مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (3) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (3) 2015

تحليل أداء بارامترات الوصلة الميكروية باستخدام المنطق العائم

كابي جورج*

(تاريخ الإيداع 21 / 6 / 2015. قُبِل للنشر في 21/ 1 / 2015)

□ ملخّص □

يهدف البحث إلى تحليل أداء بارامترات الوصلة الميكروية المستخدمة في أنظمة الربط بين مكونات نظام الاتصال الواحد وبين أنظمة الاتصال المختلفة فيما بينها. استخدمت في الدراسة تقنية المنطق العائم لتحليل مشاكل الأداء للوصلة الميكروية اعتماداً على كل من نوع التعديل المستخدم والمسافة بين المرسل والمستقبل. حيث تم معالجة أربعة بارامترات لمتحولات الدخل في نظام المنطق العائم وهي : الاستطاعة اللازمة و طول الوصلة الميكروية ونمط التعديل المستخدم و نسبة الإشارة إلى الضجيج ، بينما اعتمد بارامتر واحد للخرج وهو سعة الوصلة الميكروية Microwave Link capacity.

كما تم تقديم دراسة تحليلية لتحديد القيم المثلى لبارامترات الأداء الرئيسية المعتمدة لتحديد فعالية الوصلة بالإضافة إلى دراسة توابع العضوية لكل من محددات الدخل والخرج باستخدام تقنية المنطق العائم.

الكلمات المفتاحية: الوصلة الميكروية– نسبة الإشارة إلى الضجيج – نمط التعديل – المنطق العائم.

* مشرف على الأعمال،قسم الاتصالات والالكترونيات،كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (3) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (3) 2015

Analysis of Microwave Radio Link's parameters Using Fuzzy Logic Approach

Gaby George*

(Received 27 / 1 / 2015. Accepted 28 / 6 / 2015)

□ ABSTRACT □

This work aims to analyze the performance of the microwave radio link's parameters used to connect different systems and intra systems. Fuzzy logic technique is used to study the difficulties of the radio link's parameters based on type of modulation, and distance between the receiver and transmitter. Four parameters are used as an input parameters for the fuzzy logic system mainly: required power, the length of the microwave radio link, modulation type and the signal to noise ratio(S/N). The output parameter is determined to be the microwave link capacity.

Analytical study to select the optimal microwave radio link parameters to examine the efficiency of the radio link capacity will be shown. Additionally, studying the input and output memberships of the microwave radio link parameters using fuzzy logic will be explained.

Key words: Microwave radio link, Signal to noise ratio, type of modulation, Fuzzy logic.

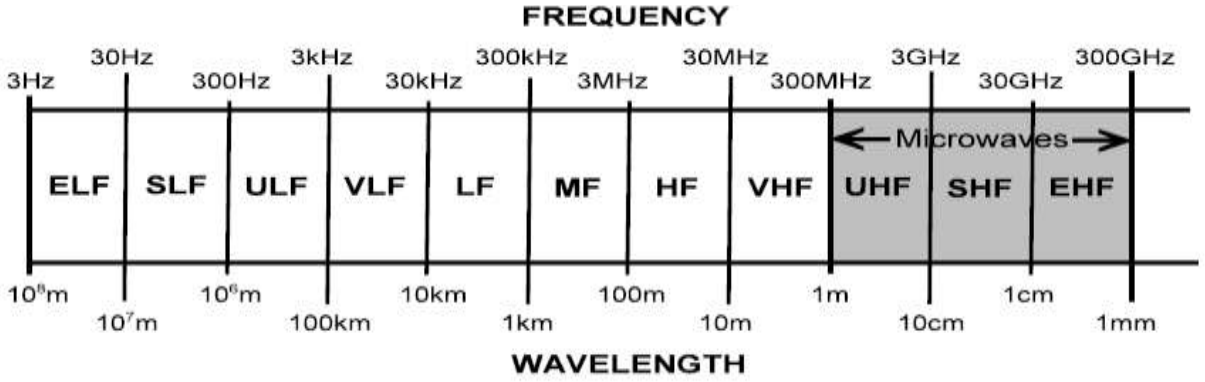
* **Work superviser, Department of communication,Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University-Lattakia-Syria**

مقدمة:

الأمواج الميكروية هي إحدى وسائط نقل البيانات المتعددة عن بعد باستخدام موجات متناهية في الصغر وعالية في التردد، GHz (300 – 0.3) [1] كما هو مبين في الشكل (1). من طبيعة الأمواج الميكروية أنها تسير في خطوط مستقيمة أي تحتاج إلى خط نظر مباشر Line of Sight بين المرسل والمستقبل، حيث يكون إنتشار الموجات من جهة الإرسال باتجاه الاستقبال على شكل خط مستقيم . إذ أن إنتشار الموجات بخط نظر مباشر يكون محدود المسافة على سطح الكرة الأرضية بسبب إنحناء الأرض [2]، لذلك فانه (في أنظمة الاتصالات الميكروية) تشكل المحطات المعيدة الميكروية Relay station (محطات تقوية الإشارة) كيان هام لضمان إيصال الأمواج المرسلة إلى مسافات طويلة و بمعدل محطة معيدة كل (30 – 45) كم، مثال على ذلك المسار بين طرطوس وحمص حيث توجد 3 محطات تقوية في مسافة مقدارها 95 كم. ومن الميزات الأخرى للأمواج الميكروية هي عرض النطاق الكبير وقابليتها للاستخدام مع هوائيات موجهة ذات ربح عالي إضافة إلى انخفاض التكلفة (التركيب والتشغيل والصيانة) نسبياً و سرعة التركيب وسهولة الصيانة والتشغيل. يشير مصطلح الاتصالات الرقمية الميكروية إلى نوع الاتصالات التي تستخدم التردد الذي تنتمي إليه الأمواج الميكروية لنقل المعلومات الرقمية عبر فضاء الموجة الكهربائية[1] .

تستخدم الأمواج الميكروية في أنظمة الاتصال الحديثة على نطاق واسع، حيث كان لاستخدام نظام Synchronous Digital Hierarchy (SDH) وأنماط التعديل متعددة الحالة high-status modulation modes في أنظمة الربط (بين أنظمة الاتصال المختلفة) المعتمدة على الأمواج الميكروية دور بالغ في تطوير أنظمة اتصال ميكروية عالية الأداء والاستيعاب high-capacity digital microwave communication system إذ أنه بالإمكان في أنظمة الاتصال الحديثة إرسال إشارة راديوية ميكروية بتردد 40 GHz لمسافة طويلة 40 كم وبسرعة تتعدى 40 Gb/s [3,4].

إن إمكانية عبور الأمواج الميكروية للعوائق الطبيعية من أنهار وبحيرات ووديان دون الحاجة إلى إجراء عمليات مدنية إنشائية من حفر ومد، وسهولة التشغيل والصيانة وإعادة الاتصال في أوقات الكوارث الطبيعية،والاستفادة من البنية التحتية الموجودة كأبراج الاتصال القائمة، ساعد الكثير من دول العالم على الاعتماد بشكل كبير على تقنية الاتصال بالأمواج الميكروية، ومن هذه الدول كندا التي تستخدم كل من تقنية النقل بالأمواج الضوئية جنباً إلى جنب مع الاتصال الميكروي لتغطية الاتصال بين مناطق كندا المترامية الأطراف، وكذلك الأمر في اليابان التي تستخدم أكثر من 90% من ربط محطات الاتصال الخليوية فيما بينها باستخدام الأمواج الميكروية. إذ لا تزال تقنية الاتصال باستخدام الأمواج الميكروية من أكثر تقنيات الاتصال انتشاراً بعد تطور أنظمة الاتصالات الخليوية، حيث يتم ربط الشبكة الهيكلية backbone networks لأنظمة الاتصالات الخليوية بتكامل كل من الاتصالات الضوئية والميكروية . [5,6]



الشكل (1): الطيف الراديوي وتوضع مجال الأمواج الميكروية [1]

وعلى الرغم من الميزات الكبيرة لأنظمة الاتصال والربط الميكروية إلا أنه ثمة العديد من الأمور التي يجب مراعاتها عند اعتماد وصلة ميكروية بين عقدتين لضمان جودة الاتصال الميكروي ووثوقيته وهي:

1. ضمان خط الرؤية بين المحطة والمحطة المقابلة.
2. البعد بين المحطتين (أقل من 45 كم) لضمان المحافظة على وثوقية عالية للاتصال والتحسين من نسبة الإشارة إلى الضجيج [3] .
3. الحاجة إلى اعتماد التردد المناسب للوصلة الميكرية والذي يتعلق بطول الوصلة وحجم البيانات المراد إرسالها
4. تأثر جودة الاتصال الميكروي بالعوامل الجوية من مطر ورطوبة.
5. قدرة الاتصال المحدودة (السعة المحدودة للنقل).

