

دراسة العوامل المؤثرة على انتقال اشعة الليزر ذات أطوال موجية (976, 670 و 1300) نانومتر في منظومة الاتصالات الليزرية الحرة

جاسم محمد جاسم خالد حسن بدر العمار غفران حسن ياسر الموسوي
كلية العلوم للبنات - جامعة بابل كلية التربية للعلوم الصرفة - جامعة بابل
dr_khalid1959@yahoo.com.

الخلاصة

هذا البحث ركز على دراسة تأثير كل من الرطوبة النسبية و ذرات الغبار الجوي لمناطق مختلفة في بابل ولشعاع ليزري ذات أطوال موجية مختلفة (670 , 976 و 1300) نانومتر ولمسافة انتشار أفقي (1 - 5) كم. بينت النتائج إن الشعاع الليزري ذات الطول الموجي 1300 نانومتر هو الأفضل وان منطقة المسيب الزراعية هي الأقل توهين لأشعة الليزرية المارة في أجوائها .
الكلمات المفتاحية : الفضاء الحر , التوهين الجوي , انتقال حزمة الليزر

Abstract

This work focused on the effects a Relative Humidity and concentration of dust of Atmospheric different cities of Babylon for the laser beam have different wavelengths (670 , 976 and 1300 nm) . The results show the laser beam have wavelength 1300nm is little effected in this parameters and the atmospheric of Al-Mussaib is the best for propagation laser beam at minimum attenuation.

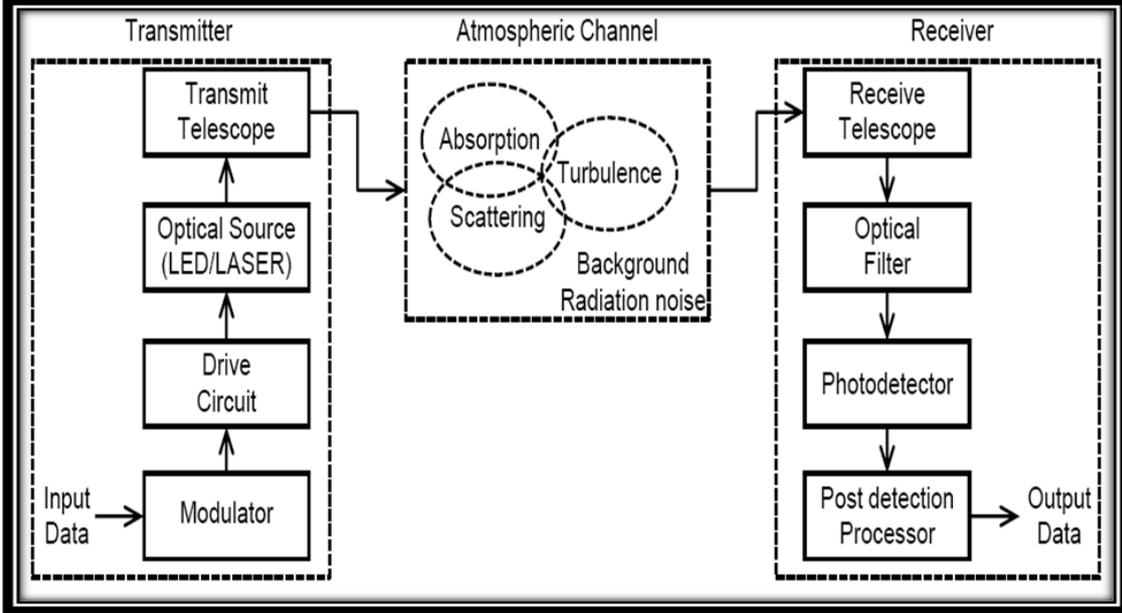
Key words: free-space, Atmospheric attenuation, beam propagation

