

## توقع تخميد المطر وتأثيره على انتشار الموجة المكروية العاملة وفق خط النظر في المناطق الساحلية في سورية - اللاذقية

د. معين يونس\*

د. كنده أبو قاسم\*\*

عمار علي\*\*\*

(تاريخ الإيداع 1 / 9 / 2020. قُبِلَ للنشر في 6 / 12 / 2020)

### □ ملخص □

عند الترددات الأعلى من 10 GHz، يمكن للمطر أن يؤثر على التخميد بشكل كبير، كما أن تأثير التخميد الناتج عن الغلاف الجوي يعتبر مفهوما مهما لا بد من أخذه بعين الاعتبار كما أننا نحتاج لزيارة الموقع بشكل مناسب واستخدام طريقة مناسبة من أجل التحكم بمستوى التخميد وبهذه الطريقة يمكننا زيادة وتحسين الأداء الكلي. يتألف النظام المدرس من وصلات Huawei-Microwave links ووحدة الراديو ومقياس المطر ومسجل المعطيات من خلال جهاز حاسوب PC مربوط بشكل دائم مع التجهيزة الراديوية. قمنا بمقارنة معطيات التخميد المتوقعة والمأخوذة من نماذج التوقع مع معطيات تخميد المطر المقاسة في هذه الوصلات المكروية المدروسة. لقد تم تحليل مجموعة من نماذج التوقع ألا وهي ITU-R P.530-16 و ITU-R P.530-11 و Da Silva Mello و Moupfouma و Abdulrahman. لقد وجدنا بأن النموذجين ITU-R P. 530-11 و ITU-R P. 530-17 يظهران تقريبا أقرب نسبيا لقيمة تخميد المطر المقاسة عند الترددات المدروسة، وإضافة لذلك فإن النموذج Moupfouma يعطي تقريبا قريب نوعا ما للقيم المقاسة في حين أن النموذجين Silva و Abdulrahman يعطيان قيم للتخميد بعيدة عن القيم المقاسة. تساعد هذه الدراسات في تحديد نموذج تخميد المطر الأكثر أهمية والأكثر ملائمة للمجالات المكروية المدروسة. وهذه النتائج سوف تعطينا تقريبا مفيدا لتخميد المطر في الوصلات المكروية في المناطق الساحلية المعتدلة التي لها ظروفًا مماثلة لمنطقة اللاذقية -سورية.

**الكلمات المفتاحية:** معدل المطر، تخميد المطر، نموذج توقع تخميد المطر، وثوقية الوصلة، توافرية الوصلة، الموجة المكروية العاملة وفق خط النظر LOS.

\* أستاذ - قسم هندسة الاتصالات، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

\*\*أستاذ مساعد - قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

\*\*\*طالب دراسات عليا (ماجستير)، قسم هندسة الاتصالات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

## Prediction of Rain Attenuation and Impact of Rain in Line Of Sight Microwaves for Coastal Region in Syria- Lattakia

Dr. Moein Younis\*  
Dr. Kinda about Kassem\*\*  
Ammar Ali\*\*\*

(Received 1 / 9 / 2020. Accepted 6 / 12 / 2020)

### □ ABSTRACT □

At frequencies above 10 GHz, the rain can affect damping significantly, and the effect of atmospheric damping is an important concept that needs to be taken into consideration as we need to visit the site appropriately and use an appropriate method to control the damping level with this The way we can increase and improve overall performance. The studied system consists of Huawei-Microwave links, radio unit, rain gauge and data recorder through a PC that is permanently connected to the radio equipment. We compared the expected damping data from the prediction models with the measured rain damping data in these studied microwave links. A variety of forecast models have been analyzed: ITU-R P.530-16, ITU-R P.530-11, Da Silva Mello, Moupfouma and Abdulrahman. It's found that ITU-R P. 530-17 and ITU-R P. 530-11 give very close values to the measured values with the studied frequencies and the Moupfouma model shows relatively close values whereas the models of Silva Mello and Abdulrahman give too far values compared to the real value. These studies help determine which rain damping model is most relevant and appropriate to the studied spheres. These results will give us a useful evaluation of rain damping in the microscopic links in temperate coastal areas that have similar conditions to the Lattakia region - Syria.

**Keywords:** Microwave Link, Line Of Sight, Rain Attenuation, Effective path Length, Specific Rain Attenuation, Rain Rate, Prediction Models.

---

\* Professor - Department of Telecommunication Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\* Associate Professor - Department of Computer and Control Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*\*Postgraduate Student (Master), Telecommunication Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## مقدمة:

إن وسائل نقل الاتصالات هي المعنى الفيزيائي لعملية ربط كميات كبيرة من المعلومات عبر مسافات واسعة. بدون استثناء، فإن إشارات الاتصالات (الفيديو والصور والكلام ومعطيات الحاسب) هي عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية تنتشر عبر خطوط النقل مثل الخط ثنائي السلك أو الكبل المحوري أو الألياف الضوئية أو الوصلات المكروية. من أجل مسار ما معطى، يعتمد نوع خط النقل المختار على الطبوغرافيا والكلفة وكمية المعلومات المنقولة. على الرغم من أن كابلات الليف الضوئي تنقل كمية معلومات أكبر مع وثوقية أعلى من أي خط نقل آخر (لمسافة طويلة عبر تضاريس بعيدة أو وعرة)، فإن الوصلة المكروية تعتبر أحيانا البديل الأفضل من الناحية الاقتصادية [4]. يمكن للتخميد الناتج عن المطر أن يخفف من انتشار الموجة الراديوية عند الأطوال الموجية الملي مترية أو السنتمترية والتي تقيد طول المسار في أنظمة الاتصالات الراديوية كما يحد من استخدام الترددات العالية في الوصلات المكروية العاملة وفق مبدأ خط النظر (Line of Sight (LOS [3].

إن انتشار الأمواج الراديوية عبر الغلاف الجوي للأرض سوف يتعرض للتخامد بسبب وجود جزيئات الجو مثل بخار الماء وقطرات الماء وجزيئات الجليد والغبار. إن كلا من الغازات الجوية والأمطار سوف تمتص وتبعثر الأمواج الراديوية وبالتالي فإنها تخفض من الأداء الإجمالي للوصلة. يعتبر المطر السبب الأساسي للتخامد في الأمواج المكروية المنتشرة عند ترددات أعلى من 5 GHz. لقد أقر العديد من الباحثين أن معامل تخفيض المسار هو المقياس الرئيسي في عملية مقارنة نماذج توقع التخميد الناتج عن المطر [5].