أهم التحديات التي تواجه الاتصالات الميكروية الرقمية

أكبر التحديات التي تواجه الاتصالات الميكروية الرقمية هي الإنتشار الواسع للاتصالات الضوئية، التي طبقت في ثمانينات القرن الماضي وتطورت كثيراً وانتشرت بسرعة كبيرة حول العالم وذلك بسبب المميزات الكبيرة التي تتمتع بها من قبيل الخسارة القليلة جداً والوثوقية العالية وكبر عرض الحزمة التي تقدمه الأمر الذي أثر مباشرة على إنتشار الاتصالات الميكروية الرقمية .

إضافة لما سبق يتبادر إلى الذهن بعض التساؤلات التي لا بد من الوقوف عندها ومنها:

1 ـ هل يمكن استخدام الشبكة الهيكلية للاتصالات الميكروية الرقمية كبديل PROTECTION (احتياط أو حماية) في أنظمة الاتصالات الضوئية؟

2 ـ هل يمكن زيادة سعات أنظمة الاتصالات الميكروية الرقمية؟

تكمن الإجابة في أنه يمكن للاتصالات الميكروية الرقمية أن تستخدم كبديل للاتصالات الضوئية ولكن أنظمة الحماية ستكون محدودة نسبياً وذات فائدة كبيرة في أوقات الكوارث الطبيعية، الأمر الذي يؤمن الاتصال بالحدود المعقولة والضرورية. أما بالنسبة للسعات فإن استخدام تقنيات تعديل متطورة من قبيل 64QAM /128QAM/256QAM/512QAM واستخدام تقنيات تصحيح ترميز فعالة مثل التعديل المرمز متعدد الطبقات MLCM(Multi-Level Coding Modulation) مكّن من زيادة سرعة الأنظمة الميكروية الرقمية التي وصلت تجارياً إلى 10 Gbit/s ولكنها تبقى أقل بكثير مما يمكن للاتصالات الضوئية نقله.

من الجدير ذكره أن أكثر من % 50 من أنظمة الربط بين المحطات في أنظمة الاتصالات الخليوية النقالة بأجيالها المختلفة يعتمد على الاتصالات الميكروية، الأمر الذي يزيد من الطلب عليها بما يتطلبه من تحديات وضرورة العمل من قبل المهندسين والفنيين لمحاولة دعم وزيادة عرض الحزمة المقدمة لنقل التطبيقات الرقمية المتزايدة عن طريق زيادة أداء وفعالية الوصلة الميكروية .

دأبت العديد من الدراسات المرجعية على دراسة تقنية الاتصال بالأمواج الميكروية وتحسين أدائه في أنظمة الاتصالات الحديثة، كما حاولت التقليل من الآثار الجانبية السلبية للنقل المعتمد على تقنية الاتصالات الميكروية [12 , 7]. اعتمدت بعض الدراسات المرجعية على دراسة تأثير الأمواج الميكروية المنتشرة فوق سطح الماء [9]، حيث أشارت نتائج الدراستين [9] و [10] إلى زيادة شدة الإشارة المستقبلة عند اعتماد تردد أكبر من 3 GHz أما الدراسة [10] فقد بينت أن اعتماد التردد 5.6 GHz يحسن من قدرة الإرسال وطول مسار الاتصال ليبلغ 28 كم وهو ما يحقق كفاءة عالية. أما تأثير العوامل الجوية من مطر ورطوبة على أداء الوصلة الميكروية والتشويه الذي قد تسببه فقد تم بحثه في المراجع [12,13]، أما الدراسة [14] فقد بحثت في إمكانية التقليل من نسبة خطأ البت المستخدمة في هوائيات الوصلة الميكروية.

وعلى الرغم من أن دراسة أداء الوصلة الميكروية وبارامتراتها وتحسين أدائها شمل العشرات من المراجع والأبحاث في السنوات الماضية إلا أن دراسة تحسين أداء الوصلة باستخدام المنطق العائم Fuzzy logic بعد الأخذ بالحسبان البارامترات الأساسية المؤثرة على جودة الوصلة كتابع للتردد والمسافة بين المحطتين وعرض الحزمة المراد إرساله موضوع يستحق الاهتمام والتعمق بالدراسة لما له من جدوى علمية.

أهمية البحث وأهدافه:

تتجلى أهمية البحث في دراسة أداء الوصلة الميكروية المطبقة لربط أنظمة الاتصال المختلفة، ودراسة أثر كل من استطاعة الإرسال ونسبة الإشارة إلى الضجيج ونمط ورتبة التعديل المستخدم وطول الوصلة على أداء الوصلة الميكروية ممثلا بسعة الوصلة.

طرائق البحث ومواده:

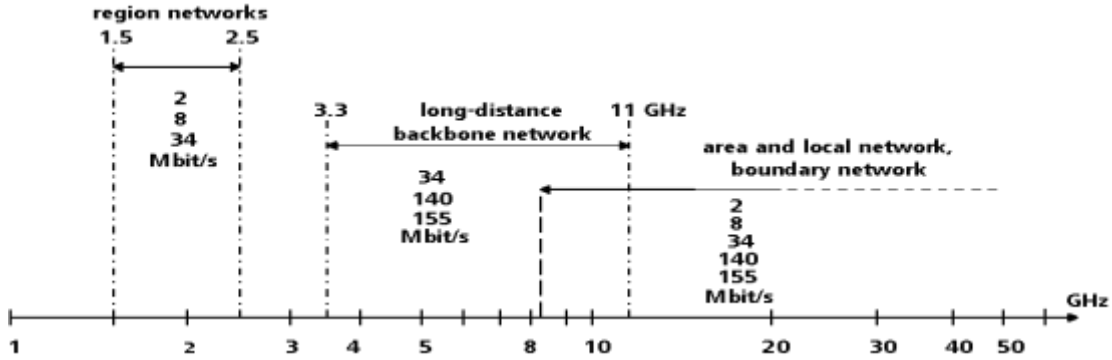
يتضمن البحث عرضاً عاماً لأنظمة الاتصال الميكروية الرقمية وتحدياتها، كما سيعرض كيفية اختيار وترتيب الأقنية الترددية الميكروية وطرق التعديل المستخدمة فيها.

يقدم البحث تحليلاً لأداء البارامترات المعتمدة لدراسة النظام الميكروي ممثلاً بأداء الوصلة الميكرية. إن تأثير كل من نسبة الإشارة إلى الضجيج ، ونمط التعديل المعتمد، واستطاعة الإرسال المناسبة وطول الوصلة الميكروية (البعد بين المرسل المستقبل) على سعة الوصلة الميكروية ستتم دراسته باستخدام المنطق العائم. كما سيوضح العمل من خلال المحاكاة باستخدام البيئة البرمجية Matlab العلاقة بين عوامل الدخل الأربعة وتأثيرها على أداء نظام الاتصالات الميكروي المعتمد.

اختيار وترتيب الحزم والأقنية الراديوية الترددية الميكروية

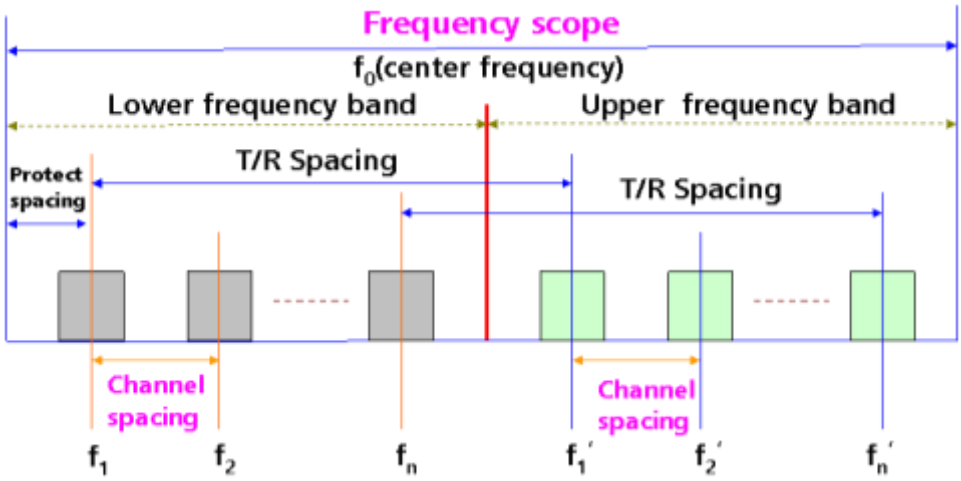
تتضمن حزم الترددات المستخدمة في الاتصالات الميكروية المجالات الترددية التالية (7G/8G/11G/13G/15G/18G/23G/26G/32G/38G) حسب توصيات اتحاد الاتصالات الدولي ITU.

