمة هما إم تي إن MTN وسيريتل Syriatel. كما اعتمدنا على وجود مخدم بشكل أساسي ليعمل على تنفيذ كافة الطلبات الموكلة إليه.

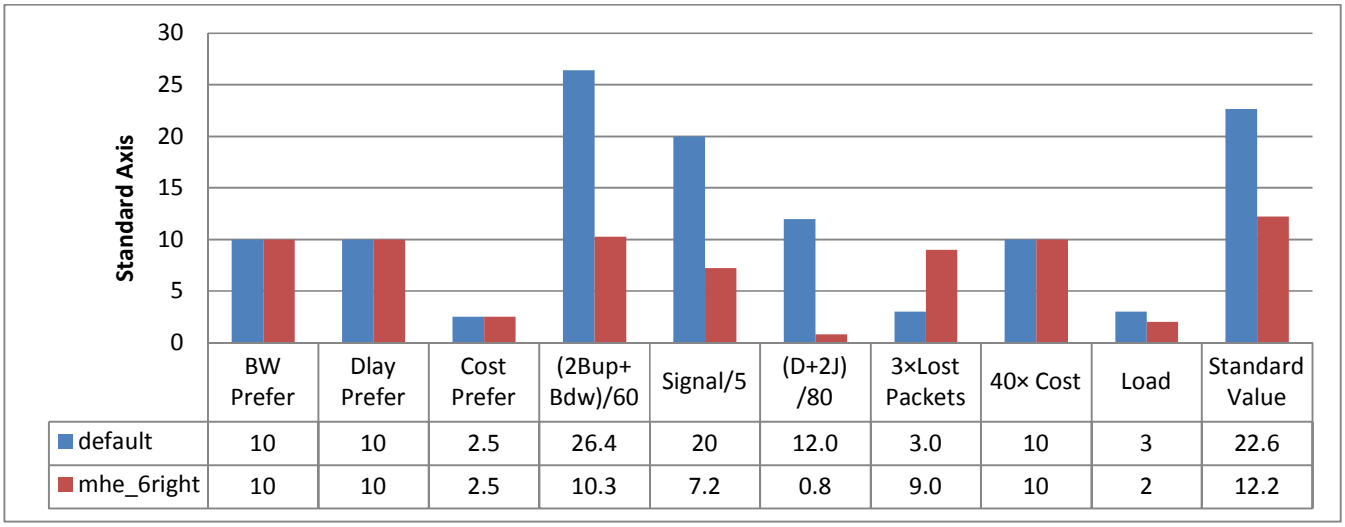
## 2.5. وصف التجربة

في البداية يجري تشغيل برنامج المخدم الذي يضع نفسه في حالة انتظار للرد على جميع الطلبات القادمة من الأجهزة المحمولة، حيث تُدار هذه الأجهزة بمساعدة بعض الأشخاص الذين توكل إليهم مهمة تشغيل ومتابعة برنامج المستخدم والموجود ضمن تلك الأجهزة المحمولة. يغير المستخدمون وبشكل عشوائي أماكن تواجدهم بالإضافة إلى تغيير المتطلبات الأساسية الخاصة باختيارهم للمسار الأمثلي.

تبدأ التجربة حيث يطلب من المستخدمين البدء باستخدام البرنامج بشكل متتابع أو بشكل متوازي وبأوقات متفاوتة فيما بينهم، والهدف من ذلك الاقتراب من الواقع الحقيقي العشوائي قدر الإمكان، وفي كل مرة يجري فيها تلبية إحدى طلبات المستخدمين يجري الاحتفاظ بالملف الخاص لهذا المستخدم ضمن مجلد مخصص لهذا الغرض موجود عند طرف المخدم. وبالفعل حصلنا على مايقارب العشرين ملف، وهي مختلفة فيما بينها من حيث معظم المحددات المقاسة، وأيضاً من حيث المتطلبات والتفضيلات لكل ملف من ملفات المستخدمين. جرى انتقاء حوالي خمسة ملفات شخصية لعرضها في هذا الفصل وجرت معالجتها من قبل برنامج المخدم للوصول إلى الحل الأمثلي أما بقية السيناريوهات فقد وُضعت في الملحق مع تحليلاتها.

## 3.5. النتائج والاختبارات العملية

يمثل الشكل (5-1) نتائج تنفيذ الاختبار الأول للطريقة المقترحة من أجل سيناريو يتمثل بوجود أحد المستخدمين وهو موجود بجوار اثنتين من نقاط النفاذ المحلية اللاسلكية التي تحمل الأسماء (default) و (mhe_6right)، وتمثل هذه الأسماء التعريفية كلتا النقطتين. الأولى (default) باللون الأزرق والثانية (mhe_6right) باللون الأحمر، وطالما أن الذي وضع متطلباته هو ذات الشخص، لذلك تكون تفضيلاته (كمحدد تفضيل عرض المجال أو محدد تفضيل التكلفة) واحدة لكلتا النقطتين. وهذا مايوضحه الشكل (5-1) حيث أن تفضيل عرض المجال الترددي (BW.Prfnc) متساوي دوماً فيما بين نقطتي النفاذ وكذلك الأمر بالنسبة لمطلب التأخير الزمني (Dly.Prfnc) ومطلب التكلفة (Cost.Prfnc). طلب المستخدم في هذا السيناريو أن يكون للحل الذي سيقع عليه الاختيار أفضل عرض مجال ترددي وأقل تأخير زمني حيث أعطيت القيمة 10 للمحددين، ولم يكن التفضيل مهتماً بالتكلفة أي أن المستخدم جعل التكلفة آخر أولوياته, ومن ثُمَّ أُعطيت القيمة 2.5. كان قياس عرض المجال الترددي للوصلتين الصاعدة والهابطة لكلتا النقطتين متفاوتاً فيما بينهما حيث حصلت نقطة النفاذ الزرقاء على قيمة أعلى من 25 بينما كانت النقطة الحمراء هي بحدود القيمة 10. أيضاً كانت قوة الإشارة المستقبلة أفضل للنقطة الزرقاء، في حين كان التأخير الزمني وعامل التشتت المرافق طاغياً وبشكل سلبي على النقطة الزرقاء، وفيما يتعلق بمعدل فقد الرزم عادت النقطة الزرقاء وبمعدل فقد أقل لتتفوق على نظيرتها. أما بالنسبة للتكلفة فكانت لكلتا النقطتين نفس التكلفة نظراً لانتمائهما إلى نفس نوع الشبكة المتمثل بالشبكة المحلية اللاسلكية، وبالنسبة للحمل لم يكن الفارق كبيراً بينهما، الأمر الذي لم يؤثر كثيراً في احتساب القيمة المعيارية النهائية لكلتا النقطتين، حيث كان التفوق في نهاية المطاف في الاختيار لمصلحة النقطة الزرقاء (default) التي أرسلها المخدم في نهاية عملية البحث كنقطة نفاذ مثالية إلى المستخدم المعني.




| | BW Prefer | Dlay Prefer | Cost Prefer | (2Bup+ Bdw)/60 | Signal/5 | (D+2J) /80 | 3×Lost Packets | 40× Cost | Load | Standard Value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| default | 10 | 10 | 2.5 | 26.4 | 20 | 12.0 | 3.0 | 10 | 3 | 22.6 |
| mhe_6right | 10 | 10 | 2.5 | 10.3 | 7.2 | 0.8 | 9.0 | 10 | 2 | 12.2 |

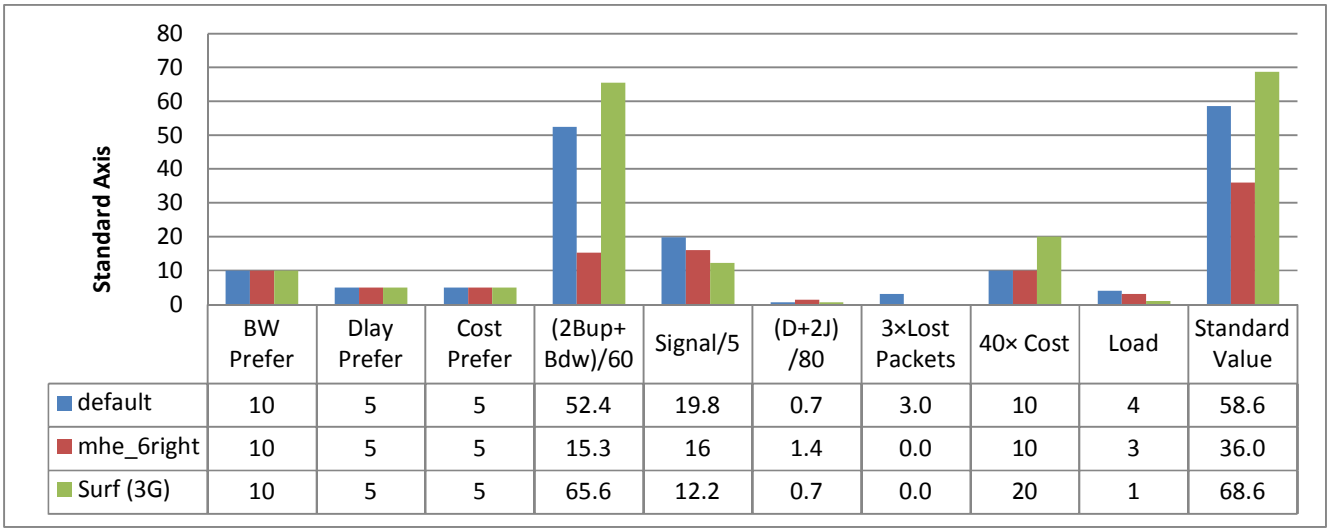
**الشكل (5-1) نتائج الاختبار الأول من أجل نقطتي نفاذ لشبكة محلية لاسلكية**