عند تصميم وصلة ميكروية وفق مبدأ خط النظر LOS، أو وصلة قمر صناعي تعمل عند تردد أعلى من 10 GHz، فإن ظهور المطر على طول مسار الإرسال يعتبر العامل الرئيسي المساهم في إضعاف النظام الميكروي (Freeman2007). إن التخميد في أي مسار يعتمد على قيمة التخميد النوعي والتردد والاستقطاب ودرجة الحرارة وعلى خط العرض (Kanellopoulos et al., 1990). لقد ظهرت حاجة لإحداث توازن بين عرض المجال الترددي المتاح وتخميد المطر عند الترددات العالية. إن معدل الهطول المطري هو العامل الرئيسي في تحديد التخميد الناتج عن المطر في وصلة ما [3].

يعتبر المطر واحدا من العوائق الأساسية التي تواجه انتشار الأمواج الملي مترية. يمكن أن يتم امتصاص الأمواج الملي مترية أو أن تتبعثر أو أن يزال استقطابها أو أن تتحلل نتيجة للمطر. يحد ذلك من انتشار هذه الأمواج مما يسبب تخميد إشارة عالي على طول مسار الانتشار. يصبح التأثير أكثر خطورة في المناطق الاستوائية التي تتصف بالمطر الغزير ومعدلات المطر العالية مع حجوم كبيرة لقطرات المطر. إن توزيع حجم قطرة المطر يتغير تبعا للموقع الجغرافي ويمكن أن تصبح من مرتبة طول الموجة الراديوية الملي مترية. يؤثر ذلك بشدة على انتشار الإشارات الملي مترية مما يسبب تخميذا عاليا للإشارة. إن مستوى تخميد المطر يزداد بشدة مع ازدياد كل من معدل المطر وتردد الإشارة وكثافة المطر وطول المسار الفعال. وهذا يقلل من وثوقية وتوافرية وأداء وصلة الاتصالات [2].

على أي حال، هنالك بارامتر هام لا بد من أخذه بعين الاعتبار من أجل تقييم معامل تخفيض المسار ألا وهو طول المسار الأعظمي لوصلة ما عند تردد تشغيل معين. يتم تحديد طول المسار من خلال مستوى الإشارة المستقبلية (Received Signal Level (RSL) أو من خلال معادلة Fris من خلال أخذ فقد الفراغ الحر بعين الاعتبار مع التخميد الناتج عن المطر [5].

على أي حال، عند ترددات أعلى من 5 GHz، فإن قطرات المطر السائلة تساهم بشكل جدي في خسارات الإرسال من خلال حادثتي الامتصاص والتبعثر الأمر الذي يسبب انخفاضاً في مستوى الإشارة المستقبلية. هذه المشاكل أجبرت الباحثين على تحقيق توازن بين عرض الحزمة المتاحة وتخمين المطر عند الترددات العالية [6].

بسبب هذا التأثير الكبير لتخمين المطر على أنظمة الاتصالات الراديوية نقطة لنقطة ونقطة لعدة نقاط عند مجالات الترددية الأعلى من 5 GHz، فإن العديد من الأبحاث تقود إلى تطوير نماذج توقع التخمين الناتج عن المطر. وبالتالي، عند تخطيط أنظمة خط النظر الأرضية، لا بد من توافر معطيات إحصائية دقيقة جداً لمعدل المطر وذلك من أجل التوقع الدقيق للتخمين الناتج عن المطر في مسار الانتشار [6].

تم اقتراح العديد من نماذج توقع التخمين الناتج عن المطر على المسارات الراديوية الأرضية. تقوم هذه النماذج بتقييم تخمين المطر في الحالات التي تكون عندها القياسات المباشرة المطلوبة غير متاحة. يوجد العديد من نماذج تقييم تخمين المطر من خلال الاعتماد على الظروف المناخية والجغرافية. ويهدف هذا البحث إلى تقييم التخمين الناتج عن المطر في المجال الميكروي من خلال استخدام بعض نماذج التوقع للوصلات المكروية العاملة في المنطقة الساحلية في سوريا وذلك من خلال الاعتماد على معدلات المطر الناتجة من المعطيات المحلية المقاسة ومن الخريطة المطرية ITU-R P.837-5 [6].

إن نماذج توقع التخمين الناتج عن المطر تأخذ بحسبانها معامل تخفيض المسار الذي يميز كلا من طول المسار ومعدل الهطول المطري. إن حاصل ضرب طول المسار الفيزيائي للوصلة المكروية ومعامل تخفيض المسار هو طول المسار الفعال. لقد لوحظ أن طول المسار الفعال أصغر من طول المسار الفيزيائي الفعلي والذي يقود إلى الحصول على معامل تخفيض المسار (Islam et al., 2012) [3].

## أهمية البحث وأهدافه:

### أهمية البحث:

إن المدن تكتظ سكانياً بشكل سريع مما يستدعي توسع الحركة العمرانية باتجاه الأرياف لذلك كان لا بد من التوسع بالخدمات في كافة قطاعات الحياة لتشمل كافة المناطق. كما يتم ربط المحافظات المتجاورة مع بعضها البعض من خلال أنظمة اتصال مكروية ولذلك لا بد من أن نأخذ بعين الاعتبار العوامل المختلفة التي تصادف الموجة المكروية المنتشرة بين المحافظات.

بسبب الطبيعة الجبلية الوعرة في بعض المناطق، تفضل الاتصالات المكروية عن غيرها من الأنظمة لذلك كان لا بد من دراسة كافة العوامل المؤثرة على الإشارة المكروية (من حيث المناخ وتقلباته والتضاريس الطبيعية).

تلعب العوامل الجوية المختلفة دوراً بارزاً في تخمين الموجة المكروية والتي لا بد من دراستها بشكل مفصل عند تأمين خدمات الاتصالات لمنطقة ما من خلال هذا النوع من الربط وذلك من أجل تجنب حدوث انقطاعات حادة أو حرجة في هذه الوصلات أثناء التشغيل والاستثمار.

### هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير العوامل الجوية المختلفة على انتشار الموجة المكروية العاملة وفق تقنية خط النظر والحصول على تصور مسبق عن كافة العوامل الطبيعية (المناخية والبيئية) التي تؤثر على الوصلات المكروية العاملة وفق تقنية خط النظر (Line Of Sight (LOS).

وبالتالي يمكن الاستفادة من هذه الدراسة عند تخطيط وتصميم وتنفيذ مثل هذه الوصلات بناء على المعطيات المناخية والتضاريسية المتوفرة في المنطقة المراد تخديمها وفق هذه التقنية.

### طرائق البحث ومواده:

قمنا في هذا البحث باستخدام المنهجين التجريبي والتحليلي:

- تمت مراقبة الوصلات وتسجيل القيم الموافقة.
- تم تطبيق نماذج التوقع الأساسية المعروفة عالميا على نفس الوصلات المدروسة.
- تمت مقارنة النتائج التجريبية والتحليلية.