وكل حزمة يمكن استعمالها كما يتضح من الشكل(2). حيث أنه ومن أجل المسافات الطويلة أكبر من 25 كم يفضل استخدام عرض حزمة ضمن المجال الترددي GHz (11 – 3.3) ، ومن أجل المسافات القصيرة أقل من 10 كم فتستخدم عرض النطاق الترددي GHz (18 – 11). من الجدير بالذكر أن ترددات الأمواج الميكروية المعتمدة في أنظمة الاتصالات النقالة أكبر من 4 GHz وذلك بحسب ITU. كما اعتمد في ITU على توصية بإمكانية تطبيق التردد 2 GHz أيضا للنقل في الاتصالات الخليوية في حين اعتمد التردد 9 GHz لتردد رادارات الأرصاد الجوية. إن التحديد الدقيق لقيمة التردد يعتمد على حالة الطقس وسعة الوصلة الميكروية المستخدمة [15,16].



الشكل (2) حزم الترددات المستخدمة في أنظمة الربط الميكروي

يتم تحديد قيمة الترددات المطبقة من قبل هيئات إدارية في كل بلد مع الأخذ بالحسبان توصيات ITU وواقع الخدمات المطبقة في كل دولة. حيث يتم في كل نطاق ترددي تحديد وتعريف نطاقات الترددات المختلفة المعتمدة في الإرسال والاستقبال (T/R) كما يتم تحديد تباعد الأقنية الراديوية المعتمدة. حيث يعرف تباعد القناة الراديوية بأنه يساوي عرض قناة الحزمة الترددية (channel bandwidth). ولدى استخدامنا لنطاق ترددي معين، ثمة مواصفات للتردد المركزي المراد اعتماده ومسافة الإرسال والاستقبال وتباعد القناة المعتمدة.



الشكل (3) شرح مبسط لترتيب الحزمة الترددية الميكروية

بعد تحديد نطاق الترددات الميكروية، وتكوين الأقنية الراديوية التي تتطلب تقسيم النطاق الترددي المحدد بقصد تلاؤم الحزم الترددية مع احتياجات المرسل ومتطلبات النظام المراد تطبيقه ونمط التعديل المستخدم(مطالي أوسعوي). فإنه عند تصميم قناة الترددات اللاسلكية الأخذ بالحسبان العوامل التالية:

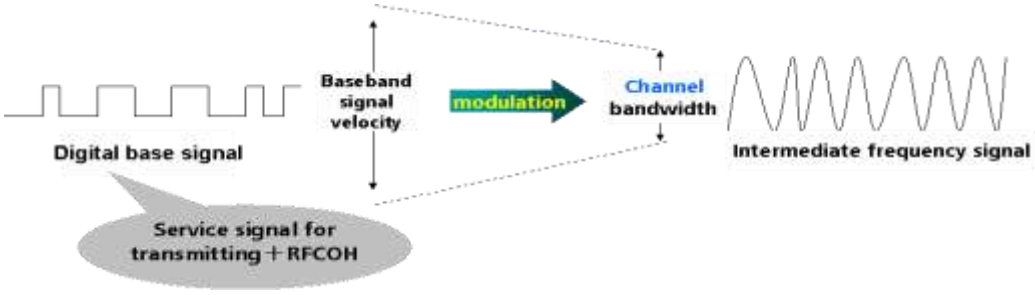
- اقتصادية و كفاءة RF.
- التباعد المناسب بين تردد الإرسال والاستقبال للمحطة الميكروووية لتفادي أي تشويش قد ينتج عن المرسل إلى المستقبل.
- ضرورة تباعد ترددات القنوات المجاورة في نظام العمل متعدد القنوات بشكل كاف لتفادي أي تشويش قد يتولد عن بعضها البعض.
- يجب حجز حزم حماية كافية (protect spacing) في نهاية الحزم الترددية الموزعة لتجنب التداخل مع الأنظمة التي تعمل على ترددات متجاورة كما يبين الشكل (3).
- يعتمد ترتيب أقنية RF على اعتماد أنماط متجانسة.

يوصي المستند ITU-R F.746-3 المعتمد من اتحاد الاتصالات الدولي والمعنون " Radio-Frequency Channel Arrangements for Radio-Relay Systems " باعتماد الأنماط المتجانسة كأساس لترتيب واختيار قناة التردد الراديوي. وعادة ما يتم اختيار تباعد قناة الأساسي 2.5 ميغاهيرتز و 3.5 ميغاهيرتز. إن أنظمة الاتصال الميكروية الرقمية التي تعتمد تباعد القناة تدعم معدلات الإرسال للأنظمة المستخدمة في كل من أوربا وأميركا الشمالية، إذ أن أوربا تعتمد على نظام E1 في حين أن أميركا الشمالية تعتمد على نظام T1.

طرق تعديل الأمواج الميكروية الرقمية

ويطلق على الإشارات الرقمية غير المعدلة unmodulated تسمية الإشارة الرقمية الأساسية baseband signal، التي لا يمكن أن تُنقل (الإشارة الرقمية الأساسية) ضمن القنوات الراديوية الميكروية، إذ لا بد من تحويلها إلى إشارة حزمة التردد frequency band signal ، والذي يقصد به تنفيذ التعديل الرقمي للحامل المعتمد على الإشارة الرقمية الأساسية الشكل (4). بعد عملية التعديل نحصل على إشارة التردد المتوسط IF. عادة ما يكون تردد إشارة IF العليا هي 350 MHz ، وتردد إشارة التردد المتوسط الدنيا 140MHz. في بعض الظروف والحالات الخاصة، تردد الإشارة IF العليا هو 850 MHz ، والدنيا 70 MHz. إن ما يحدد الاختيار هو التطبيق المراد اعتماده في عملية الإرسال الميكروية وظروف التشغيل ومتطلباته.

ولإرسال الإشارة ميكروياً يجب تحويلها إلى إشارة راديوية (لاسلكية قابلة للنقل والإنتشار في الهواء) بواسطة عملية الـ up-conversion التي تعرف بأنها عملية مزج إشارات التردد المتوسط IF و إشارة المذبذب المحلي عالية التوتر وأخذ الحزمة الجانبية العليا للإشارة الناتجة بعد عملية المزج الترددي. وهناك عملية الـ Down-conversion المعاكسة تماماً للعملية السابقة up-conversion، والتي تعطي مكون مختلف عن إشارة المذبذب المحلي والإشارة الميكروية، وتأخذ الحزمة الجانبية السفلى بعد عملية المزج الترددي. إن تغيراً طفيفاً في إشارة المذبذب المحلي(الهزاز) قد يسبب إزاحة كبيرة في التردد للإشارات المرسلة والمستقبلة. ولذلك، فإن عملية الثبات الترددي تعتمد بشكل رئيسي على الاستقرار الترددي لإشارات المذبذب المحلي.



الشكل (4) عملية التعديل للإشارة الميكروية الرقمية

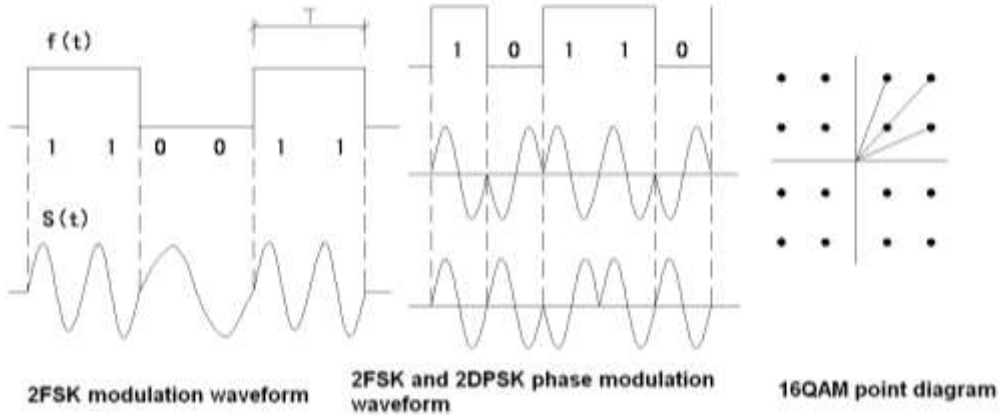
يمكن التعبير عن عملية التعديل للإشارة الرقمية الأساسية بالمعادلة التالية:

$$A.COS(Wc.t + \varphi)$$

حيث تشير A إلى مطال الإشارة، و Wc ترددها في حين تعبر φ عن طورها.