1- المقدمة

تشير منظومات الاتصالات الليزرية عبر الفضاء الحر (Lasercom) [Sizun, 2006] إلى اتصالات لاسلكية بصرية لا تستخدم ألياف بصرية كوصلة اتصال ، و يمكن استخدامها للتطبيقات داخل أو خارج البنايات. الاتصالات البصرية عبر الفضاء قادرة على نقل عدة كيكابايت من البيانات ، عبر الهواء مما يتيح إمكانية الاتصال البصري دون الحاجة إلى الألياف أو تامين ترخيصات الطيف [Manor, 2003]. إن المنظومة البصرية عبر الفضاء تتأثر بسرعة بالوضوء و الاضطرابات الأخرى. و تحدث المشكلة الأكبر حين يحدث الانتشار في الفضاء الأرضي. و حين يحدث الانتشار في هذه البيئة، تتعرض الموجة البصرية إلى عدة آثار ضارة. و في الحقيقة إن وسط الانتشار له مؤشر انكسار عشوائي في الفضاء و الزمن بسبب اضطرابات درجة الحرارة و الضغط العشوائيين ، مما يؤدي إلى اختفاء الإشارة و حتى فقدانها الكامل. إن المعوقات الفيزيائية كالطيور و الحشرات و جذوع الأشجار أو إي عوامل أخرى يكن إن تكون حاجزا مؤقتا أو دائما لخط الرؤية الليزري. و لكن الأهم من كل ذلك ، فان الامتصاص و التشتت الناجمين عن مادة معينة بالجو قد تقلل إلى حد كبير الإشارة البصرية المنقولة ، فيما تعمل التشوهات الجوية العشوائية الناجمة عن الاضطرابات البصرية على تدهور مستوى جبهة أو مقدمة الموجة للإشارة التي تحمل الحزمة الليزرية و تسبب الاختفاء التدريجي للشدة و فقدان للإشارة بشكل عشوائي عند المستلم [Zhu,2002] . و يمكن لتأثيرات التشتت تسببها الاريزولات كالضباب و المطر و الغبار و الثلج و الدخان وغيرها من دقائق الاريزولات إن تعمل أيضا على تدهور أداء منظومات الاتصال البصري عبر الفضاء. و يمكن التقليل من الامتصاص الجزيئي من خلال اختيار طول موجة بصرية مناسب . و على العكس، فان التذبذب العشوائي في مؤشر الانكسار الجوي الذي يسبب الاضطراب البصري دائما ما ينجم عنه زيادة في معدلات الخطأ

bit error rates، وخاصة في مسارات الانتشار القريب من الأفق خلال امتدادات طويلة لجو الأرض [Robson 1979].

الشكل (1) يوضح الأجزاء الرئيسية التي تتألف منها منظومة الاتصالات البصرية الحرة وتتألف من المرسل الليزري الذي يكون عادة ليزر دايود أو باعث ثنائي ضوئي ، والوسط الناقل والمستلم وايضاً يمكن إن يكون كاشف سيلكونياً أو كاشفاً انهيارياً [Jassim, 2013].



الشكل (1) مكونات منظومة الاتصالات البصرية الحرة [Jassim , 2013].

2- المبدأ النظري

يسهم كل من الامتصاص والتشتت في معامل التوهين، ولكن تختلف آلية التوهين الخاصة بهما تماما. وعندما ينتشر شعاع الضوء في الغلاف الجوي للأرض، فإنه قد يتفاعل مع الغازات والجزيئات على شكل امتصاص وتشتت. ويمتص فوتون الضوء عندما تستثار حالة الجزيء الكمية الى حالة الطاقة، وهذا يؤثر على طاقة الفوتون في شكل امتصاص انتقائي او امتصاص نسبي (جزئياً) [Kim, 2001].

وتمتص حالات معينة من طاقة الضوء بأطوال موجية محددة وبأنتساعات خطية ضيقة. وقد يتم إعادة اطلاق الطاقة الممتصة على شكل اطوال موجية مختلفة او على شكل حرارة [Yong, 2007].