في دراستنا هذه، تم استخدام العديد من وسائل الدراسة ألا وهي:

- محطات الاتصالات المكروية التي تزودنا بكافة المعلومات الضرورية من حيث البارامترات التشغيلية للوصلات المدروسة أو من حيث قيم التخميد الناتجة بشكل دوري من خلال أجهزة الحواسيب الموصولة معها بحيث تؤمن لنا معلومات دقيقة وفورية.
- محطات الأرصاد الجوية التي تقدم معلومات عن العامل الجوي المدروس (معدل الهبوط المطري وكثافة الضباب والعاصفة الغبارية (مدى الرؤية)) بشكل دقيق.

#### 1- مفاهيم أساسية:

#### 1- نماذج التخميد Attenuation Models:

تم تقسيم طرق توقع التخميد الناتج عن المطر على مسار الموجة الراديوية إلى صنفين أساسيين هما: الطريقة الفيزيائية والطريقة التجريبية [1].

#### 1- الطرق الفيزيائية Physical Methods:

تشير الطرق الفيزيائية إلى النماذج النظرية (النماذج التحليلية) وعند استخدام الطريقة الفيزيائية، فإننا لا نحتاج إلى جميع بارامترات الدخل من أجل التحليل، في حين أن النماذج التحليلية تقدم نظرة عن العمليات الفيزيائية المضمنة في انتشار الموجة الراديوية عبر الغلاف الجوي، على أي حال، فإنها تتطلب دائما استخدام طرق التحليل العددي من أجل إعطاء حلول للصيغ الرياضية الصعبة المعالجة. تستخدم الطريقة الفيزيائية لحساب التخميد من خلال التطبيق العملي في المختبرات، وكما أننا نحتاج إلى ضبط كامل قبل بدء التجارب. إن من الصعب جدا إنجاز عملية الضبط، كما أن هذا النوع من التجارب يتطلب مبلغا كبيرا. أغلب الوقت، تأخذ هذه النماذج الكثير من الوقت من أجل إعطاء النتائج الدقيقة. هذه الطرق أكثر وثوقية لأن النتائج التي حصلنا عليها خارج هذه التجارب تشكل مشاكل حقيقية كما أن هذه الأنواع من التجارب يتطلب شخصا محترفا للغاية من أجل إنجاز هذه التجارب [1].

#### 2- الطريقة التجريبية Empirical Method:

يعتمد النموذج التجريبي على محطات قياس المعطيات الموزعة في المناطق المناخية المختلفة في منطقة ما. إن المزايا الأساسية لهذه النماذج تتمثل في بساطة التعابير الرياضية التي تصفها. على الرغم من أنهم لا يأخذون بعين الاعتبار العمليات الفيزيائية التي تحدث عند الانتشار في المناطق المدروسة، فإنهم يعتمدون على معرفة السلوك النوعي للامتصاص والتبعثر في وسط التبعثر المتجانس. تعتبر هذه النماذج حديثة نسبيا وقد تمت صياغتها من خلال

استخدام المعطيات المقاسة التي حصلنا عليها مؤخرًا. على أي حال، لهذه النماذج العديد من العوائق، ناهيك عن اعتمادها الكبير على معطيات خاصة مقاسة إضافة لفشلها في ربط العملية الفيزيائية المتضمنة داخلها [1].

### 3- نماذج تخميد المطر Rain Attenuation Models:

تتشارك جميع نماذج توقع تخميد المطر في الصيغة العامة لحساب التخميد ولكن يوجد اختلاف أساسي فيها يتمثل بطريقة حساب طول المسار الفعال (حساب معامل تخفيض المسار  $r$  على وجه التحديد). وسوف نستعرض فيما يلي الخطوات الأساسية لحساب التخميد الناتج عن المطر ألا وهي [10]:

1- حساب معدل المطر ( $R_{0.01}$ ) الذي لا يتجاوز 0.01% من الزمن (مع زمن تكامل قدره دقيقة واحدة) ويتم الحصول عليه من المصادر المحلية أو من خلال التوصية ITU-R P.837.

2- حساب التخميد النوعي ( $\gamma_R$  (dB/km) من خلال التوصية ITU-R P.838-3 وفق العلاقة:

$$\gamma_R = k.R^a$$

$R$ : هو معدل المطر (mm/hr).

$k, a$ : ثوابت تعتمد على التردد والاستقطاب ويتم الحصول عليها من المصادر المحلية أو من خلال جداول خاصة من خلال التوصية ITU-R P.838-3 [10].

3- حساب طول المسار الفعال  $d_{eff}$  والذي يعطى من خلال العلاقة [3]:

$$d_{eff} = r.d \quad (3)$$

$d$ : هي الطول الفعلي للمسار (km).

$r$ : هو عامل تخفيض المسار وتختلف طريقة حسابه حسب نموذج التوقع المستخدم.

4- يتم حساب التخميد  $A_{0.01}$  (dB) الذي يتم تجاوزه عند النسبة المئوية 0.01% من الزمن من خلال العلاقة [4]:

$$A_{0.01} = \gamma_R . d_{eff} = (k.R_{0.01}^a).(r.d) \quad (4)$$

كما ذكرنا أعلاه، تختلف النماذج المطروحة عن بعضها البعض من حيث طريقة حساب طول المسار الفعال (متمثلة في عامل تخفيض المسار  $r$ ) وهنا سوف نذكر النماذج الأساسية للتخميد وفيها سنجد علاقة حساب  $r$  (عامل تخفيض المسار) من أجل كل نموذج منها [10].

### 3-1-2-1 نموذج ITU-R P.530-11:

هذا النموذج هو النسخة الأبعد من نماذج ITU-R من أجل توقع التخميد الناتج عن العوامل الجوية. وهو النموذج الأكثر ثقة وشهرة والذي يتم استخدامه من أجل حساب طول المسار الفعال كما يلي [8]:

$$d_{eff} (km) = r.d, \quad r = \frac{1}{1 + d/d_0}$$

$$d_0 = \begin{cases} 35.e^{-0.015.R_{0.01}} & : R_{0.01} \leq 100 \text{ mm/hr} \\ 100 & : R_{0.01} > 100 \text{ mm/hr} \end{cases}$$

### 3-1-2-2 نموذج ITU-R P.530-17:

ينصح باستخدام هذه الطريقة في كافة أنحاء العالم والتي تبين أن تخميد المطر يجب أن يؤخذ بالحسبان من أجل أي تردد عامل بعد القيمة 5 GHz ومن أجل الترددات التي تصل حتى القيمة 100 GHz مع أطوال مسارات تصل حتى 60 km [3,9].