- يستخدم التعديل بالإزاحة المطالية Amplitude shift keying (ASK) لتغيير مطال الإشارة A أما قيم كل من التردد والطور فلا تتغير.
- يستخدم التعديل بالإزاحة الترددية Frequency shift keying (FSK) لتغيير تردد الإشارة Wc أما قيم كل من المطال والطور فلا تتغير.
- يستخدم التعديل بالإزاحة الطورية Phase shift keying (PSK) لتغيير طور الإشارة φ أما قيم كل من المطال و التردد فلا تتغير وتبقى ثابتة.
- يستخدم التعديل المطالي المتعامد Quadrature amplitude modulation (QAM) لتغيير كل من طور φ ومطال الإشارة A، في حين يبقى التردد ثابتاً بدون تغيير.

يستخدم نظام plesiochronous digital hierarchy (PDH) – المطبق في الأنظمة الميكروية – تقنيات التعديل الأساسية التالية (8PSK , 4PSK, PSK وبعض الأنظمة تستعمل MQAM وبالتحديد 4QAM, 16QAM). أما في أنظمة Synchronous Digital Hierarchy (SDH) الميكروية فعادة ما تستخدم تقنية التعديل MQAM وبشكل رئيسي (32QAM, 64QAM, 128QAM, ,512QAM)، التي تضمن فعالية وكفاءة استخدام عالية للمجال الترددي، الأمر الذي يتيح إمكانية إرسال البيانات بسرعات عالية جداً. يبين الشكل (5) تشكيلات الموجة لعدة أنظمة تعديل.



الشكل (5) تشكيلات الموجة في بعض أنظمة التعديل

الدراسة الحاسوبية التطبيقية

استخدم المنطق العائم سابقا لدراسة الكثير من عمليات التحكم والأنظمة اللاخطية ولكنه لم يستخدم بشكل كافٍ لدراسة أداء الوصلة الميكروية في شبكات الاتصالات المختلفة. إذ تتيح نظرية المجموعة العائمة (Fuzzy set theory) التعبير اللفظي البسيط عن قوانين التحكم والتشغيل لنظام ما بكلمات بسيطة. حيث أن القوة الرئيسية وراء نظرية المجموعة العائمة أنها تتخطى مسألة التعامل مع عدم الدقة [17]. ففي النظريات التقليدية للإنتماء لمجموعة ما فإن وجود عنصر ما سيكون إما منتمياً للمجموعة أو غير منتمي، حيث لا تتيح النظريات التقليدية لعنصر ما أن ينتمي جزئياً إليها ويطلق على هكذا نوع من المنطق ثنائي الحالة (الصح أو الخطأ) . في حين أن المنطق العائم يتيح انتقال تدريجي من حاله العضوية الكاملة إلى حالة عدم العضوية مروراً بحالة العضوية الجزئية. وبالتالي نظرية المجموعة العائمة من الناحية النظرية هي تعميم نظرية المجموعات الكلاسيكية. يرتبط عنصر مع المجموعة العائمةfuzzy set بواسطة تابع العضوية μ . وتابع العضوية هذا عادة ما تكون قيمه بين (0 و 1)، وهذا يعني أن القيم تقع ضن المجال [1 , 0] $\rightarrow \mu$. حيث أن القيمة 1 تعني أن العنصر حصل على عضوية كاملة في أن قيمة الصفر تعني عضوية العنصر خالية والقيم الباقية بينهما تدل على درجة العضوية باقترابها وابتعادها عن كل من العضوية الكاملة والعضوية الخالية[18,19].

طالما أن القيم المستقبلة من كل من جهة الإرسال والاستقبال يمكن أن تكون غير واضحة وذلك نتيجة طبيعة الموجة الراديوية وظروف الانتشار والطقس، تأتي هذه النظرية التي لاتعتمد على حدود المنطق " 0 و 1 " والتي طرحها العالم الإيراني أحمد لطفي زاده عام 1965 بجامعة كاليفورنيا لتخفف من الارتياب بتقييم أدق لحالة الوصلة الميكروية وسعتها، وذلك بخلق عالم ثالث بين عالمي الصح والخطأ وذلك بتدرج شديد التناغم وفق درجات وذلك بطيف واسع بغية أخذ كل الظروف بالحسبان وبطريقة واضحة تعتمد على تعابير بسيطة.

كثيرة هي الأسباب التي تدعونا للتفكير باستخدام المنطق العائم لتحليل أداء الوصلة الميكروية، ومن هذه الأسباب:

1- التغيرات السريعة في البيئة الراديوية تتطلب استجابة سريعة قادرة على ملاحقة تلك المتغيرات.

2-إن ظاهرة الاتصال الميكروي تتميز بحقائق تجعل بالإمكان دراسة مسار الاتصال الميكروي باستخدام المنطق العائم:

- حيث أنها تختلف باختلاف ظروف الانتشار الراديوي.
- كما أنها تختلف وتتباين تبعاً للقياسات الراديوية والتغيرات الديناميكية في خصائص بيئة الاتصال النقالة (mobile environment properties) .

يمكن أن نستفيد من المعالجة العائمة (fuzzyfication treatment) لتحليل الأداء لبارامترات الوصلة الميكروية عن طريق معالجة بارامترات الدخل كما سنوضح ذلك لاحقا.

تحليل بارامترات الأداء للوصلة الميكروية باستخدام المنطق العائم

يجب أخذ عدة بارامترات بالحسبان لتقييم أداء النظام الميكروي، اعتمد في الدراسة على نوع التعديل المستخدم، استطاعة النظام المطلوبة، البعد بين المرسل والمستقبل في الوصلة الميكروية و نسبة الإشارة إلى الضجيج.

يتألف النظام المقترح لدراستنا هذه والذي سيعتمد لتحليل أداء نظام الاتصال الميكروي من بارامترات الدخل التالية:

1 ـ الاستطاعة المرسلة المطلوبة (منخفضة – متوسطة – عالية).

2 ـ التعديل المناسب MQAM , PSK , FSK .

3 ـ البعد بين المرسل والمستقبل في الوصلة الميكروية (في النظام الميكروي) (قصير – متوسط – طويل).

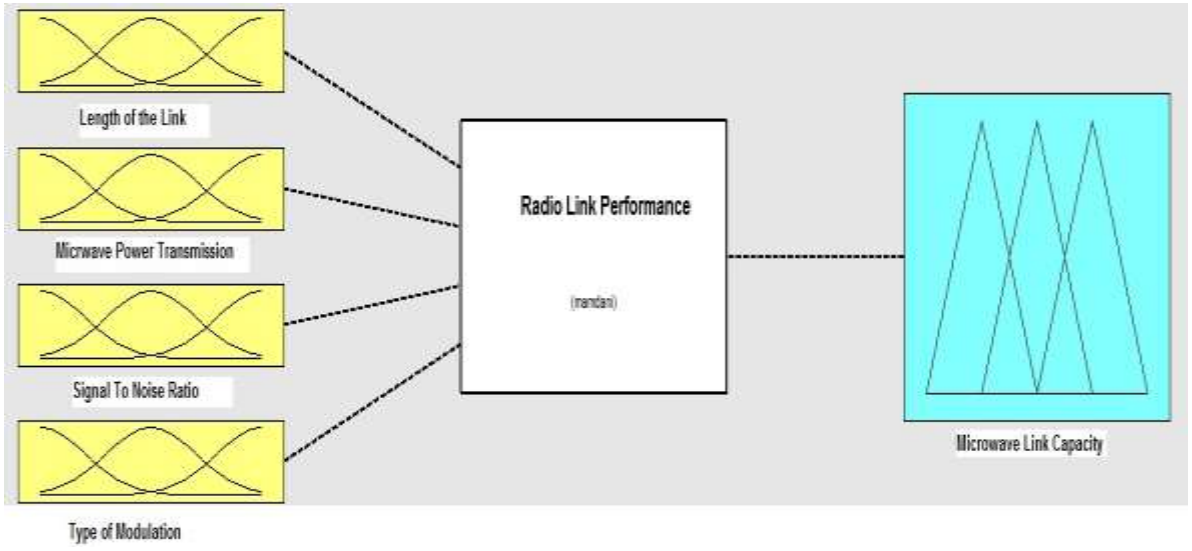
4 ـ نسبة الإشارة إلى الضجيج.

وبارامترات الخرج المعتمدة هي: سعة الوصلة الميكروية Microwave Link capacity والتي تعبر عن عدد الأقنية التي يمكن لنظام الاتصال الميكروي أن ينقلها بين طرفي الوصلة الميكروية.