يتم وصف توهين قدرة شعاع الليزر في الغلاف الجوي بواسطة قانون بير لامبرت [Andrews, 2005].

$$\tau_R = \frac{P_r}{P_t} = e^{-\mu R} \text{-----1}$$

حيث: τ_R هي النفاذية الجوية ، P_r فهي قدرة الليزر المستلمة على مسافة R ، في حين ان P_t هي قدرة الليزر المرسل من المصدر، μ هي التوهين او معامل الاخماد الكلي (لكل وحدة طول). ان معامل التوهين له مساهمات من امتصاص وتناثر فوتونات الليزر عن طريق الجزيئات الغازية و الرذاذ المختلفة في الغلاف الجوي [Hemmati, 2005]. ويتكون معامل التوهين من أربعة أجزاء:

$$\mu = \alpha_g + \alpha_p + \gamma_g + \gamma_p \text{-----2}$$

حيث: α_g هو معامل الامتصاص الجزيئي، اما α_p فهو معامل امتصاص الرذاذ ، في حين ان γ_g هو معامل تشتت رايلي او معامل التشتت الجزيئي ، اما γ_p فهي معامل استطارة مي او الرذاذ .

تتطبق هذه العلاقة على الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء (IR) والمرئية ، وفي هذا التعبير، يمثل العامل $e^{-\mu R}$ النفاذية.

يمكن أن تؤخذ النفاذية الجوية الكلية بوصفها نتاجا لمعاملات التشتت و الامتصاص [Kozachenko 2001].

$$\tau_R = \tau_\alpha * \tau_s \text{-----3}$$

حيث: τ_α هي نفاذية الامتصاص، و τ_s هو نفاذية التشتت.

2-1 التوهين نتيجة ذرات الغبار

ينتج التوهين بسبب الغبار والمرذذات الجوية الناتجة عن جسيمات استطارة مي والتي تعتمد على حجم المرذذات الجوية، وسوف تكون آثار الامتصاص الكهرومغناطيسي صغيرة نسبيا بالمقارنة مع استطارة مي، وبالتالي، يمكن حساب معامل التشتت من مسافة الرؤية والطول الموجي للشعاع الساقط ويرتبط مدى الرؤية مع تركيز الغبار على النحو التالي [Aviv, 2006].

$$V = 7080 \times C^{-0.8} \text{-----4}$$

حيث ان V: هو مدى الرؤية (كم) ، و C تركيز الغبار (تختلف باختلاف الارتفاع).

لذلك، فان هناك علاقة مباشرة بين تركيزات الغبار معامل التشتت بسبب الرذاذ(العوالق) الجوي

$$\tau_s = \exp\left(\frac{-3.91}{7080 \times C^{-0.8}}\right) \left(\frac{\lambda}{0.55}\right)^{-q} \times R \text{-----5}$$

حيث ان τ_s هي النفاذية الناتجة من التشتت و $-q$ هو الثابت الموجب المقترح المحسوب (توزيع حجم جسيمات الاستطارة).

2-2 التوهين نتيجة الرطوبة النسبية

ان H_2O يتواجد في الغلاف الجوي بمقاييس متعددة ، مثل الرطوبة النسبية والتي تمثل كتلة بخار الماء في وحدة حجم الهواء (gm/cm3) والتي هي دالة لضغط بخار الماء في حالة تشبع ودرجة الحرارة . ويعرف اسم "التشبع" بعينة من الهواء كونها دالة لضغط الهواء [67] . وهناك مقاييس اخرى وهي الرطوبة النسبية والتي تمثل كمية بخار الماء في عينة من الهواء الى القيمة التي تسمح بتشبع هذه العينة بنفس درجة الحرارة ، حيث تكون العلاقة بين تلك المقاييس [Ziemer, 1995] :

$$AH = 216.75 \times RH \times \left(\frac{P_s}{(T + 273.15)}\right) \text{-----6}$$

حيث ان :

AH - الرطوبة المطلقة، RH - الرطوبة النسبية، Ps - ضغط بخار الماء المشبع و T - درجة الحرارة المطلقة (K)