يتم حساب طول المسار الفعال في هذا النموذج كما يلي [6]:

$$d_{eff} (km) = r.d, \quad r = \frac{1}{0.477.d^{0.633}.R_{0.01}^{0.07*a}.f^{0.123}-10.579(1 - \exp(-0.024.d))} \quad (6)$$

### 3-1-2-3 نموذج Da Silva Mello

وهي عبارة عن طريقة معدلة خاطبت العديد من المشاكل الموجودة في طريقة ITU-R الحالية ولكنها لازالت تحتفظ بالتعبير العام [3,6]. وفي هذا النموذج، يتم حساب طول المسار الفعال من خلال العلاقة [7]:

$$d_{eff} (km) = r.d$$

$$r = \frac{1}{1 + \left[ \frac{d}{d_0(R_p)} \right]} , \quad d_0 = 119.R^{-0.224} \quad (7)$$

حيث أن P تمثل قيمة التوافرية.

### 3-1-2-3 نموذج Moupfouma

اقترح Moupfouma نموذجا تجريبيا لتوقع التخميد الناتج عن المطر على المسارات الأرضية، ويمكن التعبير عن طول المسار الفعال من خلال علاقة لها الشكل العام التالي [8]:

$$r = \frac{1}{1 + C d^m} \quad (8)$$

يتم حساب التخميد ومعدل المطر لدقيقة واحدة ( $R(mm/h)$ ) من أجل نفس النسبة المئوية للزمن، أما k، a فهي عبارة عن معاملات الضعف وتعتمد على التردد والاستقطاب. تعطى العلاقة الناتجة لمعامل تخفيض طول المسار كما يلي:

$$r = \frac{1}{1 + 0.03\left(\frac{P}{0.01}\right)^{-\beta d^m}} \quad (9)$$

حيث أن:

$$m(f, d) = 1 + 1.4 \times 10^{-4} f^{1.76} \log_{10} d \quad (10)$$

حيث أن f تمثل التردد بال GHz أما  $\beta$  فهي عبارة عن معامل يعطي كنتيجة للمطابقة الجيدة على الشكل التالي:

$$d < 50 km \Rightarrow \beta = \begin{cases} 0.45, & \text{for } 0.001 \leq P \leq 0.01 \\ 0.6, & \text{for } 0.1 \leq P \leq 0.1 \end{cases} \quad (11, a)$$

$$d \geq 50 km \Rightarrow \beta = \begin{cases} 0.36, & \text{for } 0.001 \leq P \leq 0.01 \\ 0.6, & \text{for } 0.1 \leq P \leq 0.1 \end{cases} \quad (11, b)$$

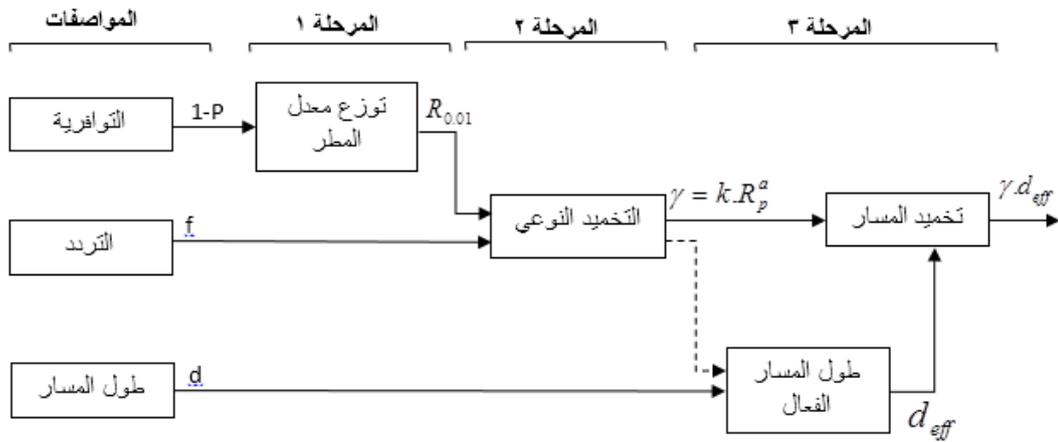
### 3-1-2-3 نموذج Abdurrahman

يتم في هذه الطريقة دراسة العلاقة بين معامل تخفيض المسار ومسارات الوصلة المختلفة من خلال استخدام تقنيات الارتداد اللاخطية المتعددة. يمكن الحصول على الطريقة مفصلة في (Abdurrahman et al, 2011). وفيه يتم

حساب طول المسار الفعال ( $d_{eff} (km)$ ) كما يلي [3]:

$$d_{eff} (km) = r.d, \quad r = \frac{1}{1 + \left[ \frac{d}{2.6379.R_{0.01}^{0.21}} \right]} \quad (12)$$

يبين الشكل (1) مخططا صندوقيا لخطوات حساب التخمين الكلي الناتج عن المطر من اجل بارامترات محددة للوصلة المكروية المدروسة.



الشكل (1): المخطط الصندوقي لإجرائية تقييم التخمين الناتج عن المطر.

## 2- تحويل كمية المطر إلى معدل المطر Converting Rainfall into Rain Rate:

خلال عملية تقييم التخمين الناتج عن الغلاف الجوي أو تخمين المطر، فإن معدل المطر يلعب دورا أساسيا. بما أن معظم المعطيات المأخوذة من مركز تجميع معطيات الطقس متاحة بالملي متر (mm) كما أن تخمين المطر مرتبط بمعدل المطر بال mm/hr أكثر من كثافة سقوط المطر بال (mm)، من الضروري في البداية تحويل معطيات هطول المطر المتاحة إلى معدل المطر حيث أن تحويل معطيات المطر إلى تعبير معدل المطر المطلوب يتم كما يلي:  
نقسم المعطيات المعطاة على زمن الملاحظة (المراقبة) (10 min, 20 min):

$$R = L \times \frac{60}{T} \quad (13)$$

حيث أن  $R$  هي معدل المطر ويقاس بال mm/hr و  $L$  هي كمية المطر الهاطلة خلال الزمن  $T$  ويقاس بال mm أما  $T$  فهي الفترة الزمنية للهطول المطري وتقاس بال min [1].