في هذا النوع من التحليل يجب فصل العوامل إلى عوامل إيجابية وأخرى سلبية، اعتماداً على تأثير كل محدد على زيادة القيمة المعيارية لنقطة النفاذ أو إنقاصها. فالعوامل الإيجابية هي عرض المجال الترددي المتوافر، وقوة الإشارة المستقبلة، وعامل تفضيل عرض المجال. تقع العوامل الإيجابية في بسط العلاقة الرياضية المقترحة، ومن ثُمَّ تزيد من القيمة المعيارية المحتسبة. أما العوامل السلبية فهي عامل تفضيل التأخير، وعامل تفضيل التكلفة، والتأخير الزمني والتشتت، وفقد الرزم، والتكلفة(التسعيرة)، والحمل. حيث تعمل العوامل السلبية على إنقاص القيمة المعيارية المقترحة.

ومن الجدير بالذكر أيضاً، أن مناقشة الأشكال البيانية ينبغي أن يجري بدايةً على أساس مدى مطابقة القياسات، خصوصاً عرض المجال الترددي المقاس نظراً لأهميته الكبيرة في جودة الاتصال، مع النتائج النهائية المتمثلة بالقيم المعيارية الناتجة لكل نقطة نفاذ من جهة أخرى.

ويمثل الشكل (5-2) نتائج سيناريو ثاني لمستخدم آخر متواجد بجوار أحد أبراج إحدى شبكات الجيل الثالث Surf(3G) المتمثلة باللون الأخضر في المخطط البياني، إضافةً إلى وجود نقطتي نفاذ لاسلكيتن محليتين. في هذا السيناريو كانت قيم معظم المحددات مهملة ماعدا أربعة محددات أثرت على نتائج القيم المعيارية للشبكات الثلاث، وهذه العوامل هي عامل تفضيل عرض المجال وقياس عرض المجال إضافةً إلى قوة الإشارة المستقبلة والتكلفة. أصبح محدد التكلفة مهملاً نظراً إلى أن عامل التفضيل للتكلفة جرى اختياره

على أن يكون في أدنى مستوى له، كما نلاحظ مدى تناغم نتائج الاختيار النهائية مع قياسات عرض المجال الترددي، خاصةً أنه تم تفضيله بشكل أكبر من باقي المحددات. أما فيما يتعلق بقوة الإشارة المستقبلة فنرى في النتيجة النهائية محاولة اقتراب نقطة النفاذ الزرقاء (default) من الخضراء Surf(3G) نظراً لامتلاك الزرقاء قوة إشارة أكبر من الخضراء. في النهاية وعلى واقع هذه العوامل وقع الاختيار على شبكة الجيل الثالث لامتلاكها أكبر قيمة معيارية محتسبة.

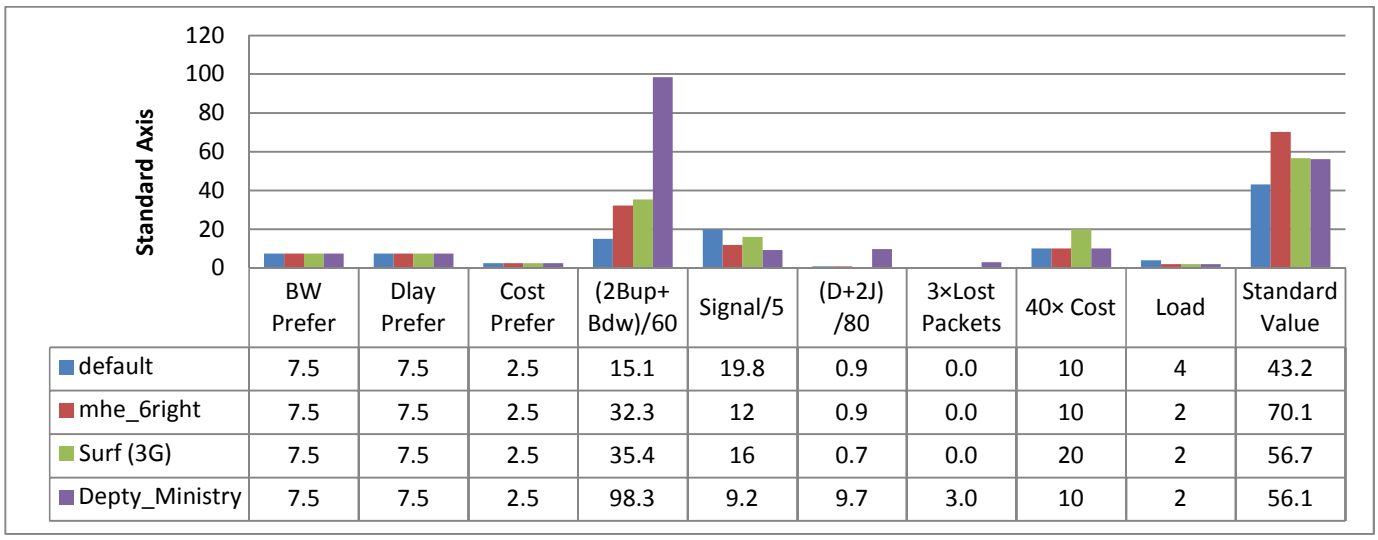



| | BW Prefer | Dlay Prefer | Cost Prefer | (2Bup+ Bdw)/60 | Signal/5 | (D+2J) /80 | 3×Lost Packets | 40× Cost | Load | Standard Value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| default | 10 | 5 | 5 | 52.4 | 19.8 | 0.7 | 3.0 | 10 | 4 | 58.6 |
| mhe_6right | 10 | 5 | 5 | 15.3 | 16 | 1.4 | 0.0 | 10 | 3 | 36.0 |
| Surf (3G) | 10 | 5 | 5 | 65.6 | 12.2 | 0.7 | 0.0 | 20 | 1 | 68.6 |

**الشكل (5-2) نتائج الاختبار الثاني لنقطتي نفاذ إلى شبكة محلية لاسلكية ونقطة نفاذ لشبكة الجيل الثالث.**

يبيّن الشكل (5-3) نتائج الاختبار الثالث وفيه يتواجد المستخدم بجوار أربعة منافذ لاسلكية، ثلاثة منها هي نقاط نفاذ لاسلكية محلية والرابعة هي أحد أبراج خدمة الجيل الثالث. في هذا السيناريو تكاد تكون النتائج النهائية متقاربة من بعضها البعض، لكن الاختيار النهائي وقع على شبكة لاسلكية محلية متمثلة بنقطة النفاذ (mhe_6right) رغم أنها كانت تحتل المرتبة الثالثة من حيث عرض المجال المقاس، ويعود سبب اختيارها إلى تراجع القيمة المعيارية لنقطة النفاذ (Depty_Ministry) كون محدد قوة إشارتها هو الأخفض مقارنة مع نظرائها وكونها تملك أعظم قيمة سلبية في محدد التأخير الزمني ومحدد فقد الرزم، ومع وجود تفضيل لأن يكون التأخير الزمني أقل مايمكن، الأمر الذي ضاعف في هذه السلبية. وبالمقابل لم تتحسن العوامل الخاصة بنقطة النفاذ لشبكة الجيل الثالث، حيث كانت الشبكة تحتل المركز الثاني من حيث