توابع العضوية لمحددات الدخل (Memberships of Input Parameters)

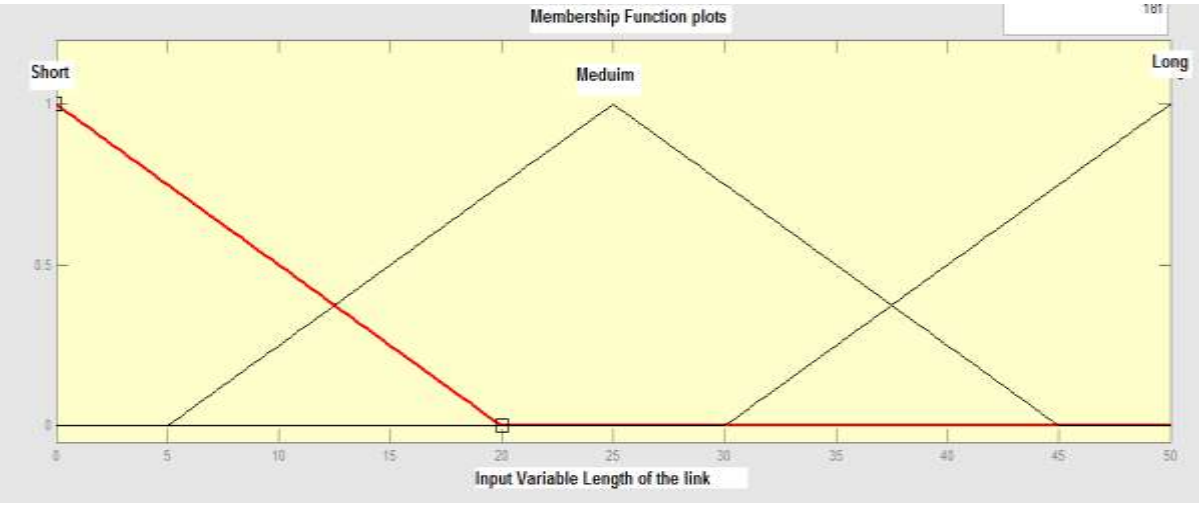
يبين الشكل(6) نظام المنطق العائم للوصلة الميكروية المراد دراسة أدائها والذي يتضمن أربع قيم لمحددات الدخل و متحول واحد للخرج .

يمكننا اعتماداً على النظرية اللامحدودة المعتمدة في المنطق العائم التعبير عن كل متحول من متحولات الدخل بطريقة القيم التعبيرية البسيطة. فعلى سبيل المثال ومن أجل متحول الدخل الأول– الاستطاعة المطلوبة (استطاعة الوصلة الراديوية المرسلة) المعتمد فإن قيم التعابير اللغوية (عالية، متوسطة ، ضعيفة) – High, Medium, and Low – قد تم اعتمادها لتعّبر عن توابع الانتماء ((A11(x), A22(x) ,A33(x))، على التوالي لمتحول الاستطاعة المطلوبة ضمن مجال ما، حيث يعّبر المجال المختار عن حدود مجال قيمة الاستطاعة المطلوبة التي يمكن اعتمادها بناء على نتائج دراستنا التحليلية المعتمدة في دراسة تحديد القيم المثلى لأداء الوصلة في الدراسة.



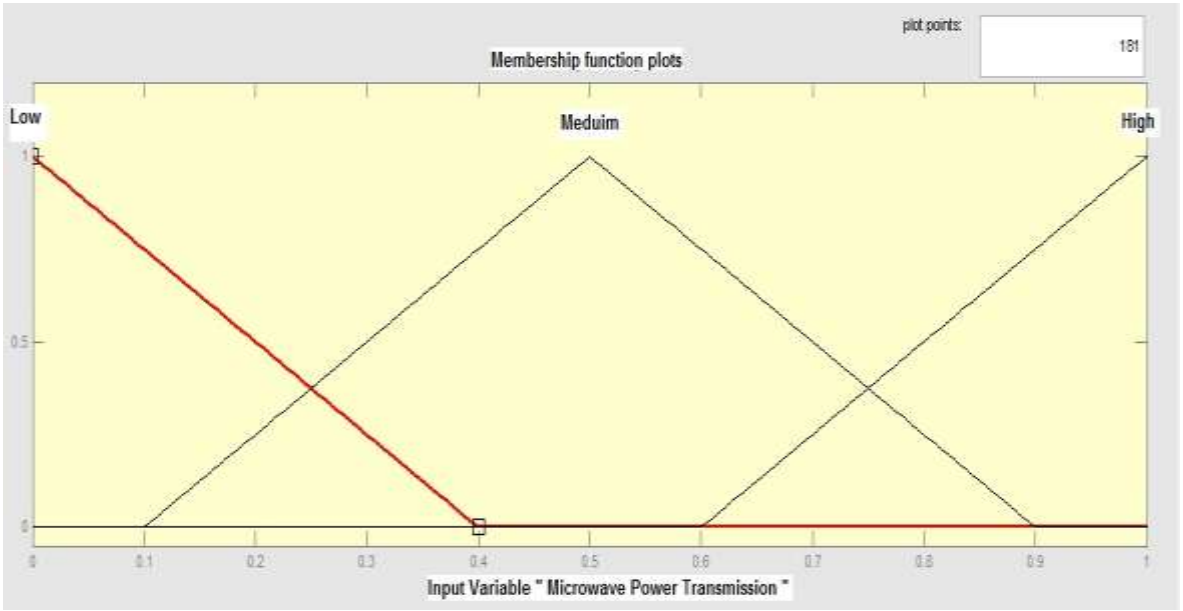
الشكل (6)– نظام المنطق العائم المعتمد في الدراسة والمؤلف من 4 متحولات للدخل ومتحول واحد للخرج

فمثلاً ومن أجل متحول الدخل طول الوصلة الميكروية ضمن المجال Km [0–50] يعبر عن حدود مجال طول الوصلة الميكروية بين المرسل والمستقبل في الدراسة. و توضح المخططات البيانية أدناه علاقات تابع الإنتماء لكل من متحولات الدخل المدروسة. حيث أن درجات تابع الإنتماء لمحدد الدخل طول الوصلة الميكروية بالكيلو متر والمعرف بالتوابع قصيرة ومتوسطة وطويلة، تمثل توابع بسيطة من الدرجة الأولى (معادلة مستقيم لكل تعبير) موضحة بيانياً في الشكل (7). وهكذا من أجل كل متحول دخل في هذه الدراسة.



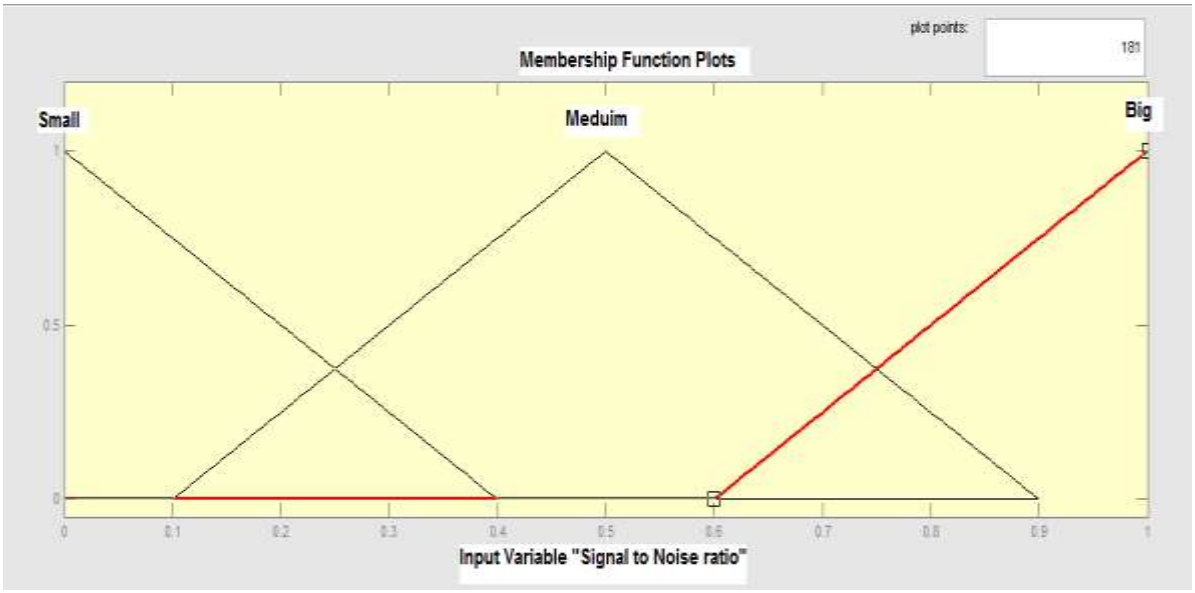
الشكل (7)– درجات تابع الإنتماء لمحدد الدخل الأول/ طول الوصلة الميكروية بالكيلو متر/

أما بالنسبة لمتحول الدخل الثاني والممثل للاستطاعة المرسلة والمعبر عنها بالقيم الكلامية صغيرة، متوسطة وكبيرة موضحة في الشكل (8).