## II- تحليل المعطيات التجريبية:

### 1- الإعداد التجريبي Experimental Setup:

تمت دراسة عدد من الوصلات المكروية العاملة في المنطقة الساحلية في مدينة اللاذقية-سوريا. تمتاز هذه المحافظة بمعدل سنوي للمطر يبلغ 1485.57 mm وهي تتبع للمنطقة المطرية  $K$  وفق الخريطة المطرية للاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) International telecommunication Union. تختلف هذه الوصلات المدروسة فيما بينها من حيث الترددات التشغيلية للوصلة ونوع الاستقطاب وطول المسار الذي تأخذه كل وصلة مكروية. الترددات التشغيلية للوصلات المدروسة تقع ضمن الحزم (7, 8, 12, 18 GHz) أما أطوال المسارات فإنها تتراوح ما بين (2-36 Km) [12]. تمت مراقبة الهطولات المطرية ودراستها خلال العامين 2018-2019 و 2019-2020 حيث تم تسجيل الهطولات المطرية بدءا من شهر أيلول عام 2018 وحتى شهر نيسان لعام 2020.

## 2- توزيع المطر في سوريا:

يتنوع المناخ في سوريا بين مناخ متوسطي في المنطقة الساحلية المناطق القريبة منها وجاف في سائر المناطق الأخرى. يتميز المناخ المتوسطي بصيف حار وجاف وشتاء بارد وماطر مع وجود فصلين انتقاليين هما الربيع والخريف أما الفصل الجاف فإنه يتميز بأنه قليل الأمطار وقارس البرودة في الشتاء وشديد الحرارة في الصيف. عادة ما يكون هطول الأمطار بين أيلول وأيار من كل عام ويبلغ الهطول حده الأقصى خلال شهر كانون الثاني ويكمن التمييز بين ثلاث مناطق مطرية وهي: المناطق الساحلية ذات معدل المطر المرتفع والذي يصل إلى 1200 mm/year والمناطق الداخلية المجاورة للمنطقة الساحلية ويكون الهطول السنوي فيها بحدود 250 mm/year في حين أنه يصل إلى القيمة 550 mm/year في المناطق الشمالية والشمالية الشرقية [13].

تمت هذه الدراسة على المنطقة الساحلية والتي هي عبارة عن مناطق جبلية تمتاز بقيم مرتفعة لمعدل الأمطار. يحتوي الجدول (1) على قيم المعدل السنوي للأمطار في المنطقة المدروسة والمأخوذ من منظمة الأرصاد الجوية السورية التابعة لوزارة الزراعة [13].

الجدول (1): المعدل السنوي للمطر في مناطق مختلفة في مدينة اللاذقية-سوريا.

المنطقة	خط الطول (E)	خط العرض (N)	R0.01	معدل المطر السنوي (mm/hr)
اللاذقية	035 48 17.40	35 32 47.10	42	802.7
صلفة	036 11 08.80	35 35 46.60	42	1365.7
جبله	035 55 19.00	35 21 47.00	42	809.5
الحفة	036 01 49.70	35 35 47.10	42	1012
البهلولية	035 57 48. 90	35 38 09.10	42	790.1
القلعة	035 48 17.40	35 32 47.10	42	728.7

## 3- المواصفات العامة للمواقع و المحطات:

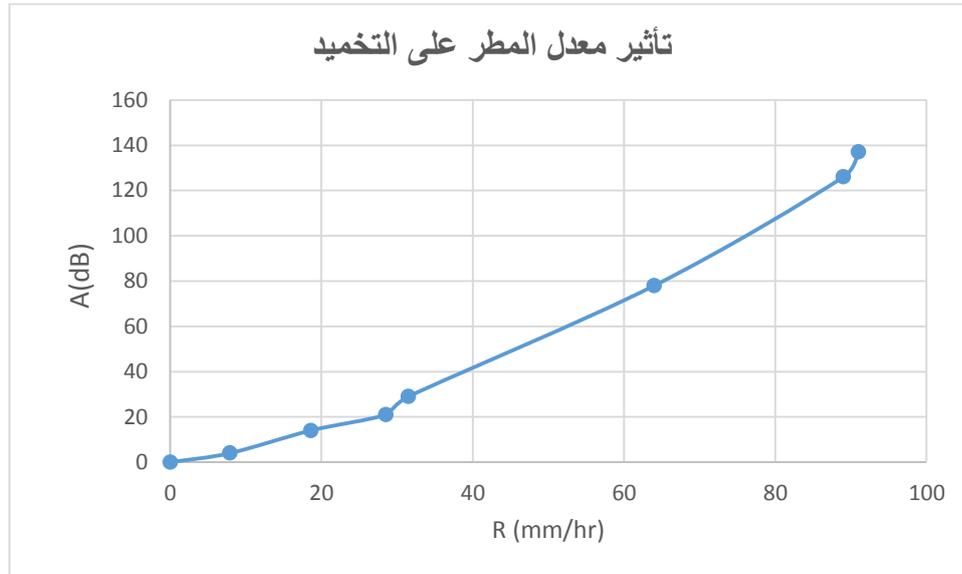
يبين الجدول (2) البارامترات التشغيلية الأساسية للوصلات المكروية المدروسة والتي سيتم استخدامها في دراسة تأثير المطر على الموجة المكروية المدروسة [12].

الجدول (2): خصائص النظام LOS المدروس في المنطقة الساحلية.

الوصلة					البارامتر
صلفة	جبله	الحفة	البهلولية	القلعة	
7.5	7.575	8.00	12.765	18.7275	التردد (GHz)
V	V	V	V	V	الاستقطاب
35.32	21.22	21.75	10.06	1.89	طول المسار (Km)
40.60	40.00	40.60	41.50	40	ريح الهوائي (dB)
0.32	0.32	0.32	0.06	0.06	استطاعة الإرسال (watts)
25.00	25.00	25.00	18.00	18.00	استطاعة الإرسال (dBm)
-43.30	43.00	-41.53	-40.79	-42.25	الإشارة المستقبلية (dBm)
K	K	K	K	K	المنطقة المطرية

**النتائج والمناقشة:****1- تأثير معدل هطول المطر:**

يعتبر معدل المطر إحدى العقبات الرئيسية التي تحد من انتشار الأمواج الكهرومغناطيسية. قمنا بدراسة تأثير معدل المطر على الوصلة المكروية تشرين \_ صلنفة خلال شهر كانون الأول 2018 (7 GHz,  $d=35.32$  km)، يبين الشكل (2) تأثير معدل الأمطار على تخميد الموجة المكروية المدروسة. تم رسم هذه المنحنيات باستخدام برنامج الإكسل Excell من خلال الاعتماد على البيانات المسجلة في شعبة الاتصالات المكروية مع قيم معدلات الأمطار المأخوذة من مصلحة الأرصاد الجوية.