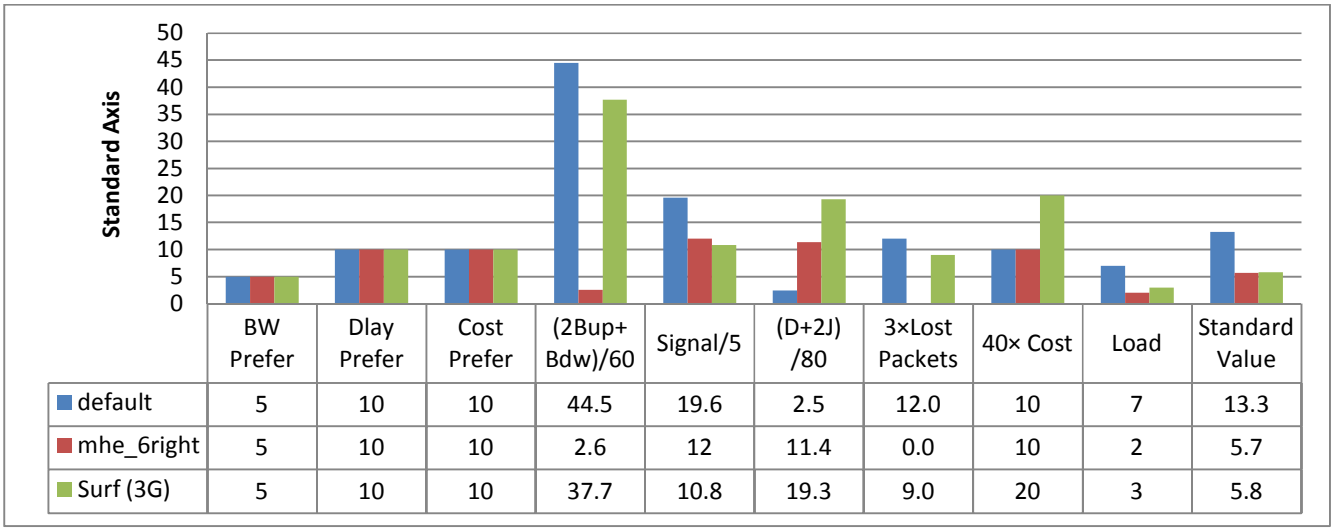
عرض المجال المقاس وبقيت أيضاً في المرتبة الثانية في النتيجة المحتسبة للقيم المعيارية خاصة أنها كانت ذات محدد تكلفة عالي. امتلكت النقطة المنتخبة عوامل إيجابية ساعدتها لتأخذ أعظم قيمة معيارية محتسبة ليتم اختيارها في النتيجة النهائية، نذكر من هذه العوامل التدني الكبير في العامل السلبي للتأخير الزمني وفي فقد الرزم.




| | BW Prefer | Dlay Prefer | Cost Prefer | (2Bup+ Bdw)/60 | Signal/5 | (D+2J) /80 | 3×Lost Packets | 40× Cost | Load | Standard Value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| default | 7.5 | 7.5 | 2.5 | 15.1 | 19.8 | 0.9 | 0.0 | 10 | 4 | 43.2 |
| mhe_6right | 7.5 | 7.5 | 2.5 | 32.3 | 12 | 0.9 | 0.0 | 10 | 2 | 70.1 |
| Surf (3G) | 7.5 | 7.5 | 2.5 | 35.4 | 16 | 0.7 | 0.0 | 20 | 2 | 56.7 |
| Depty_Ministry | 7.5 | 7.5 | 2.5 | 98.3 | 9.2 | 9.7 | 3.0 | 10 | 2 | 56.1 |

**الشكل (5-3) نتائج الاختبار الثالث لحالة ثلاث نقاط نفاذ محلية ونقطة نفاذ لشبكة الجيل الثالث.**

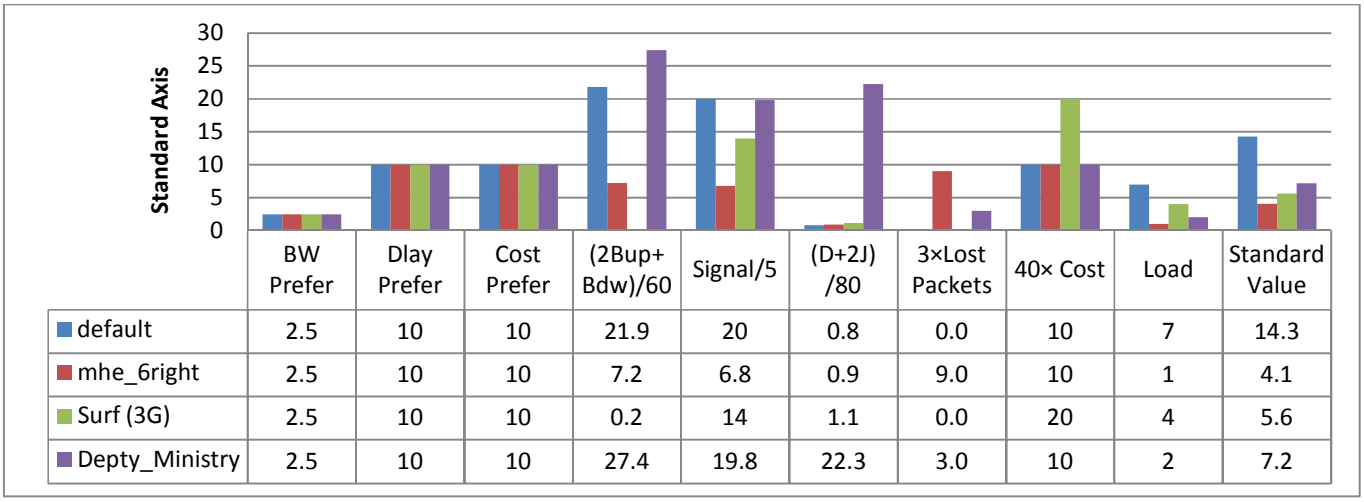
يبيّن الشكل (5-4) نتائج الاختبار الرابع وفيه كانت نقطة النفاذ المنتخبة منطقية كونها تمتلك جميع العوامل المساعدة التي تمثلت بأعلى قوة إشارة مستقبلة وأخفض تأخير، وكان التركيز في عوامل التفضيل مركزاً على محددات التأخير والتكلفة وبشكل متوسط على محدد عرض المجال إلا أنها امتلكت محدد حمل كبير وأيضاً فقد رزم كبير، الأمر الذي جعل القيمة المعيارية المحتسبة منخفضة نسبياً. ولو كانت هنالك نقطة أخرى منافسة تمتلك خواص أفضل لكانت هي المنتخبة عوضاً عن هذه النقطة. ويعود سبب انخفاض القيمة المعيارية لنقطة الجيل الثالث، رغم أنها في بداية الأمر كان لها عرض المجال الترددي المقاس جيد جداً مقارنة مع نقطة (mhe_6right)، إلى انخفاض قوة الإشارة المستقبلة والارتفاع في المحدد السلبي لكل من محدد التأخير الزمني ومحدد فقد الرزم ومحدد التكلفة وجميعها عوامل جرى التركيز عليها من خلال متطلبات المستخدم.




| | BW Prefer | Dlay Prefer | Cost Prefer | (2Bup+ Bdw)/60 | Signal/5 | (D+2J) /80 | 3×Lost Packets | 40× Cost | Load | Standard Value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| default | 5 | 10 | 10 | 44.5 | 19.6 | 2.5 | 12.0 | 10 | 7 | 13.3 |
| mhe_6right | 5 | 10 | 10 | 2.6 | 12 | 11.4 | 0.0 | 10 | 2 | 5.7 |
| Surf (3G) | 5 | 10 | 10 | 37.7 | 10.8 | 19.3 | 9.0 | 20 | 3 | 5.8 |

**الشكل (5-4) نتائج الاختبار الرابع لحالة نقطتي نفاذ محلية ونقطة نفاذ لشبكة الجيل الثالث.**

يبيّن الشكل (5-5) الاختبار الخامس والذي جرى التركيز فيه على تجاهل عرض المجال الترددي BW في التفضيل، والتركيز على تفضيل محدد التأخير الزمني ومحدد التكلفة لإيجاد أفضل اختيار ممكن. وقد أدى ذلك إلى تراجع القيمة المعيارية للنقطة (Depty_Ministry) على الرغم من عرض المجال المقاس الكبير، إلا أن محدد التأخير الزمني المقاس لنقطة النفاذ هذه كبير للغاية، مما أدى إلى تقدم القيمة المعيارية للنقطة (default) عليها لتكون هي نقطة النفاذ المختارة.




| | BW Prefer | Dlay Prefer | Cost Prefer | (2Bup+ Bdw)/60 | Signal/5 | (D+2J) /80 | 3×Lost Packets | 40× Cost | Load | Standard Value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| default | 2.5 | 10 | 10 | 21.9 | 20 | 0.8 | 0.0 | 10 | 7 | 14.3 |
| mhe_6right | 2.5 | 10 | 10 | 7.2 | 6.8 | 0.9 | 9.0 | 10 | 1 | 4.1 |
| Surf (3G) | 2.5 | 10 | 10 | 0.2 | 14 | 1.1 | 0.0 | 20 | 4 | 5.6 |
| Depty_Ministry | 2.5 | 10 | 10 | 27.4 | 19.8 | 22.3 | 3.0 | 10 | 2 | 7.2 |