وهناك مقياس آخر تم تبنيه في قياس معامل الامتصاص لبخار الماء الخاص وهو الضغط الجزئي لبخار الماء والذي هو عموما بحوالي 0.01 من الضغط الجوي ولكن في حالة الرطوبة القوية لا تكون اكبر من 0.05 من الضغط (PH2O=0.05P).

$$P_{H_2O} = 6.11 \times RH \times \exp\left(19.7 \times \frac{T - 273}{T}\right) \text{-----7}$$

حيث ان :

PH₂O - ضغط بخار الماء - RH - الرطوبة النسبية و T - درجة الحرارة النسبية ويتم تمثيل معامل امتصاص بخار الماء عن طريق المعادلة الاتية [Robson 1979] .

$$\alpha_{H_2O} = 3.72 \times 10^{-8} \times P_{H_2O} (P + 0.254 P_{H_2O}) \text{-----} 8$$

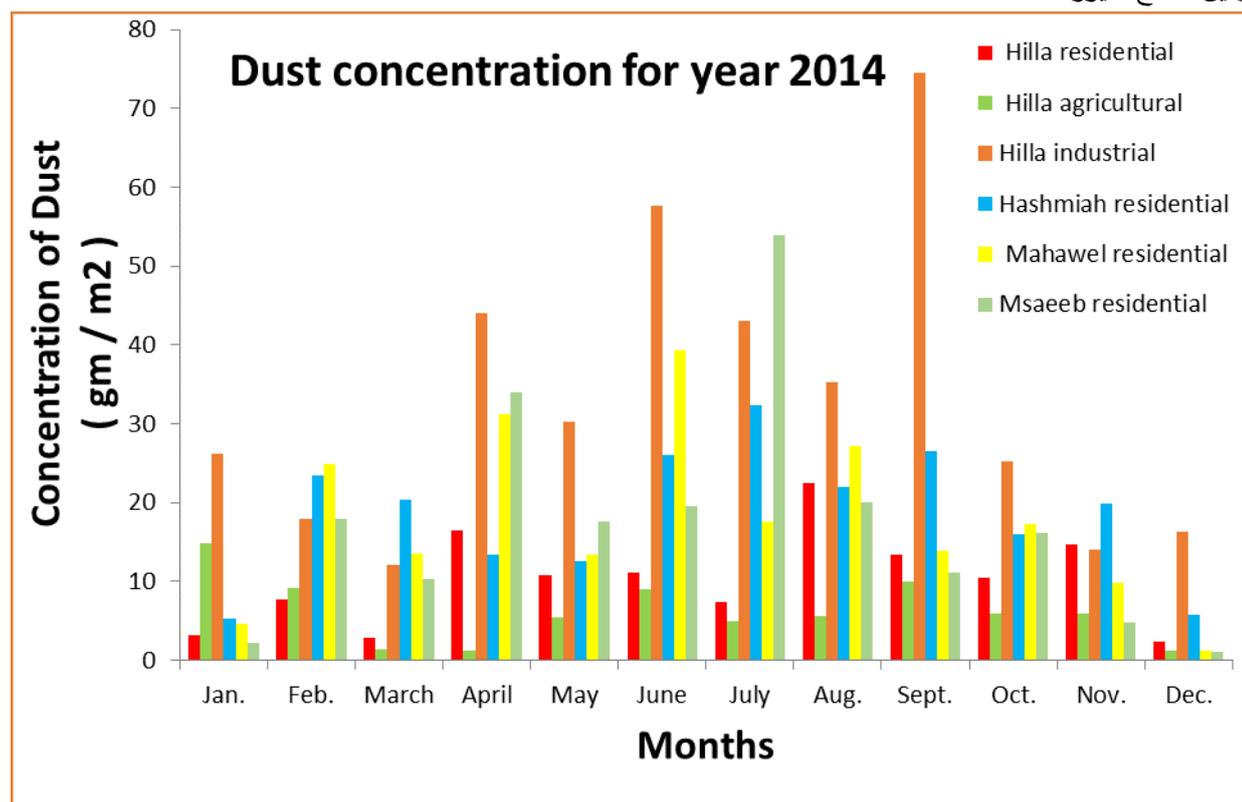
حيث ان :