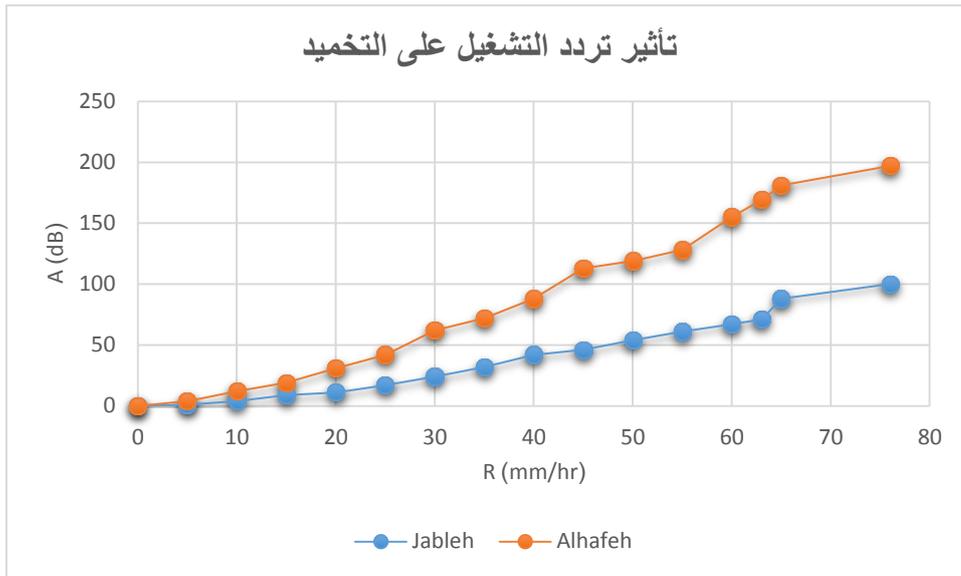
الشكل (2): تأثير معدل هطول المطر على التخميد عند قيم ثابتة للتردد وطول المسار. \*

نلاحظ من الشكل (2) أنه مع ازدياد معدل الأمطار، يزداد التخميد الحاصل على المكروية المنتشرة وذلك بسبب ازدياد امتصاص الإشارات الكهرومغناطيسية وانعكاسها وتبعثرها وانحرافها وإزالة الاستقطاب فيها. وبالتالي نجد أنه لا يمكن إهمال تأثير الأمطار على انتشار الأمواج المكروية في المنطقة الساحلية وخاصة أثناء هطول الأمطار الغزيرة. ولهذا السبب، يجب إجراء المزيد من الدراسة حول انتشار الأمواج الملي مترية، كما ويجب أن تكون قنوات الاتصال مصممة بشكل جيد من أجل استخدامها في أنظمة الاتصالات.

**2- تأثير تردد التشغيل:**

تتخامد الموجة الكهرومغناطيسية المنتشرة بشكل أكبر عند زيادة المجال الترددي المستخدم؛ حيث يتناسب التخميد الناجم عن المطر بشكل مباشر مع زيادة تردد التشغيل. قمنا بدراسة تأثير تردد التشغيل على الوصلتين تشرين- الحفة (  $f=8$  GHz) وتشرين-جبله (  $f=7$  GHz) اللتان لهما نفس طول المسار. يوضح الشكل (3) قيم تخميد المطر مقابل مجالات تردد التشغيل المدروسة.

\* في الأشكال (2,3,4,5)، تم ضرب قيم التخميد بالمعامل 1000 من أجل تسهيل تمثيل القيم.

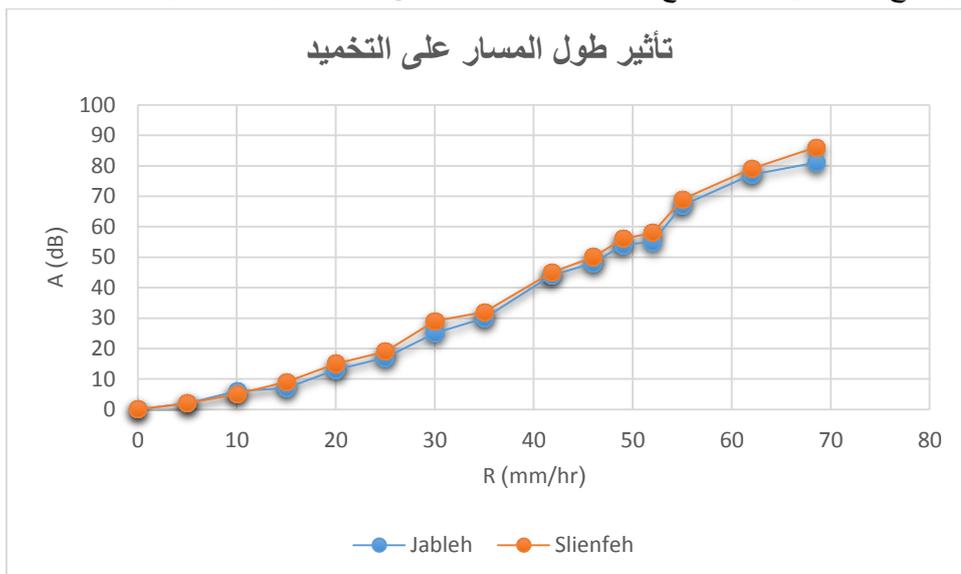


الشكل (3): تأثير تردد التشغيل على التخميد من أجل مجالات ترددية مختلفة.

نلاحظ من الشكل (3) أن الزيادة في تردد التشغيل أدت إلى زيادة في التخميد الناتج عن المطر. ويصبح التأثير أكثر أهمية مع ارتفاع معدلات هطول الأمطار كما ونلاحظ أنه ومع ازدياد تردد التشغيل فإن علاقة التخميد مع معدل المطر تصبح خطية نوعاً ما.

### 3- تأثير طول المسار المكروي:

يساهم طول مسار المطر الفعلي بين المرسل والمستقبل بشكل كبير في تخميد الموجة المكروية المنتشرة عبره. وهذا يعني أنه عندما يصبح طول المسار الفعال أطول، تصبح المنطقة الممطرة المغطاة بين المرسل والمستقبل أوسع مما يسبب زيادة في التخميد الموافق. قمنا بدراسة تأثير طول المسار من خلال دراسة الوصلتين تشرين-صلفنة (d=35.32 km) وتشرين-جبلة (d= 21.22 km) اللتان تعملان على نفس المجال الترددي 7 GHz. يوضح الشكل (4) بوضوح تأثير طول المسار مع معدلات مطر مختلفة على انتشار الموجة المكروية.