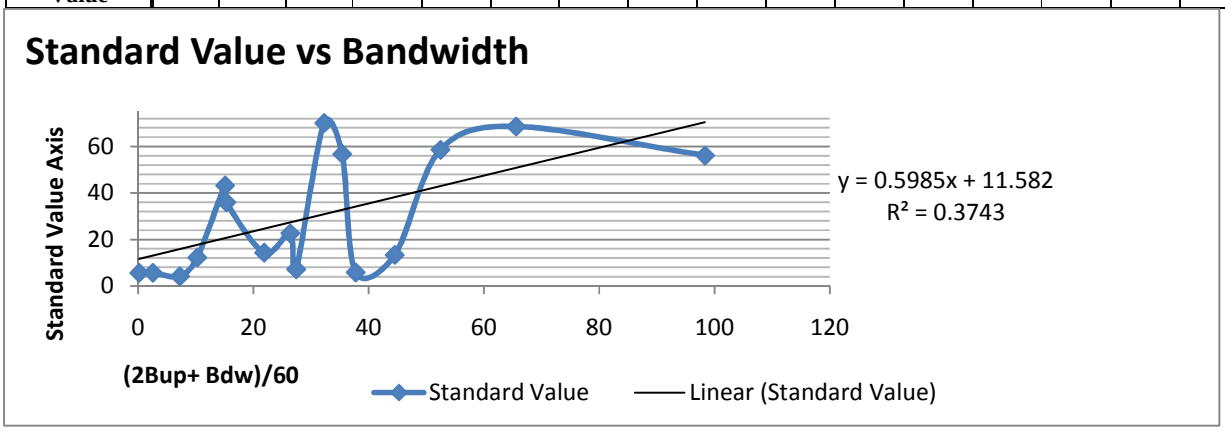
**الشكل (5-5) نتائج الاختبار الخامس لحالة ثلاث نقط نفاذ محلية ونقطة نفاذ لشبكة الجيل الثالث.**

## 4.5. منحنيات تغير القيمة المعيارية للشبكة مع تغير المعاملات

سنقوم بإيجاد منحنيات تغير القيم المعيارية لاختيار شبكة النفاذ، وعلاقتها مع الموسطات المختلفة. وقد أُخذَت قيم المنحنيات من النتائج المعروضة في الاختبارات السابقة، وهي تضم عدداً جيداً من الحالات غير المترابطة بحيث يمكننا الاعتماد عليها في مجال التوزع العشوائي للنتائج. حيث جُمعَت على شكل جداول مؤلفة من ثلاثة أسطر، الأول هو تسلسل النقاط، والثاني يحوي عينات الموسط المعين وهي مرتبة تصاعدياً، ويحوي السطر الثالث العينات المقابلة من القيم المعيارية. وجرى إرفاق هذه الجداول مع أشكال المنحنيات الناتجة عنها. ولهذه المنحنيات أهمية كبيرة في إيجاد مدى التوافق الذي تقدمه الطريقة المقترحة.

يبيّن الشكل (5-6) علاقة تغير القيمة المعيارية بتغير موسط عرض المجال الترددي، الذي يُعدّ من أهم الموسطات التقيمية لمستوى الأداء. ويبيّن مستقيم العلاقة الخطية (y=mx+b) للمنحني الناتج، تزايد القيمة المعيارية بتزايد موسط عرض المجال الترددي، وهي الحالة الطبيعية المرجوة، حيث أن ميل مستقيم العلاقة الخطية موجب. أما $R^2$ فتمثل مدى تطابق المنحني مع مستقيم العلاقة الخطية، حيث يكون المنحني متطابق مع الخط المستقيم إذا كانت $R^2=1$ وهي أعظم قيمة ممكنة.

| Intercept | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (2Bup+ Bdw)/60 | 0.2 | 2.6 | 7.2 | 10.3 | 15.1 | 15.3 | 21.9 | 26.4 | 27.4 | 32.3 | 35.4 | 37.7 | 44.5 | 52.4 | 65.6 | 98.3 |
| Standard Value | 5.6 | 5.7 | 4.1 | 12.2 | 43.2 | 36.0 | 14.3 | 22.6 | 7.2 | 70.1 | 56.7 | 5.8 | 13.3 | 58.6 | 68.6 | 56.1 |

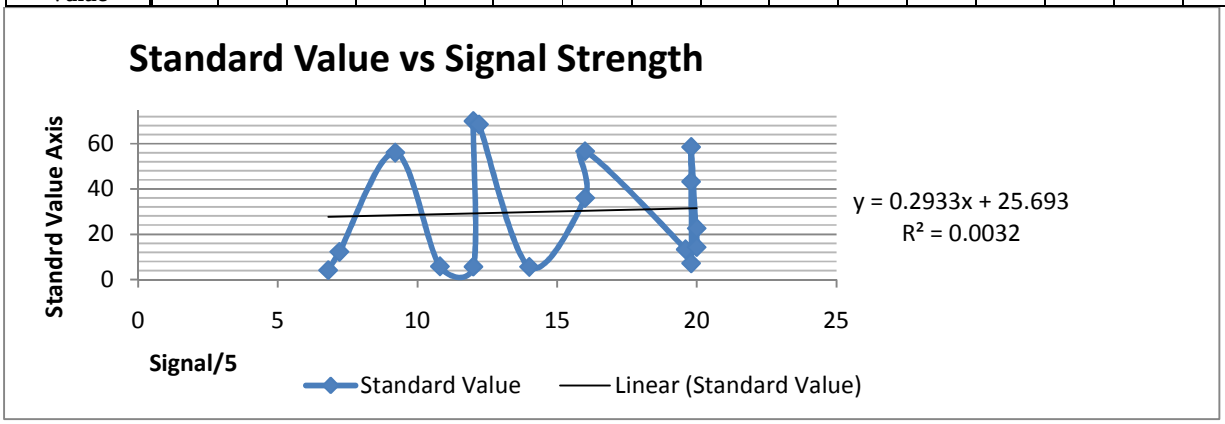



**الشكل (5-6) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط عرض المجال الترددي (2Bup+ Bdw)/60.**

كما أن قرب النقاط أو ابتعادها عن الخط المستقيم يتعلق بظروف التجربة، ونلاحظ قرب النقطة الناتجة عن الاختبار الأول من المستقيم في التقاطع 4، وأيضاً النقطة في التقاطع 8، وذلك بسبب تركيز الطلب على عرض المجال الترددي في الاختبار الأول السابق.

يبيّن الشكل (5-7) تناوب القيم المعيارية المحتسبة بتزايد قوة الإشارة المستقبلة. أما مستقيم العلاقة الخطية فله ميل بسيط، وهذا يعني أن هنالك علاقة طردية خفيفة بين تزايد القيمة المعيارية مع تزايد قوة الإشارة المستقبلة. وهذه نتيجة منطقية، عندما تعمَّدنا وضع نسبة 20 لقوة الإشارة المستقبلة في حين وضعنا نسبة 80 لعرض المجال الترددي، حيث وجدنا القيمة المعيارية متزايدة بشكل ملحوظ في الشكل (5-6).

| Intercept | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Signal/5 | 6.8 | 7.2 | 9.2 | 10.8 | 12.0 | 12.0 | 12.2 | 14.0 | 16.0 | 16.0 | 19.6 | 19.8 | 19.8 | 19.8 | 20.0 | 20.0 |
| Standard Value | 4.1 | 12.2 | 56.1 | 5.8 | 5.7 | 70.1 | 68.6 | 5.6 | 36.0 | 56.7 | 13.3 | 7.2 | 43.2 | 58.6 | 14.3 | 22.6 |

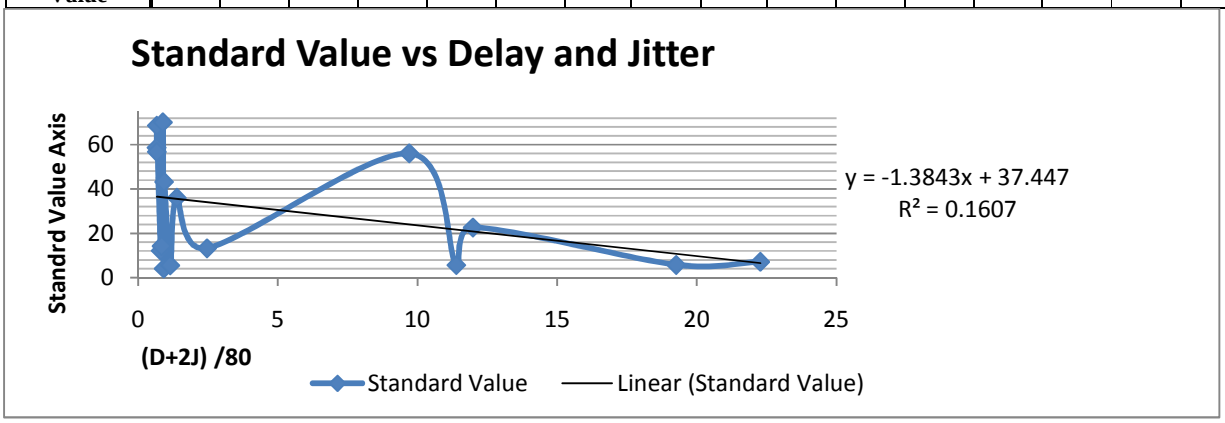



**الشكل (5-7) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط قوة الإشارة المستقبلة Signal/5.**

أما سبب تباعد أو تقارب النقاط من الخط المستقيم فيعود لتباين قوة الإشارة المستقبلة ولايحوي أي مؤشر.