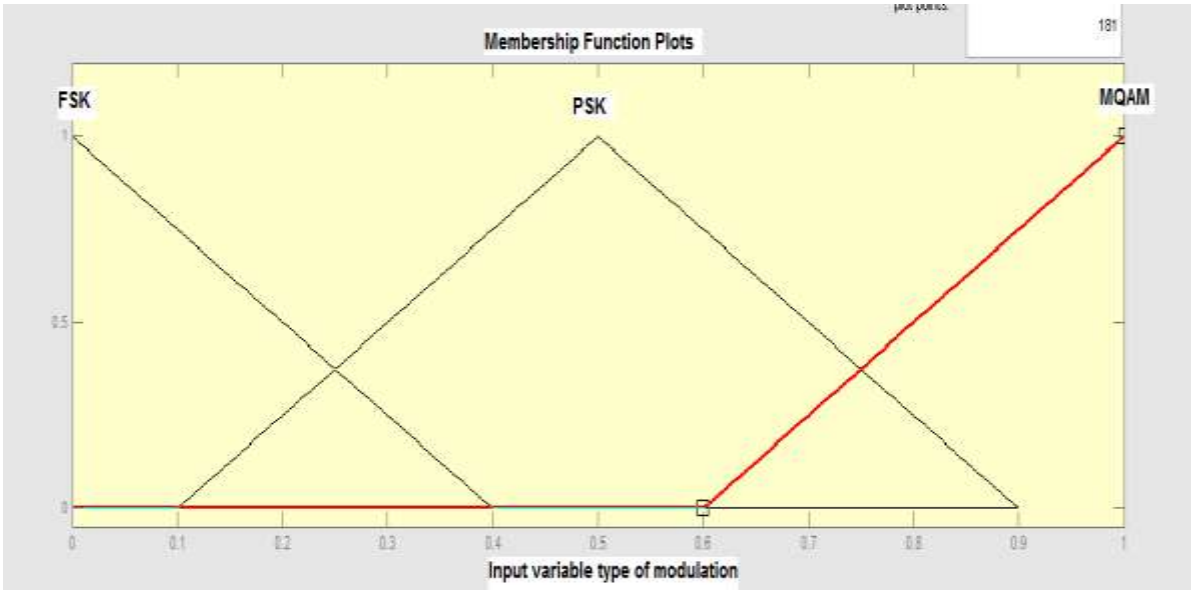


الشكل (8)– درجات تابع الإنتماء لمحدد الدخل الثاني / الاستطاعة المرسلة المطلوبة/

وكذلك الأمر بالنسبة لمحددات الدخل الأخرى نسبة الإشارة إلى الضجيج ونمط التعديل المستخدم، موضحة في الأشكال (9) و (10) على الترتيب.



الشكل (9)– درجات تابع الإنتماء لمحدد الدخل الثالث / نسبة الإشارة إلى الضجيج/

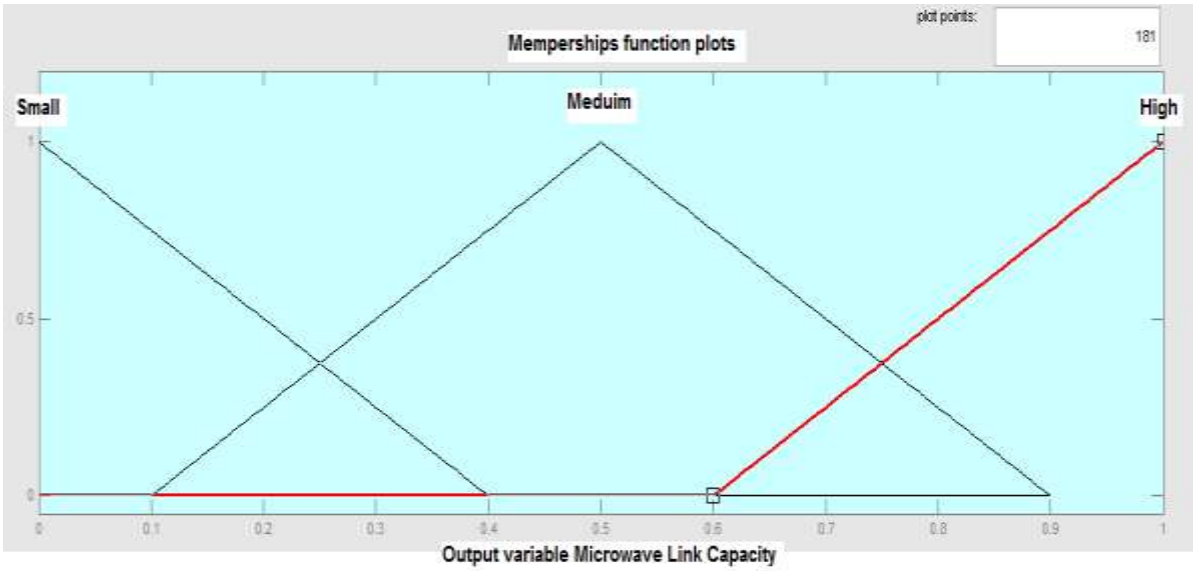


الشكل (10)– درجات تابع الإنتماء لمحدد الدخل الرابع / نمط التعديل المستخدم/

توابع العضوية لمحددات الخرج (Memberships of Output Parameters)

إن محددات الخرج للمنظومة العائمة المعتمدة في الدراسة هي سعة الوصلة الميكروية ، كما يظهر من الشكل(6) (متحولات الخرج وعددها 1).

عرّف تابع متحول الخرج (سعة الوصلة الميكروية) لتكون عالية، متوسطة ومنخفضة (High, Medium and small) . حيث تعبر القيمة (1) (في تابع العضوية μ لاحتمال حدوث التأرجح لمسار الاتصال) عن توفر سعة مناسبة تماماً للوصلة وبأداء أمثل، في حين أن القيمة (0) تشير إلى انعدام توفر السعة (هبوط الوصلة) ودرجات الإنتماء لها مبينة في الشكل (11).



الشكل (11)– درجات تابع الإنتماء لمحدد الخرج (سعة الوصلة الميكروية)

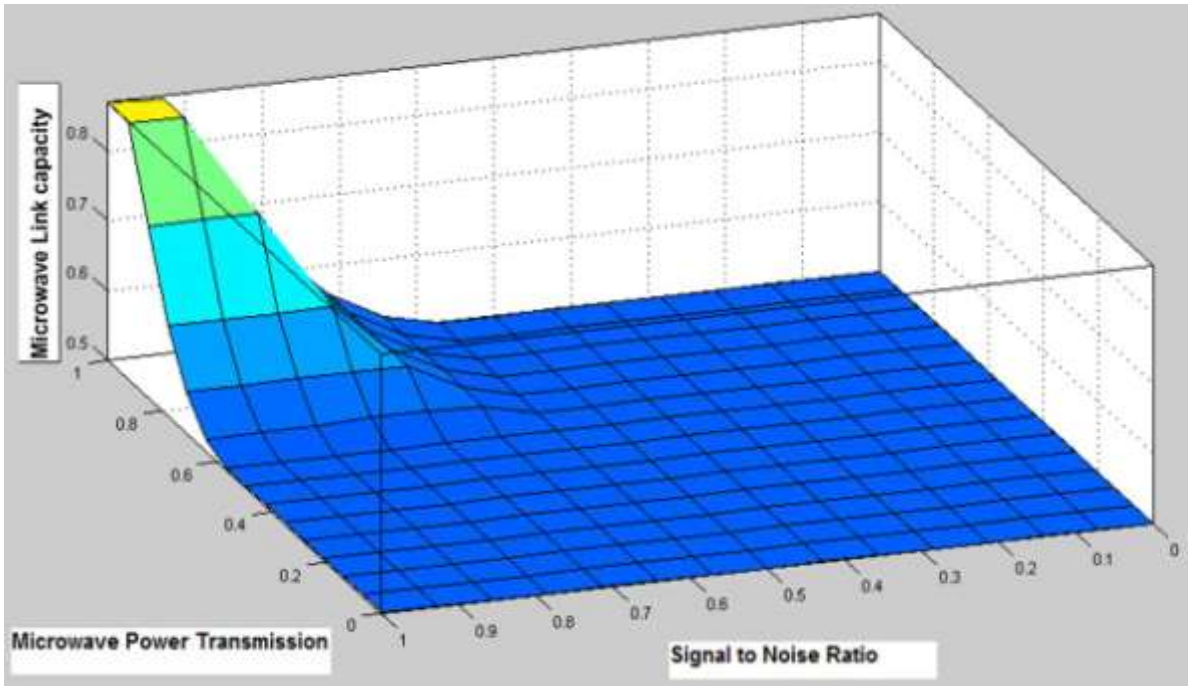
آلية الاستنتاج الغموضية (العائمة)(Fuzzy inference)

تعرف آلية الاستنتاج الغموضية بأنها العملية الكاملة لاتخاذ القرارات باستعمال المنطق العائم وتجمع هذه العملية كل المكونات التي اعتمدت حتى الآن(محددات دخل وخرج ودرجات إنتمائها). وتجدر الإشارة إلى أن عدد القواعد في النظام المدروس والمؤلف من أربع محددات دخل وكل متحول ممثل بثلاث دلالات عضوية (صغيرة، متوسطة وعالية) تحتاج إلى 81 قاعدة لتربط بينها.