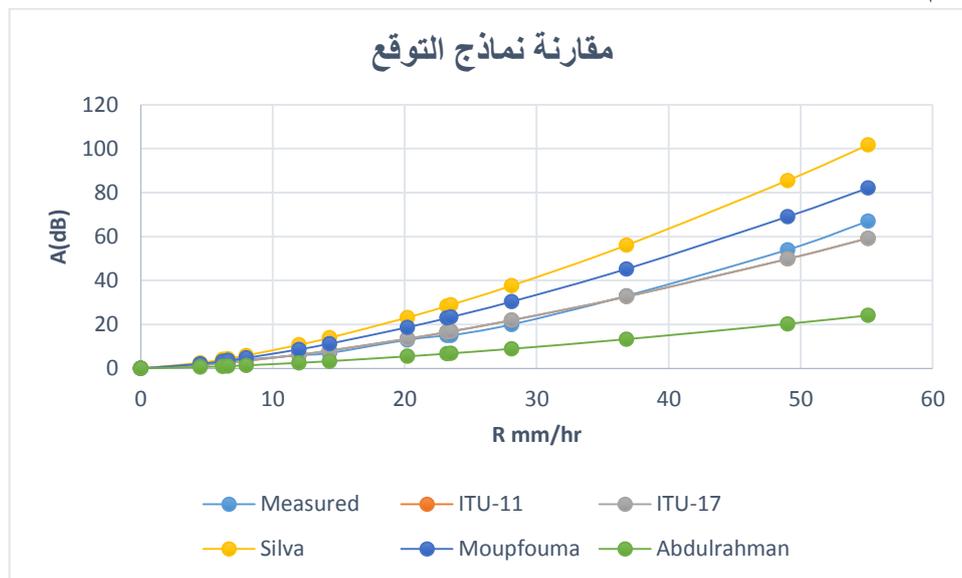


الشكل (4): تأثير طول المسار الفعال على التخميد.

نلاحظ من الشكل (4) أنه عندما يزداد طول المسار، يزداد تخميد المطر عند قيمة محددة لمعدل المطر. وهذا يبرز النسبة المباشرة بين تخميد المطر والطول الفعال لوصلة الاتصال. بما أن الترددات المدروسين قريبان نوعا ما من بعضهما البعض (7 GHz, 8 GHz) وهما يقعان في المجال الترددي الأدنى فإن الاختلاف في قيم التخميد الناتج عن هذين الترددات يكون قليلا نوعا ما ولكن هذا التخميد يزداد عند القيم الأعلى من الترددات.

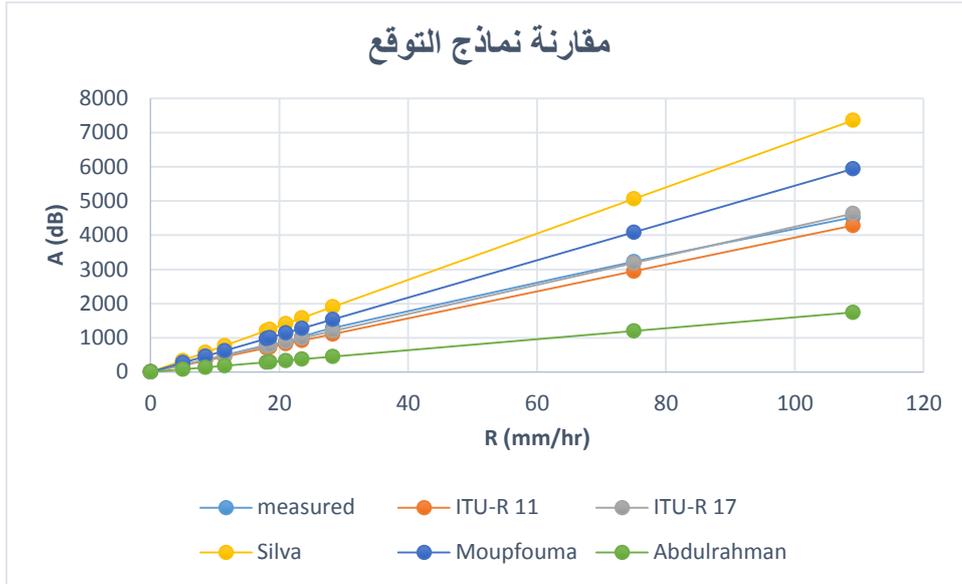
#### 4- مقارنة نماذج التوقع:

سنقوم بمقارنة مجموعة من نماذج التوقع المعروفة من أجل تحديد الأنسب منها للمنطقة لمدروسة والذي تكون قيم التخميد فيه قريبة من قيم التخميد المقاسة. يوضح الشكل (5) مقارنة بين مجموعة من نماذج توقع تخميد المطر من أجل الوصلة ذات التردد 7 GHz خلال شهر كانون الأول لعام 2018 ومن أجل الوصلة ذات التردد 18 GHz خلال شهر شباط لعام 2019.



الشكل (5-a): مقارنة نماذج التوقع من أجل التردد 7 GHz خلال شهر كانون الأول 2018.

نلاحظ من الشكل (5-a)، من أجل الوصلة 7GHz، فإن نماذج التوقع ITU-R P.530-17، ITU-R P.530-11 تكون قريبة جدا من الاحصائيات المقاسة لتخميد المطر من أجل الوصلات المذكورة. كما ويوجد تقارب جيد نوعا ما بين القيم المقاسة ونتائج التوقع من خلال النموذج Moupfouma إلا أن نتائج النموذج Silva milllo تكون أكبر بكثير من نتائج القياس وعلى العكس منها، فإن نتائج نموذج التوقع Abdulrahman تكون اقل بكثير من القيم المقاسة. وبشكل مشابه، ومن أجل الوصلة 18 GHz، ومن خلال الشكل (5-b) تكون نتائج النماذج ITU-R P 530-11 و ITU-R P 530-17 قريبة جدا من القيم المقاسة بينما تكون قيم النموذج Moupfouma قريبة نوعا ما من القيم المقاسة في حين أن نتائج النموذج Silva milllo تكون أكبر بكثير من نتائج القياس وعلى العكس منها، فإن نتائج نموذج التوقع Abdulrahman تكون اقل بكثير من القيم المقاسة.



الشكل (5-b): مقارنة نماذج التوقع من أجل التردد 18 GHz خلال شهر شباط 2019.

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

من خلال الاعتماد على الضبط التجريبي للوصلات المكروية المدروسة عند الترددات (7, 8, 12, 18 GHz) يتم وبشكل آني قياس معدل المطر وتخميد المطر عند هذه الترددات المحددة. تمت مقارنة تخميد المطر المقاس مع القيم المحسوبة لتخميد المطر من خلال نماذج التخميد المذكورة. نلاحظ من خلال الدراسة أن تخميد الموجة المكروية يزداد مع ازدياد معدل المطر عند قيم ثابتة للتردد وطول المسار كما هو موضح في الشكل (2).