يبيّن الشكل (5-8) علاقة تغير القيمة المعيارية بتزايد موسط التأخير الزمني، حيث يبيّن مستقيم العلاقة الخطية بأنها علاقة طردية عكسية. أما بالنسبة للنقاط المنطبقة على الخط المستقيم، مثل التقاطع 16 التابعة للاختبار الخامس والتقاطع 14 التابعة للاختبار الأول، في كلتا النقطتين كان لموسط التأخير الزمني قيمة مرتفعة نسبياً، يضاف إلى ذلك تركيز الأولوية على هذا الموسط في كلا الاختبارين.

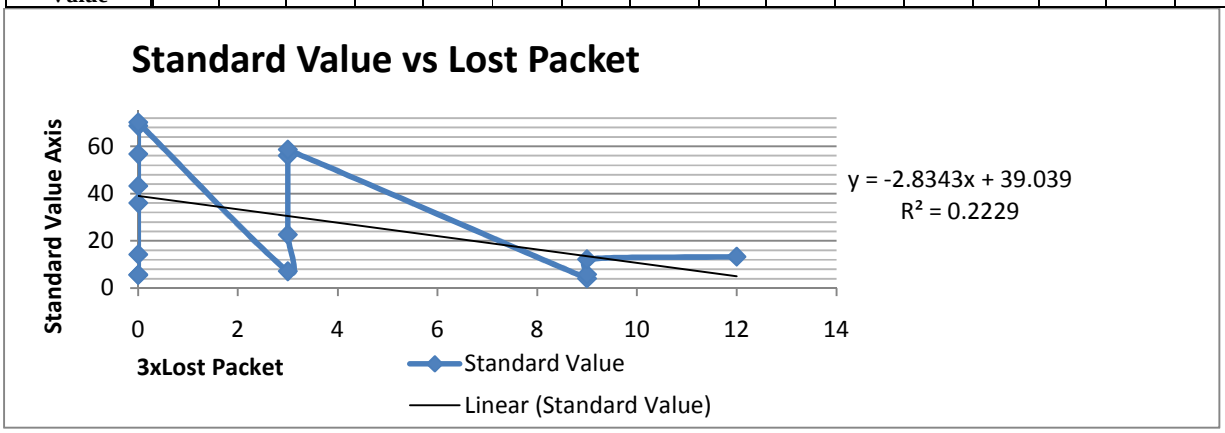
| Intercept | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (D+2J) /80 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.2 | 1.4 | 2.5 | 9.7 | 11.4 | 12.0 | 19.3 | 22.3 |
| Standard Value | 58.6 | 56.7 | 68.6 | 12.2 | 14.3 | 70.1 | 4.1 | 43.2 | 5.6 | 36.0 | 13.3 | 56.1 | 5.7 | 22.6 | 5.8 | 7.2 |




**الشكل (5-8) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط التأخير الزمني (D+2J) /80.**

يُلاحظ في الشكل (5-9) أيضاً التناسب الطردي العكسي بين موسط الرزم الضائعة مع موسط القيمة المعيارية الممثلة للشبكة، ولهذا فإن ميل مستقيم العلاقة الخطية ذو قيمة سالبة. وهذا ما هدفنا لتحقيقه عندما وضعنا موسط الرزم الضائعة في مقام علاقة القيمة المعيارية الممثلة للشبكة.

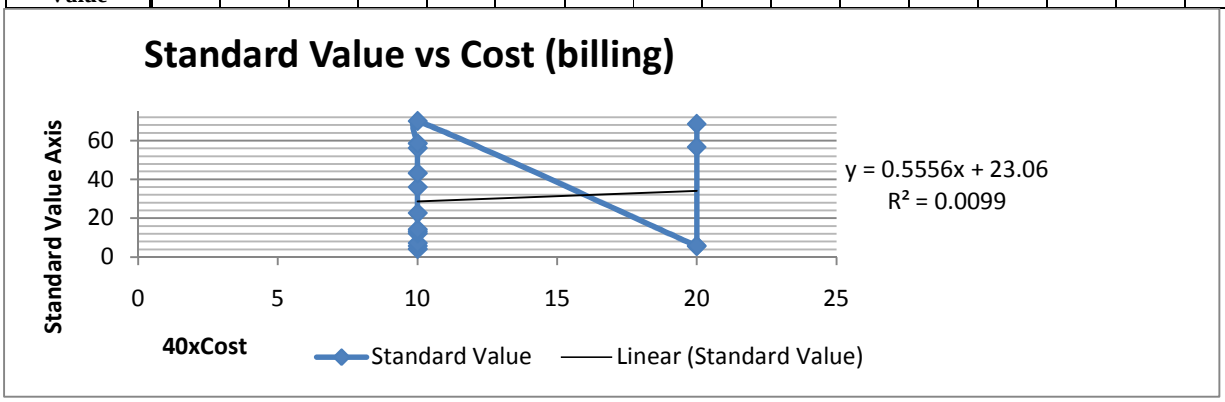
| Intercept | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3×Lost Packets | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 12.0 |
| Standard Value | 5.6 | 5.7 | 14.3 | 36.0 | 43.2 | 56.7 | 68.6 | 70.1 | 7.2 | 22.6 | 56.1 | 58.6 | 4.1 | 5.8 | 12.2 | 13.3 |




**الشكل (5-9) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط عدد الباكيت 3×Lost Packets.**

يبيّن الشكل (5-10) أن قيم موسط التكلفة تنقسم لمجموعتين فقط هما: 20 و 10 ، وهذا عائد لكون انحصار الفوترة في طريقتين هما انترنت الجيل الثالث وانترنت ADSL على الترتيب. وكان الاختيار متركز على خيار ADSL بنسبة 12 إلى 16 بسبب السعر الأقل.

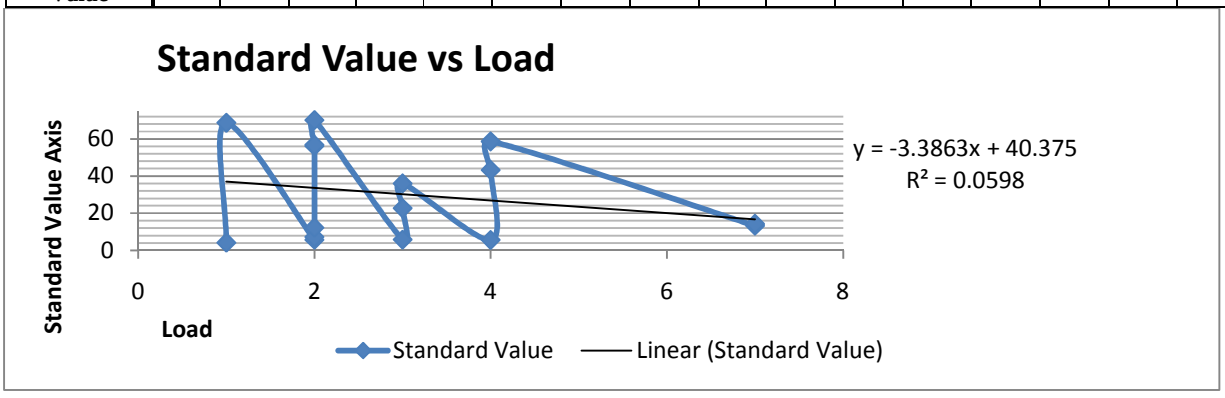
| Intercept | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40× Cost | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| Standard Value | 4.1 | 5.7 | 7.2 | 12.2 | 13.3 | 14.3 | 22.6 | 36.0 | 43.2 | 56.1 | 58.6 | 70.1 | 5.6 | 5.8 | 56.7 | 68.6 |




**الشكل (5-10) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط التكلفة 40× Cost.**

نلاحظ في الشكل (5-11) أن تزايد قيمة موسط الحمل يتناسب عكساً مع تزايد القيمة المعيارية، وذلك للمدى البعيد. ولهذا السبب كان ميل مستقيم العلاقة الخطية سالباً.

| Intercept | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Load | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 7.0 | 7.0 |
| Standard Value | 4.1 | 68.6 | 5.7 | 7.2 | 12.2 | 56.1 | 56.7 | 70.1 | 5.8 | 22.6 | 36.0 | 5.6 | 43.2 | 58.6 | 13.3 | 14.3 |