α_{H_2O} - معامل امتصاص بخار الماء و P_{H₂O} - ضغط بخار الماء

3- معطيات العوامل الجوية

3-1 معطيات تركيز الغبار لمناطق مختلفة :

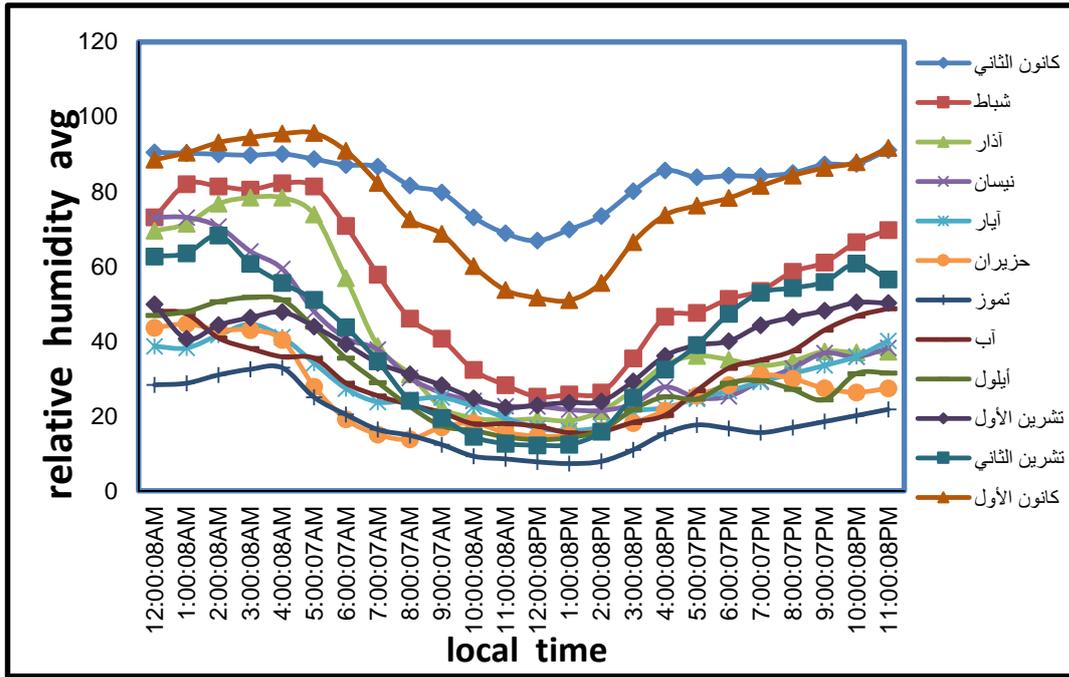
تبين الإشكال رقم (2) , معدل تغير تركيز الغبار في جو ست مناطق مختلفة مختاره من محافظة بابل وهي الحلة الزراعية و الحلة الصناعية و المسيب الزراعية و الهاشميات والمحول والأشهر اختلافا من السنة وهذه المعلومات ماخوذه من محطة أرصاد مدينة الحلة والتي اعتمدت في حساب تأثير تركيز ذرات الغبار على توهين شعاع الليزر .



الشكل (2) مقارنة معدل تركيز الغبار مع محطات محافظة بابل لجميع الأشهر

3-2 معطيات معدل الرطوبة النسبية :

يبين الشكل رقم (3) المعطيات الجوية لتغير معدل الرطوبة النسبية بالنسبة للمدة الزمنية الممتدة من الساعة السادسة صباحا حتى الساعة السادسة مساء والأشهرتغيراً في السنة الماخوذه من محطة الأرصاد الجوية لمدينة الحلة والتي اعتمدت في حساب تأثير الرطوبة النسبية على توهين الأشعة الليزرية .