كما لاحظنا أن تخميد الموجة المكروية يزداد بشكل ملحوظ مع ازدياد تردد الموجة المكروية. من الشكل (3)، وعند طول للمسار يبلغ 21 Km ومعدل مطر يبلغ 75mm/hr فإن التخميد الحاصل على وصلة تشرين-جبلة (7 GHz) يبلغ 1 dB في حين أن التخميد في وصلة تشرين-الحفة (8 GHz) يبلغ 2 dB تقريباً. أما عند قيم أقل لمعدل المطر (50 mm/hr)، يكون التخميد الحاصل على وصلة تشرين-جبلة (7 GHz) بحدود 0.5 dB في حين أن التخميد في وصلة تشرين-الحفة (8 GHz) يبلغ 1.2 dB تقريباً.

كما ويلعب طول المسار دوراً هاماً في تخميد الموجة المكروية حيث يزداد هذا التخميد مع ازدياد طول المسار الذي تسلكه الموجة المكروية بين المرسل والمستقبل. من الشكل (4)، وعند قيم للتردد تبلغ 7 GHz ومعدل مطر يبلغ 30 mm/hr فإن التخميد الحاصل على وصلة تشرين-صلنفة (35.32 km) بحدود 0.29 dB في حين أن التخميد في وصلة تشرين-جبلة (21.22 km) يبلغ 0.25 dB، أما من أجل معدل مطر 68 mm/hr، فإن التخميد الحاصل على وصلة تشرين-صلنفة (35.32 km) يبلغ 0.86 dB في حين أن التخميد في وصلة تشرين-جبلة (21.22 km) يبلغ 0.81 dB.

قمنا بمقارنة نتائج القياس التي حصلنا عليها مع النتائج العددية الناتجة من استخدام مجموعة من نماذج التوقع المتاحة، كما هو مبين في الشكلين (5a, 5b). لقد تبين من خلال هذه المقارنة بأن كل نموذج يعطي مزايا متشابهة عند قيم

صغيرة لمعدل المطر، ولكن ومع ازدياد معدلات الامطار تختلف درجة توافق القيم المقاسة مع القيم المحسوبة. حيث وجدا أنه، وعند ظروف الاختبار هذه، فإن النماذج ITU-R P.530-17 و ITU-R P.530-11 تبدي تقييما أقرب للقيمة المقاسة لتخميد المطر وخاصة عند الترددات المنخفضة (الأقل من 10 GHz). في حين أن النموذج Moupfouma يعطي قيما قريبة نوعا ما من القيم المقاسة أما بالنسبة للنموذجين Silva Mello و Abdulrahman فإنها تعطي قيم بعيدة عن القيم المقاسة وبالتالي لا يمكن تطبيق هذه القيم في المنطقة المدروسة. بما أن النماذج ITU-R P.530-17 و ITU-R P.530-11 تعطي سلوك تقييم مقبول لأنظمة قياس الانتشار، فإنه يمكن استخدام هذين النموذجين من أجل فهم سلوك انتشار الإشارة أثناء المطر في هذه المنطقة. على أي حال، ومن أجل الحصول على معطيات دقيقة وثابتة، لابد من المعطيات الطويلة الأمد بالإضافة إلى جمع معطيات من مواقع أخرى في المنطقة الساحلية في سورية وذلك من أجل تحمل حالات ضعف الانتشار الحادة في الغلاف الجوي في هذه المنطقة التي تمتاز بمعدلات امطار عالية وخاصة عند استخدام الترددات العالية.

#### التوصيات:

إن الفهم الجيد لخواص تخميد المطر سيكون مفيدا جدا في تصميم مستويات كافية لهوامش الخفوت، بحيث تحقق الجودة المتوقعة في أنظمة الاتصالات الراديوية العاملة في هذه المنطقة وفي تصميم ميزانية الوصلة من قبل المهندسين ومزودي الخدمة في هذه المنطقة الحرجة. من المفضل زيادة فترة الدراسة ومحاولة استخدام قيم ترددية أكبر من القيم المدروسة واختيار مناطق أخرى غير تلك المذكورة في هذه الدراسة. كما ويمكن توسيع البحث بشكل أدق بحيث يشمل زوايا سقوط المطر أو حجم وأبعاد قطرات المطر ودراسة تأثيرها على قيم التخمد إضافة إلى دراسة تأثير استقطاب الموجة المكروية المنتشرة على التخمد حيث تبين الدراسات العالمية أن الإشارات المستقطبة شاقوليا تتعرض لتخميد أقل من الإشارات المستقطبة بشكل أفقي تقريبا.

#### References:

- 1- MUKESH CHANDRA KESTWAL; SUMIT JOSHI; LALIT SINGH GARIA. *Prediction of Rain Attenuation and Impact of Rain in Wave Propagation at Microwave Frequency for Tropical Region (Uttarakhand, India)*. International Journal of Microwave Science and Technology India. Vol. 1, 2014, 1-7.
- 2- IBRAHEEM SHAYEA, THAREK ABD RAHMAN, MARWAN HADRI AZMI, MD. RAFIQU L ISLAM. *Real Measurement Study for Rain Rate and Rain Attenuation Conducted Over 26 GHz Microwave 5G Link System in Malaysia*. IEEE Malaysia. Vol. 6, 2018, 19044-19064.
- 3- SUJAN SHRESTHA, DONG-YOU CHOI. *Rain attenuation statistics over millimeter wave bands in South Korea*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics South Korea. Vol. 152, 2017, 1-10.
- 4- SHOEWU, O; F.O. EDEKO. *Microwave signal attenuation at 7.2GHz in Rain and Harmattan Weather*. American journal of scientific and industrial research Nigeria. Vol. 2, 2011, 332-345.
- 5- U. KESAVAN, A. R. THAREK, Md. RAFIQU L ISLAM. *Comparison of Microwave Path Lengths between Temperate and Tropical Region Based on Effects of Rain*. 2012, 504-507.
- 6- NAFAA M. SHEBANI, ABDALNASER F. KAEIB, AMER R. ZEREK. *Estimation of rain attenuation based on ITU-R Model for Terrestrial link in Libya*. Libya. 2017, 1-7.
- 7- ITU-R Recommendation P.837-5, Characteristics of precipitation for propagation modeling.
- 8- ITU-R Recommendation P.530-11, Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems (Question ITU-R 204/3).

- 9- ITU-R Recommendation P.530-17, Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems.
- 10- ITU-R Recommendation P.838-3, Specific attenuation model for rain for use in prediction methods. International Telecommunication Union.
- 11- ITU-R Recommendation P.837-6, Characteristics of precipitation for propagation modelling (Question ITU-R 201/3).
- 12- Ministry of Agriculture and Agricultural Reform, Land and Water Directorate, <http://moaar.gov.sy/main/archives/category>.