**الشكل (5-11) العلاقة الخطية لتغير القيمة المعيارية بتغير موسط الحمل Load.**

وبقراءة جميع النتائج والمنحنيات، نلاحظ أن القيمة المعيارية هي قيمة مناسبة للقياس والانتخاب بين نوعين من أنواع الشبكات اللاسلكية، مما يعني إمكانية توسيع تطبيقها على مجموع الشبكات اللاسلكية للجيل القادم بمختلف أنواعها. حيث تتناسب القيمة المعيارية طرداً مع كل من موسط عرض المجال الترددي ومع قوة الإشارة، وعكساً مع باقي الموسطات (التشتت والتأخر الزمني، وضياع الرزم، والتكلفة، وأخيراً الموسط المقترح "الحمل"). وقد جرى الحصول على نتائج الاختبارات في بيئة قد تمثل إلى حد كبير البيئة الجديدة للجيل الرابع 4G، حيث أُجريت التجارب العملية ضمن بيئة مؤلفة من نوعين مختلفين تقانياً وهو ما لم يتم في ]37[، حيث فرض المؤلفون خوارزمية للتنبؤ بالزمن اللازم لإتمام عملية نقل المعلومات وأيضا للتنبؤ بفائض الزبون، ومهمة هذه الخوارزمية هي التأكيد على أن يكون المستخدم متصل فقط بالشبكة رخيصة السعر التي يكون فيها زمن إتمام النقل أقل من قيمة حدية يقوم عادةً المستخدم بوضعها.

كما افتقرت النتائج التي حصل عليها [47] على الأساس الرياضي في بناء علاقة تضم مجموعة الموسطات التي استخدموها في اختيارهم لشبكة النفاذ.

وتتميز منحنيات نتائج القيمة المعيارية بأنها نسبية تراعي بالخصوص متطلبات المستخدم وهذا ما لم تقوم عليه النتائج التي توصل إليها [48]، على الرغم من تصميم خوارزمية لاختيار شبكة النفاذ وذلك لعدم إدراج بعض الموسطات الهامة مثل تفضيلات المستخدم والتسعيرة.

وبالنظر إلى النتائج الموجودة التي تم الحصول عليها من النهج المعتمد في هذا البحث نجد أنه يحقق التوازن، مما يضمن التأثير النسبي للموسطات أي المدخلات على قرارات اختيار شبكة النفاذ ويبيّن جدارة تنفيذ هذا النهج.

## 6. الخلاصة (Conclusion)

قمنا في هذا البحث ببناء قاعدة أساسية للمفاضلة بين عدد من الشبكات اللاسلكية غير المتجانسة، المنتمية لأنواع مختلفة من الشبكات، والتي تختلف فيما بينها باختلاف طبيعة التقنيات المستخدمة والبروتوكولات والمنظومات التي تعمل عليها. وقمنا بإجراء قياسات على المعاملات المشتركة بين مجموع تلك الشبكات وكانت هذه المعاملات ذات سمات وواحدات مختلفة. وجرى إدراج هذه المعاملات في علاقة رياضية شاملة (نموذج)، مع إتاحة إمكانية تثقيل للمعاملات تبعاً لتفضيلات المستخدم. وتسند العلاقة الرياضية المقترحة قيم معيارية خاصة بكل نقطة من نقط النفاذ التابعة إلى نوع معين من أنواع الشبكات اللاسلكية المتوافرة بجوار المستخدم. وعند اختيار القيمة الأعلى بين تلك القيم نكون قد حققنا مبدأ الاختيار الأمثلي، خاصة أن هذا الاختيار مبني على أساس مشاركة المستخدم في التفضيلات الخاصة به، إضافةً إلى مشاركة الشبكة المتمثلة بالمخدم في القياس والتحليل من أجل اختيار النفاذ اللاسلكي الأمثلي.

وقد قمنا بتوثيق نتائج الاختبارات العملية على حالات (سيناريوهات) مختلفة ، وقد أظهرت النتائج إمكانية جمع أكثر من معامل واحد ضمن علاقة واحدة للحصول على قيمة تكون بمثابة معيار للتفاضل بين باقي النقط. أي إن اتخاذ القرار يعتمد على مبدأ التشاركية إذ تتشارك مكونات متنوعة وأساسية في اتخاذه، وكانت النتائج جيدة وموافقة للواقع العملي وقد جرى نشر جزء من هذه النتائج في مؤتمر دولي [46]. ومن ثُمَّ أُضيفَت شبكة 3G إضافة للشبكة الأساسية للاختبارات الأولية، حيث أعطت النتائج الأولية نتائج متوافقة مع العلاقة الرياضية التي طرأ عليها بعض التعديلات، لتصبح أكثر شمولاً من حيث عدد الشبكات، كما تم نشرها في المكتبة الإلكترونية [49]. كما قمنا بتقيم الأداء بواسطة رسم منحنيات العلاقة لتغير القيمة المعيارية للشبكة بتغير موسطات الشبكة الأساسية.

## 7. الآفاق المستقبلية (Future Researchs)

يشكل هذا البحث نواة للتوافق بين مختلف أنواع شبكات الاتصالات اعتماداً على التوفيق بين نوعين هامبين من أنواع الشبكات اللاسلكية بشكل عملي، حيث أصبح بإمكان المستخدم الاختيار بين واحدة من مجموع الشبكات المحلية اللاسلكية أو شبكة الجيل الثالث. وتتمثل الدراسات المستقبلية بإمكانية زيادة عدد المحددات التي تحكم النتيجة النهائية للعلاقة الرياضية المقترحة. ومن ثُمَّ تعديل تلك العلاقة بما يتناسب مع المعاملات الجديدة المدخلة عليها. كما يمكن زيادة عدد الشبكات التي يقوم البرنامج بالاختيار بينها لتصبح هذه الدراسة أكثر شمولاً وتكاملاً. وتتميز الطريقة المقترحة بالمرونة من حيث التصعيد في عدد الشبكات وعدد المعاملات. كما يمكن ربط هذه الطريقة مع البرامج الشبكية التي يتعامل معها المستخدم لتقوم وبشكل آلي بتزويد برنامج المستخدم بالتفضيلات الخاصة والمطلوبة من نقطة النفاذ المختارة، كما يمكن إعطاء مرونة كافية من قبل مشغّلي الشبكة لتخزين البيانات المطلوبة وتحليلها.

# 8. الملحق A

## تعريف Netsh:

هو اختصار لجملة "Network Command Shell" وهو عبارة عن أداة MS-DOS command يقوم بتغيير إعدادات الشبكة من خلال سطر الأوامر، وتغيير إعدادات Firewall الموجود مع نظام Windows، باستخدام الأداة Netsh.exe يمكن توجيه الأوامر إلى المساعد المناسب ثُمَّ تنفيذ الأمر. والمساعد هو ملف "مكتبة الارتباط الديناميكي" (.dll) الذي يشرح وظيفة الأداة Netsh.exe عن طريق توفير ودعم المراقبة لخدمة أو أكثر من الأدوات المساعدة أو البروتوكولات. يمكن أيضاً استخدام المساعدة help لتوسيع المساعدات الأخرى.

يمكن استخدام الأداة Netsh.exe لتنفيذ المهام التالية:

- تكوين واجهات Configure interfaces.
- تكوين بروتوكولات توجيه Configure routing protocols.
- تكوين عوامل تصفية Configure filters.
- تكوين توجيهات Configure routes.
- تكوين الوصول البعيد لأجهزة التوجيه البعيدة المستندة على أنظمة Windows التي تقوم بتشغيل خدمة ملقم الوصول البعيد (RRAS) والتوجيه.
- عرض تكوين جهاز التوجيه قيد التشغيل حالياً على أي كمبيوتر Configure routes.
- استخدام ميزة البرمجة النصية بتشغيل مجموعة من الأوامر.

إن بناء جملة الأداة Netsh.exe يكون على الشكل التالي:

netsh [-r router name] [-a AliasFile] [-c Context] [Command | -f ScriptFile]

لعرض قائمة بالسياقات الفرعية والأوامر التي يمكن استخدامها في سياق ما، يجب كتابة اسم السياق متبوعاً بمسافة ثُمَّ "؟" في netsh > موجه الأوامر.

بعد أن استعرضنا موجز عن عمل الأداة netsh، سنمر على أهم المقاطع البرمجية في كلا برنامجي المستخدم والمخدم، مع العلم بأن اللغة المستخدمة هي "جافا".

## المقاطع البرمجية الأساسية:

- كشف الشبكات اللاسلكية المحيطة.