نتائج التحليل باستخدام المنطق العائم والمناقشة

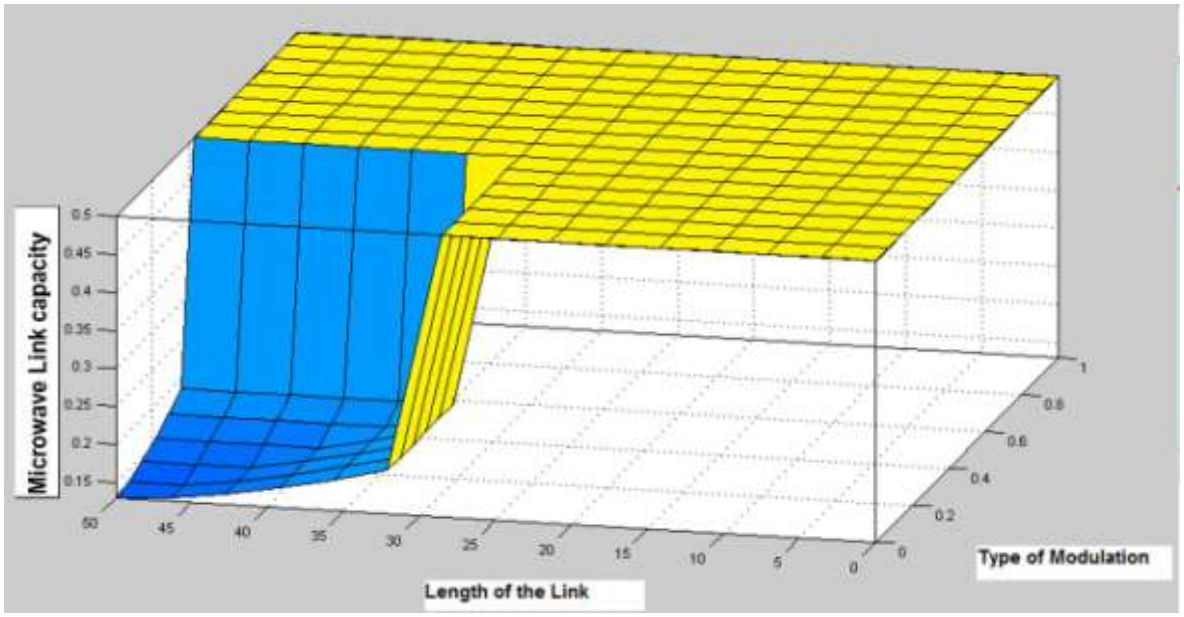
إن تأثير قيم كل من نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR ونمط التعديل المعتمد وطول الوصلة الميكروية والاستطاعة المطلوبة على سعة الوصلة الميكروية Microwave link capacity موضحة في الأشكال (12–15).

يوضح الشكلان (12) و (13) مخططان بيانيان لتأثير نسبة الإشارة إلى الضجيج واستطاعة الإرسال المطلوبة وطول الوصلة الميكروية ونمط التعديل المطبق على سعة الوصلة الميكروية. حيث يشير الشكل (12) إلى أن سعة الوصلة الميكروية يكون مرتفعاً من أجل نسبة إشارة إلى ضجيج عالية، وأن أعلى قيمة لسعة الوصلة الميكروية تكون من أجل نسب إشارة إلى ضجيج مرتفعة واستطاعة إرسال عالية أيضاً.



الشكل(12) علاقة متحول الخرج (سعة الوصلة الميكرية) بكل من نسبة الإشارة إلى الضجيج واستطاعة الوصلة الميكروية المطلوبة

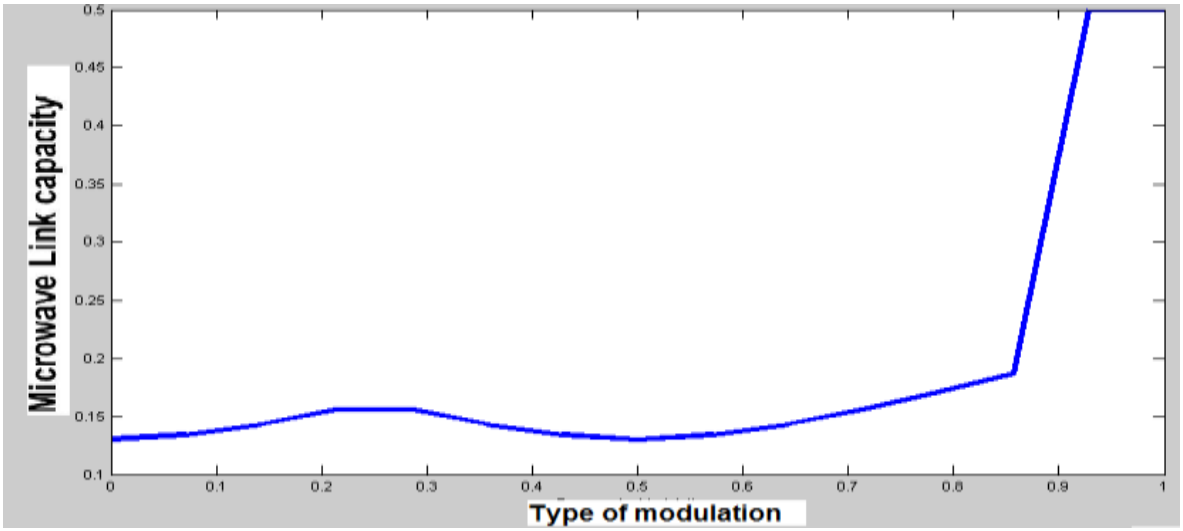
بينما يبين الشكل (13) تأثير قيمة كل من طول الوصلة الميكروية ونمط التعديل المطبق على سعة الوصلة الميكروية، حيث يتضح أن سعة الوصلة الميكروية ترتفع بارتفاع رتبة التعديل، كما ترتفع بانخفاض طول الوصلة الميكروية وذلك من أجل أنماط تعديل مختلفة.



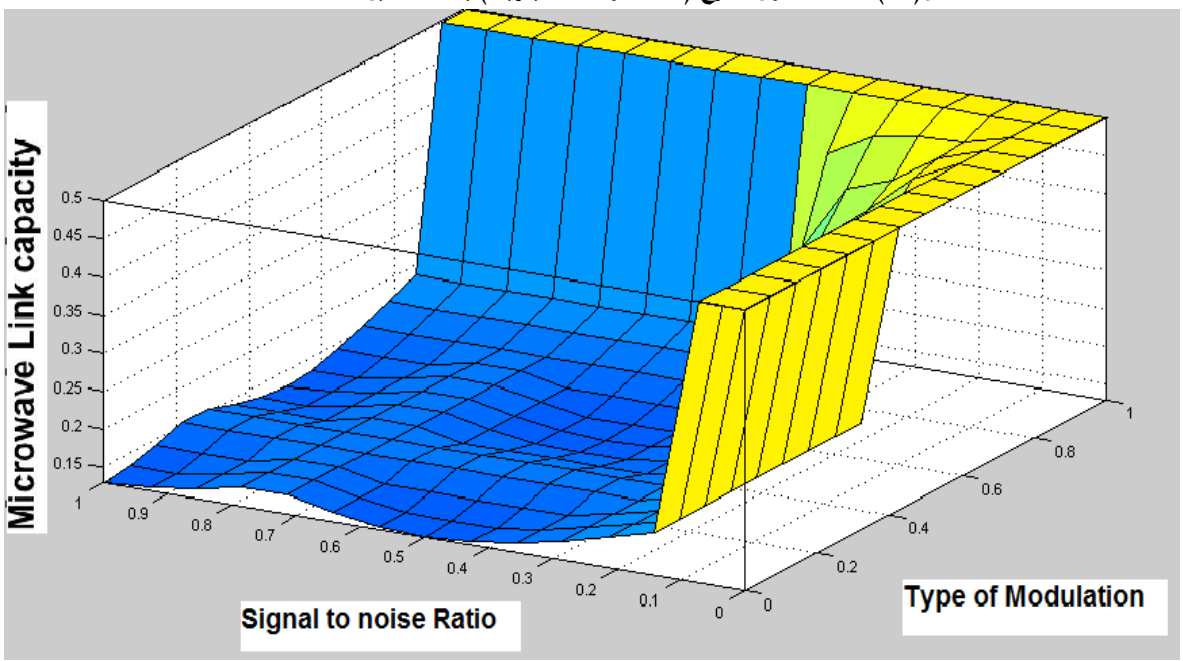
الشكل (13) علاقة متحول الخرج (سعة الوصلة الميكرية) بكل من طول الوصلة الميكروية نمط التعديل المعتمد