الشكل (3) يمثل معدل الرطوبة النسبية كدالة للزمن

4- النتائج والمناقشة

1-4 حساب تأثير تركيز ذرات الغبار

يتعلق التوهين نتيجة الغبار بمسافة الرؤية لمنطقة الارصاد الجوية , وتمثل المعادلة (4) العلاقة بين مسافة الرؤية وتركيز الغبار, حيث ان تركيز الغبار يتغير بتغير الارتفاع والمنطقة المحلية. وان هناك علاقة مباشرة بين تركيز الغبار و معامل التشتت للعوالق الجوية (هذه العلاقة قد تم توضيحها بالمعادلة (5)).

الشكل (4) يمثل مدى الرؤية كدالة لتركيز الغبار حيث نلاحظ كلما زاد تركيز الغبار كلما قل مدى الرؤية أي ان الجو يكون أوضح (صافياً) عند انخفاض نسبة تركيز العوالق الجوية الموجودة في الجو وهذا يحدث في مدينة الحلة بشكل واضح في الأشهر السنوية .

يمثل الشكل (5) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر كانون الثاني من سنة 2014 سجلت منطقة المسيب اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة الحلة الصناعي اقل نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة المسيب وصلت 0.82 عند 1500 كيلو متر بينما منطقة الحلة الصناعي وصلت الى 0.23 للمسافة نفسها وهذا مؤشر يدل على تلوث المنطقة الصناعية لمخلفات حرائق المعامل.

يمثل الشكل (6) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر شباط من سنة 2014 سجلت منطقة الحلة السكني اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة المحاويل اقل نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة الحلة السكني وصلت 0.58 عند 1500 كيلو متراً بينما منطقة المحاويل وصلت الى 0.26 للمسافة نفسها وهذا مؤشر يدل على تلوث منطقة المحاويل لمخلفات حرائق المعامل.

يمثل الشكل (7) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغباروبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر آذار من سنة 2014 سجلت منطقة الحلة الزراعي اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة الهاشمية اقل نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة الحلة الزراعي وصلت 0.87 عند 1500 كيلو متر بينما منطقة الهاشمية وصلت الى 0.29 لنفس المسافة وهذا مؤشر يدل على تلوث منطقة الهاشمية لمخلفات حرائق المعامل.

يمثل الشكل (8) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغباروبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر نيسان من سنة 2014 سجلت منطقة الهاشمية اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة الحلة الصناعي اقل نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة الهاشمية وصلت 0.45 عند 1500 كيلو متر بينما منطقة الحلة الصناعي وصلت الى 0.10 للمسافة نفسها وهذا مؤشر يدل على تلوث المنطقة الصناعية لمخلفات حرائق المعامل.

يمثل الشكل (9) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغباروبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر آيار من سنة 2014 سجلت منطقة الحلة الزراعي اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة الحلة الصناعي اقل نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة الحلة الزراعي وصلت 0.67 عند 1500 كيلو متر بينما منطقة الحلة الصناعي وصلت الى 0.19 للمسافة نفسها وهذا مؤشر يدل على تلوث المنطقة الصناعية لمخلفات حرائق المعامل.

يمثل الشكل (10) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغباروبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر حزيران من سنة 2014 سجلت منطقة الحلة الزراعي اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة الحلة الصناعي اقل نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة الحلة الزراعي وصلت 0.53 عند 1500 كيلو متر بينما منطقة الحلة الصناعي وصلت الى 0.06 للمسافة نفسها وهذا مؤشر يدل على تلوث المنطقة الصناعية لمخلفات حرائق المعامل.

يمثل الشكل (11) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغباروبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر تموز من سنة 2014 سجلت منطقة الحلة الزراعي اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة المسيب اقل نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة الحلة الزراعي وصلت 0.83 عند 1500 كيلو متر بينما منطقة المسيب وصلت الى 0.07 للمسافة نفسها وهذا مؤشر يدل على تلوث منطقة المسيب لمخلفات حرائق المعامل.