…

```
Runtime r1 = Runtime.getRuntime();
String myScript1 = "cmd /c netsh wlan show networks | find /i \"ssid\" > APs.txt";
Process pr = r1.exec(myScript1);
```

…

- حفظ المعلومات الأساسية للشبكة المتصلة ضمن ملف مؤقت:

```
Runtime r1 = Runtime.getRuntime();
String shScript = "cmd /c  netsh wlan show interfaces | find /i \"BSSID\" > temp.txt & netsh wlan show interfaces | find /i \"Signal\" >> temp.txt";
Process pr = r1.exec(myScript1);
```

- الاتصال بنقطة النفاذ:

```
String conScript = "cmd /c netsh wlan connect ssid=" + ssid " +name=" + ssid;
```

- قطع الاتصال عن نقطة النفاذ:

```
String disconScript = "cmd /c netsh wlan disconnect";
```

- إرسال ملف إلى المخدم لحساب عرض المجال الصاعد:

```
String sendScript = "cmd /c ftp -v -s:put.ftp> sendFile.txt”;
```

- استقبال ملف من المخدم لحساب عرض المجال الهابط:

```
String recScript = "cmd /c ftp -v -s:get.ftp > recFile.txt”;
```

أهم المقاطع البرمجية الرئيسية عند المخدم:

- الانتظار واستقبال الطلبات من المخدم:

```
serverSocket = new ServerSocket(LISTENING_PORT);
Socket socket = serverSocket.accept();
```

- حساب القيمة المعيارية لكل سطر (مسار) موجود ضمن الملف الخاص بالمستخدم:

```
//it returns a double standard value of the specified line
public static double colectStdrValu(String rowIndx0, String rowIndxJ){
        double rowPrf[] = new double[4];
        double row[] = new double[10];
        rowPrf[0]=0;
        row[0]=0;
        Scanner scanPrf=new Scanner(rowIndx0);
        scanPrf.useDelimiter(",");
        for (int i=1;i<4;i++){
                String sdr=scanPrf.next();
                rowPrf[i]= Double.valueOf(sdr.trim()).doubleValue();
        }

        Scanner scanLine=new Scanner(rowIndxJ);
```

```
scanLine.useDelimiter(",");
String sdr=scanLine.next();
        for (int i=1;i<9;i++){
        sdr=scanLine.next();
        System.out.println(i+" "+sdr);
        row[i]= Double.valueOf(sdr.trim()).doubleValue();
        }
row[9]=((rowPrf[1]/20*(row[5]+2*row[6]))+row[1]/10)/((rowPrf[2]/40*(row[3]+10*row[4]))+(
2*row[2])+(rowPrf[3]*row[7]*20)+(row[8]));
BigDecimal StdVlu=new BigDecimal(row[9]);
StdVlu=StdVlu.setScale(3,BigDecimal.ROUND_UP);
row[9]=StdVlu.doubleValue();
return row[9];
}
```

## التطبيق الأولي لمنهج التجربة:

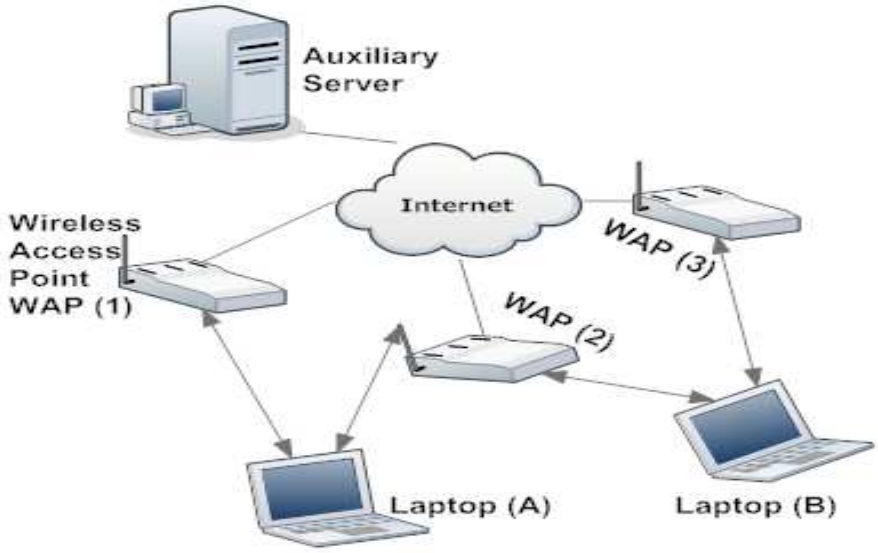
يتألف التطبيق الأولي لمنهج التجربة من ثلاث مكونات بسيطة وهي:

1- جهازين أو أكثر من الآجهزة المحمولة التي تحتوي على برنامج البحث للمستخدم

2- نقطتين نفاذ أو أكثر من نقاط النفاذ اللاسلكية المحلية

3- المخدم المساعد الذي يحوي برنامج التحليل وتصدير النتائج.

وتكون جميع هذه المكونات متصلة بشبكة الانترنت التي تسمح باتصال جميع مكونات التطبيق بعضها مع بعض، كما هو مبيّن في الشكل (A-1).




**الشكل (A – 1) بنية التطبيق الأولي لمنهج التجربة**

## النتائج الأولية المصاحبة للتجربة:

يظهر الجدول (A – 1) نتائج التطبيق الأولي للتجربة حيث تم تسجيل بيانات تجربة لأحد المستخدمين الباحثين عن نقطة النفاذ اللاسلكية المثالية حيث قام بتكرار التجربة خمس مرات.

**الجدول (A – 1) نتائج خمس اختبارات لتجربة البحث عن نقطة النفاذ اللاسلكية المثلى**

| Start/End time | Scenario | SSID | RSSI/10 (dBm) | BW demand (5×a) | delay demand (5×b) | cost demand (5×c) | Delay (ms) | 5×(4Bup+Bdown)/5 or BW (Mb/s) | AP Load | AP Standard Value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10:59:57 AM | 1 | "IAESTE" | 4.3 | 5 | 5 | 1.25 | 7.5 | 9.56 | 7 | 0.63 |
| 11:01:06 AM | | "mhe_1left" | 8.1 | 5 | 5 | 1.25 | 7.5 | 5.01 | 1 | 4.32 |
| 12:15:34 PM | 2 | "IAESTE" | 4 | 5 | 5 | 5 | 1 | 7.73 | 1 | 6.18 |
| 12:15:59 PM | | "mhe_1left" | 7.8 | 5 | 5 | 5 | 7.5 | 3.16 | 1 | 0.66 |
| 10:25:33 AM | 3 | "IAESTE" | 3.6 | 5 | 5 | 5 | 8 | 5.85 | 9 | 0.06 |
| 10:26:12 AM | | "mhe_1left" | 7.1 | 5 | 5 | 5 | 1 | 2.20 | 1 | 3.13 |
| 10:14:49 AM | 4 | "IAESTE" | 4.1 | 5 | 5 | 5 | 1 | 7.70 | 1 | 6.31 |
| 10:15:15 AM | | "mhe_1left" | 8.4 | 5 | 5 | 5 | 8 | 2.39 | 8 | 0.06 |
| 9:40:18 AM | 5 | "IAESTE" | 3.8 | 5 | 1.25 | 5 | 1 | 4.72 | 2 | 7.18 |
| 9:40:48 AM | | "mhe_1left" | 8.1 | 5 | 1.25 | 5 | 8 | 4.61 | 1 | 3.74 |

# 9. المراجع العلمية (References)


[1] D. k. Kim, D. Griffith and N. Golmie, "A New Call Admission Control Scheme for Heterogeneous Wireless Networks*," IEEE Transactions on Vehicular Communications*, vol.9, No.10, October 2010,pp. 3000-3005.

[2] C. B. Bin and C. M. Choon, "Resource Management in Heterogeneous Wireless Networks with Overlapping Coverage", *COMSWARE*, New Delhi, India, January 2006. http://www.comp.nus.edu.sg/~chenbinb/heterogeneous/index.htm

[3] S. Athanassopoulos, I. Caragiannis, C. Kaklamanis, and E. Papaioannou, "Energy-Efficient Communication in Multi-interface Wireless Networks", *MFCS '09 Proceedings of the 34th International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science*, 2009

[4] A. Y. Kiat, "Unifying Heterogeneous Wireless Networks for Truly Seamless Communications," *Nanyang Technological University,* http://www.ntu.edu.sg/home/asckyeo/research-trueseam.html

[5] Carlos Filipe Moreira e Silva. *Common Radio Resource Management in Wireless Heterogeneous Networks*. Aveiro, Portugal: University of Aveiro, 2009

[6] M. M. Alkhawlani. *Access Network Selection in Heterogeneous Networks.* United Kingdom: De Montfort University, 2008.

[7] R. Ferrus, O. Sallent and R. Agusti "Interworking In Heterogeneous Wireless Networks: Comprehensive Framework and Future Trends*," IEEE Wireless Communications,* April 2010, pp. 22-31.

[8 ] K. Piamrat, A. Ksentini, J. Bonnin, C. Vihom, "Radio Resource Management in Emerging Heterogeneous Wireless Networks", *published in journal "Computer Communications",* Volume 34 Issue 9, June, 2011.