إن تأثير نمط التعديل المعتمد على سعة الوصلة الميكروية كبير جداً، إذ يلعب حسن اختيار نمط التعديل المطبق دوراً رئيسياً في تحديد أداء الوصلة وسعتها ويمكن أن يؤدي الاختيار المناسب لنمط التعديل المطبق إلى

الحصول على سعات وصلات تلبي الاحتياجات اللازمة. إذ يبين الشكل (14) أن اختيار نمط التعديل من رتبة MQAM يعطي سعات كبيرة للوصلة الميكروية بغض النظر عن البارامترات الأخرى التي يقتصر دورها في هذه الحال على التقليل من نسبة خطأ الإرسال دون التأثير على سعة الوصلة، وهذا ما يبينه الشكل(15).



الشكل(14) علاقة متحول الخرج (سعة الوصلة الميكرية) بنمط التعديل المعتمد



الشكل(15) علاقة متحول الخرج (سعة الوصلة الميكرية) بكل من نسبة الاشارة الى الضجيج و نمط التعديل المعتمد

بناء على نتائج التحليل باستخدام المنطق العائم لأداء الوصلة الميكروية يوصى با ستعمال التعديل بالإزاحة الطورية PSK (الذي يعتبر تعديل أساسي مستخدم في أنظمة الاتصالات اللاسلكية المنخفضة والمتوسطة الاستطاعة)، وذلك نظراً لتمتعه بمناعة أفضل ضد التداخل، إضافة لكونه تعديل بسيط جداً وفعالاً من حيث التكلفة. ومن الممكن اعتماد التعديل بالإزاحة الترددية Frequency shift keying (FSK) في بعض أنظمة الاتصالات اللاسلكية المنخفضة والمتوسطة القدرة ولكنه يفتقد إلى ميزات المناعة ضد التداخل التي تميز التعديل بالإزاحة الطورية PSK إضافة إلى أنه (FSK) يشغل عرض حزمة أكبر. أما في انظمة الاتصالات عالية الاستطاعة فينصح باعتماد

التعديل المطالي المتعامد متعدد الدرجات MQAM، الذي يتمتع بفعالية استخدام عالية للطيف الترددي، وفي حال اعتماد تعديل أكثر من ثنائي تزداد سعة الوصلة الميكروية وفعالية النقل فيها بازدياد رتبة التعديل . وهذا يتوافق مع نتائج التحليل والدراسة باستخدام المنطق العائم.

الاستنتاجات والتوصيات:

عرض في هذا العمل تأثير كل من طول الوصلة الميكروية ونمط التعديل المطبق والاستطاعة المرسلة المطلوبة ونسبة الإشارة إلى الضجيج على كل سعة الوصلة الميكروية باستخدام المنطق العائم. تبين أن متحول الخرج المعتمد في نظام المنطق العائم (سعة الوصلة الميكروية) شديده الحساسية لنمط التعديل المعتمد مع الأخذ بالحسبان نسبة الإشارة إلى الضجيج كما يرتبط بواقع النظام وظروف التشغيل المعتمدة. أوصت قيم التحليل باستخدام المنطق العائم أن يتم اعتماد رتب التعديل العالية MQAM مع الاستطاعات العالية والأطوال الكبيرة للوصلة الميكروية بغية زيادة سعة الوصلة الميكروية. إن تحديد قيمة ومجال محددات الدخل المعتمدة ستمكننا من اختيار القيم الأنسب لسعة الوصلة الميكروية بما يعطي الأداء الأفضل لنظام الاتصال. سيتم في العمل المستقبلي تبيان مدى مقاربة النتائج للواقع العملي وتطبيق قيم نتائج التحليل باستخدام المنطق العائم المعتمد في دراستنا الحالية على وصلة حقيقية لاعتبارات التقييم والمقارنة.

المراجع

[1] POZAR, D.M. *Microwave Engineering*. 4th ed, John Wiley & Sons, 2012, 756.

[2] HARVEY.L.L .*Microwave Transmission Networks: Planning, Design and Deployment*. 3rd ed, McGraw – Hill Professional Engineering, 2011, 106 .

[3] PARSONS,J.D. *The Mobile Radio Propagation Channel*.2nd ed. Chichester (UK): Wiley, 2000, 278-285.

[4] BERTONI, H. L. *Radio Propagation for Modern Wireless Systems*, 1st ed. Upper Saddle River (NJ, USA): Prentice Hall, 2000, 345-362.

[5] ITU-R Recommendations, "*Prediction Procedure for the Evaluation of Microwave Interference between Stations of the Surface of the Earth at Frequencies above About 0.7 GHz*," P.452-12 (03/05) , ITU-R, Geneva, Switzerland, 2005.

[6] HENNE, I. and Thorvaldsen, P.*Planning of Line-of-Sight Radio Relay Systems*. 2nd ed, Singapore: NERA Telecommunications, 1999, 407-416.

[7] WILLIAM, C. Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications Analog and Digital Systems*. 2nd.ed, McGraw-Hill،Inc, 1995, 10-124.

[8] ITU-R Recommendation P.530-10, "*Propagation data and prediction models required for the design of terrestrial line-of-sight systems*" ITU-R, Geneva, Switzerland, 2001.

[9] HITNEY, H. V ؛ HITNEY, L. R. *Frequency diversity effects of evaporation duct propagation*. IEEE Transactions on Antennas and Propagation، 1990 ،vol. 38, no. 10, p. 1694 - 1700.

[10] HEEMSKERK, H. J ؛ BOEKEMA, R. B. "*The influence of evaporation duct on the propagation of electromagnetic waves low above the sea surface at 3-94 GHz". In Proceedings of the Eighth International Conference on Antennas and Propagation.* Edinburgh UK ،March-April 1993 , 348 – 351.

[11] LEE, Y. H ؛ MENG, Y. S. "*Analysis of ducting effects on air-toground propagation channel over sea surface at C-Band". In Proceedings of the 2011 Asia-Pacific Microwave Conference*. Melbourne APMC, Brisbane ,Australia, 2011, 1678 - 1681.

[12] ROBERT, K. Crane, *Electromagnetic Wave Propagation through Rain*, a Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons Inc, 1996, 244-291.

[13] WILLIAM, C. Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications Analog and Digital Systems*. .McGraw-Hill, Inc, 1995, Chapter 12, p.375.

[14] Ho M. H ؛ Chiu C. C. ؛ Liao S. H., *"Bit Error Rate Reduction for Circular Ultrawideband Antenna by Dynamic Differential Evolution,"* International Journal of RF and Microwave Computer–Aided Engineering, vol, 2013, 260–271.

[15] ITU-T Recommendations K-61 -(02/2014*) " Guidance to measurement and numerical prediction of electromagnetic fields for compliance with human exposure limits for telecommunication installations"* ITU-R, Geneva, Switzerland, 2014.

[16] ITU-R Recommendations P.530-14 (02/2012) "*Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight system* ITU-R, Geneva, Switzerland, 2012 .

[17] ROSS,T.J. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Wiley-Blackwell; 3rd ed,2010, 606.

[18] WANG,L. *Adaptive fuzzy Systems and Control*. Prentice Hall, Inglewood Cliffs, New Jersey 1991, 213-236.

[19] KAUFMANN,A ؛ Gupta ,M. M., *Introduction to Fuzzy Arithmetic Theory and Application*, Van Nostrand Reinhold, New York, 7th ed, 2013 , 235-287.