يمثل الشكل (12) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغباروبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر آب من سنة 2014 سجلت منطقة الحلة الزراعي اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة الحلة الصناعي اقل نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة الحلة الزراعي وصلت 0.66 عند 1500 كيلو متر بينما منطقة الحلة الصناعي وصلت الى 0.17 للمسافة نفسها وهذا مؤشر يدل على تلوث المنطقة الصناعية لمخلفات حرائق المعامل.

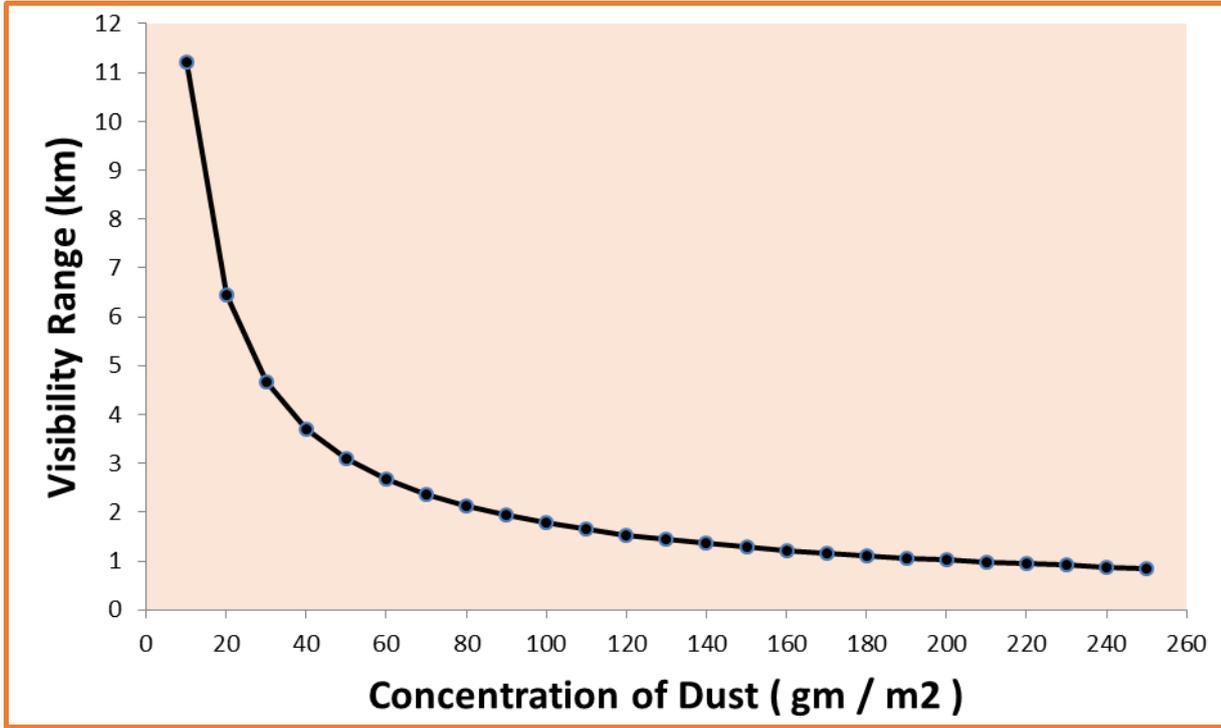
يمثل الشكل (13) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغباروبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر ايلول من سنة 2014 سجلت منطقة الحلة الزراعي اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة الحلة الصناعي اقل نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة الحلة الزراعي وصلت 0.51 عند 1500 كيلو متر بينما منطقة الحلة الصناعي وصلت الى 0.03 للمسافة نفسها وهذا مؤشر يدل على تلوث المنطقة الصناعية لمخلفات حرائق المعامل.