[9] F. Jin, H. Choi, J. Kim, J. Sohn, and H. Choi, "Common Radio Resource Management for Access Selection in Multi-Access Networks," *2008 IEEE, Radio and Wireless Symposium,* Jan. 2008.

[10] D. Niyato, E. Hossain, "A Cooperative Game Framework for Bandwidth Allocation In 4G Heterogeneous Wireless Networks," *IEEE International Conference on Communications, 2006*. ICC'06, vol. 9, June 2006, pp. 4357–4362.

[11] X. Yang, J. Bigham, L. Cuthbert, "Resource Management for Service Providers in Heterogeneous Wireless Networks," *IEEE Wireless Communications and Networking Conference 2005*, vol. 3, 13–17 March 2005, pp. 1305–1310.

[12] Media Independent Handover Services IEEE Standard Draft 802.21, Rev. 4.0, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2007.

[13] G. Koundourakis, D. Axiotis, M. Theologou, "Network-Based Access Selection in Composite Radio Environments," IEEE Wireless Communications and Networking Conference, 2007. WCNC'2007, 11–15 March 2007, pp. 3877– 3883.

[14] A. Ben Nacef, N. Montavont, "A Generic End-Host Mechanism for Path Selection and Flow Distribution," *IEEE 19th International Symposium on Personal,* Indoor and Mobile Radio Communications PIMRC, 2008, pp. 1–5.

[15] G. Fodor, A. Eriksoon, and A. Tuoriniemi, “Providing Quality of Service in Always Best Connected Networks”, *IEEE communications Magazine,* vol. 41, no.7, pp.154-163, July 2003.
[16] M. Rahman and F. Mir, “Fourth Generation (4G) Mobile Networks – Features, Technologies and Issues,” *6th IEEE International Conference one 3G Mobile Communication Technologies (3G 2005),* pp. 1-5, London, UK, Nov. 2005
[17] 3GPP Technical Specifications TR 21.910, Multi-mode UE issues; categories, principles and procedures, v-300, Jul. 2000.
[18] M. Cardei, I. Cardei, and D. Du, “Resource Management in Wireless Networking,” *Springer Science and Business Media,* 2005.
[19] 3GPP Technical Specifications TR 25.891, “Improvement of RRM across RNS and RNS/BSS (Release 6), v030, Feb. 2003.
[20] IST SCOUT (Smart user-centric communications environment) Project, http://www.ist-scout.org
[21] IST TRUST (Transparently Reconfigurable Ubiquitous Terminal) Project, http://www.ist-trust.org
[22] J. Sachs, H. Wiemann, J. Lundsjo, and P. Mangnusson, “Integration of Multi-Radio Access in a Beyond 3G Network,” *IEEE 15th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2004)*, vol. 2, pp.757-762, 2004.
[23] I. Koo, A. Furuskar, J. Zander, and K. Kim, “Erlang Capacity Analysis of Multi Access Systems Supporting Voice and Data Services,” *The 9th International Conference Personal Wireless Communications (PWC 04)*, pp. 69-78, The Netherlands, 2004.
[24] H. Liu, H. Bhaskaran, D. Raychaudhuri, S. Verma, “Capacity Analysis of a Cellular Data System with 3G/WLAN Interworking,” *IEEE 58th vehicular Technology Conference (VTC-Fall),* vol. 3, pp. 1817-1821, 2003.
[25] S. Luna Ramrez, M. T. Genovs, M. Fernndez, N. R. Skehill, and S. McGrath, “Performance Evaluation of Policy-Based Admission Control Algorithms for a Joint Radio Resource Management Environment,” *IEEE Mediterranean Electro technical Conference (MELECON 2006)*, pp. 599-603, 2006
[26] A. Tlli, P. Hakalin, and H. Holma, “Performance Evaluation of Common Radio Resource Management (CRRM),” *IEEE International Conference on Communications (ICC 2002),* vol. 5, pp. 3429-3433, April 2002.
[27] S. Lincke-Salecher, “The Benefits of Load Sharing when Dimensioning Networks,” the 37th Annual *Simulation Symposium (ANSS04)*, pp. 115-124, April 2004.
[28] L. Badia, C. Taddia, G. Mazzini, and M. Zorzi, “Multi-Radio Resource Allocation Strategies for Heterogeneous Wireless Networks,” *Wireless Personal Multimedia Communications Conference (WPMC 2005),* vol. 2, pp. 1087-1096, Aalborg, Denmark, 2005.
[29] P. Kall, S.W. Wallace, Stochastic Programming, Wiley, Chichester, 1994.
[30] A. Taha, H. Hassanein, H. Mouftah, “On Robust Allocation Policies in Wireless Heterogeneous Networks,” *First International Conference on Quality of Service in Heterogeneous Wired/Wireless Networks,* 2004. QSHINE 2004, 18–20 October 2004, pp. 198–205.
[31] C.-T. Lin, P.-J. Juan, “Applying the AHP and GRA to Location Selecting for International Resort Parks,” *Journal of Grey System 19 (4)* (2007).

[32] Q. Song, A. Jamalipour, “A Network Selection Mechanism for Next Generation Networks,” *IEEE International Conference on Communications, 2005.* ICC’2005, vol. 2, 16–20 May 2005, pp. 1418–1422.
[33] T.L. Saaty, “Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process,” *Analytic Hierarchy Process Series,* vol. 6, RWS Publications, USA, 2000.
[34] D. Charilas, O. Markaki, D. Nikitopoulos, M. Theologou, “Packet-Switched Network Selection with the Highest QoS in 4G Networks,” *Computer Networks 52* (1) (2008) 248–258.
[35] M. Li, S. Chen, D. Xie, “A Multi-Step Vertical Handoff Mechanism for Cellular Multi-Hop Networks,” *Proceedings of the Second ACM Workshop on Performance Monitoring and Measurement of Heterogeneous Wireless and Wired Networks,* October 2007, pp. 119–123.
[36] H. Wang, C. Li, Y. Ji, “On-Demand Data Broadcast Scheduling Based on AHP and GRA Methods in Wireless Broadcast/UMTS Integrated Systems,” *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications 14* (4) (2007) 1–6.
[37] O. Ormond, P. Perry, J. Murphy, “Network Selection Decision in Wireless Heterogeneous Networks,” *IEEE 16th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2005*. PIMRC 2005, vol. 4, 11–14 September 2005, pp. 2680–2684.
[38] H. Hotelling, “Edgeworth’s Taxation Paradox and the Nature of Supply and Demand Functions,” *Journal of Political Economy (1932).*
[39] X. Liu, V.O.K. Li, P. Zhang, “Joint Radio Resource Management through Vertical Handoffs in 4G Networks,” *IEEE Global Telecommunications Conference, 2006*. GLOBECOM’06, November 2006, pp. 1–5.
[40] A. Wilson, A. Lenaghan, R. Malyan, “Optimising Wireless Access Network Selection to Maintain QoS in Heterogeneous Wireless Environments,” *Wireless Personal Multimedia Communications 2005.* WPMC’05, 18–22 September 2005.
[41] G.A. Norris, H.E. Marshall, “Multiattribute Decision Analysis Method For Evaluating Buildings And Building Systems,” *National Institute of Standards and Technology (NIST) (1995).*
[42] E.Adamopoulou, K.Demestichas, AKoutsorodi, M.Theologou "Intelligent Access Network Selection in Heterogeneous Networks" *conference Wireless Communication Systems Conference,* 2005.
[43] Q.Nguyen-Vuong, N.Agoulmine, Y.Ghamri-Doudane "A User-Centric and Context-Aware Solution to Interface Management and Access Network Selection in Heterogeneous Wireless Environments," *Computer on published by Elsevier*, Dec 2008.
[44] P. Bahl, A Adya, J. Padhye, A Wolman. "Reconsidering Wireless Systems with Multiple Radios," ACM. SIGCOMM Computer Communication Review Newsletter, 2004.
[45] Majlesi, A; Khalaj, B.H. "An Adaptive Fuzzy Logic Based Handoff Algorithm for Interworking between Wlans and Mobile Networks," Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2002. The 13th IEEE International Symposium.
[46] A. Gharsellaoui, M. K. Chahine, G. Mazzini, “Optimizing Access point Selection in Wireless Local Area Networks,” *International Conference on Communications and Information Technology (ICCIT),* Jordan, Aqaba, 2011.
[47] Rinta-Aho, “Dynamic Selection of Optimal Wireless Access Service,” *Seminar on Networking Business 2006, Technology Issues,* Helsinki, Finland, 2006.

[48] E. H. Ong and J. Y. Khan, “Dynamic access network selection with QoS parameters estimation: A step closer to ABC,” *Vehicular Technology Conference*, Marina Bay, Singapore, 2008.
[49] A. Gharsellaoui, M. K. Chahine, G. Mazzini, “Optimizing Radio Access Network Selection in WLAN and 3G Networks,” *The Second International Conference on Communications and Information Technology (ICCIT),* Hammamet, Tunsia, 2012.