يمثل الشكل (14) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغباروبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر تشرين الاول من سنة 2014 سجلت منطقة الحلة الزراعي اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة الحلة الصناعي اقل

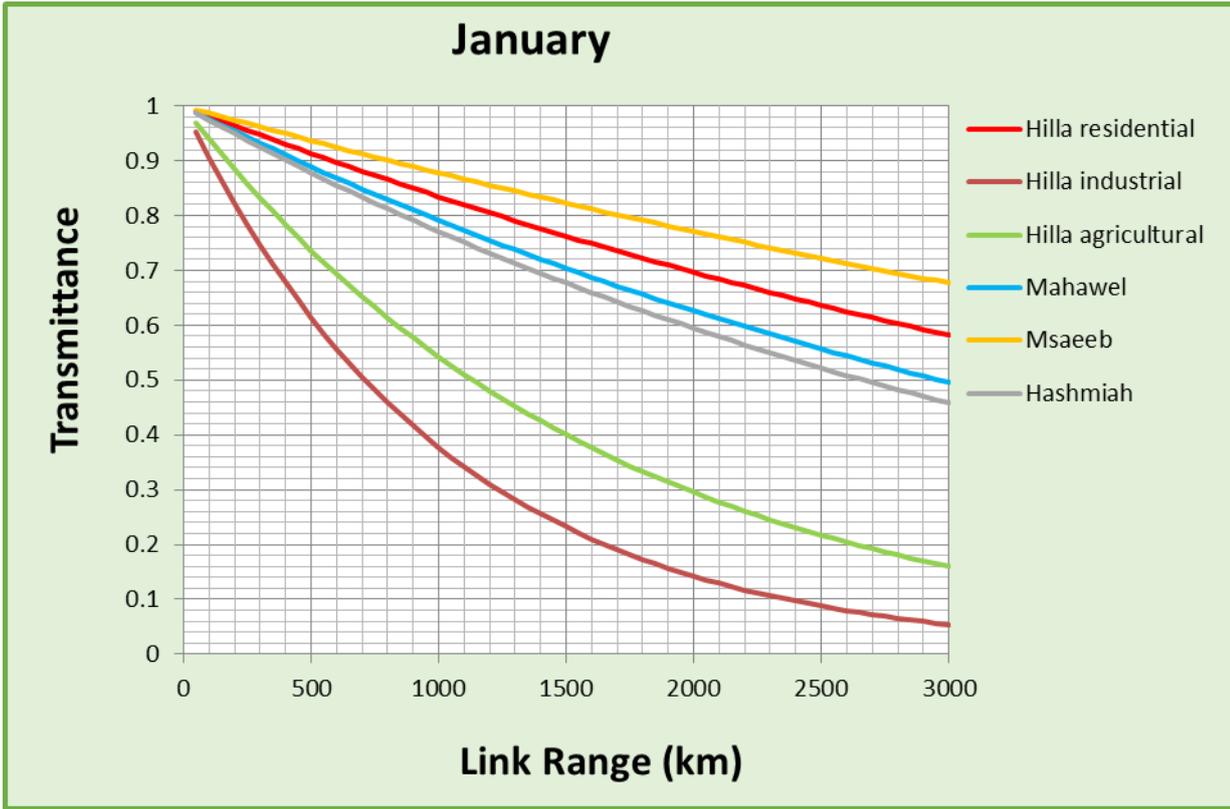
نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة الحلة الزراعي وصلت 0.65 عند 1500 كيلو متر بينما منطقة الحلة الزراعي وصلت الى 0.23 للمسافة نفسها وهذا مؤشر يدل على تلوث المنطقة الصناعية لمخلفات حرائق المعامل.

يمثل الشكل (15) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر تشرين الثاني من سنة 2014 سجلت منطقة المسيب اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة الهاشمية اقل نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة المسيب وصلت 0.82 عند 1500 كيلومتر بينما منطقة الهاشمية وصلت الى 0.29 للمسافة نفسها وهذا مؤشر يدل على تلوث منطقة الهاشمية لمخلفات حرائق المعامل.

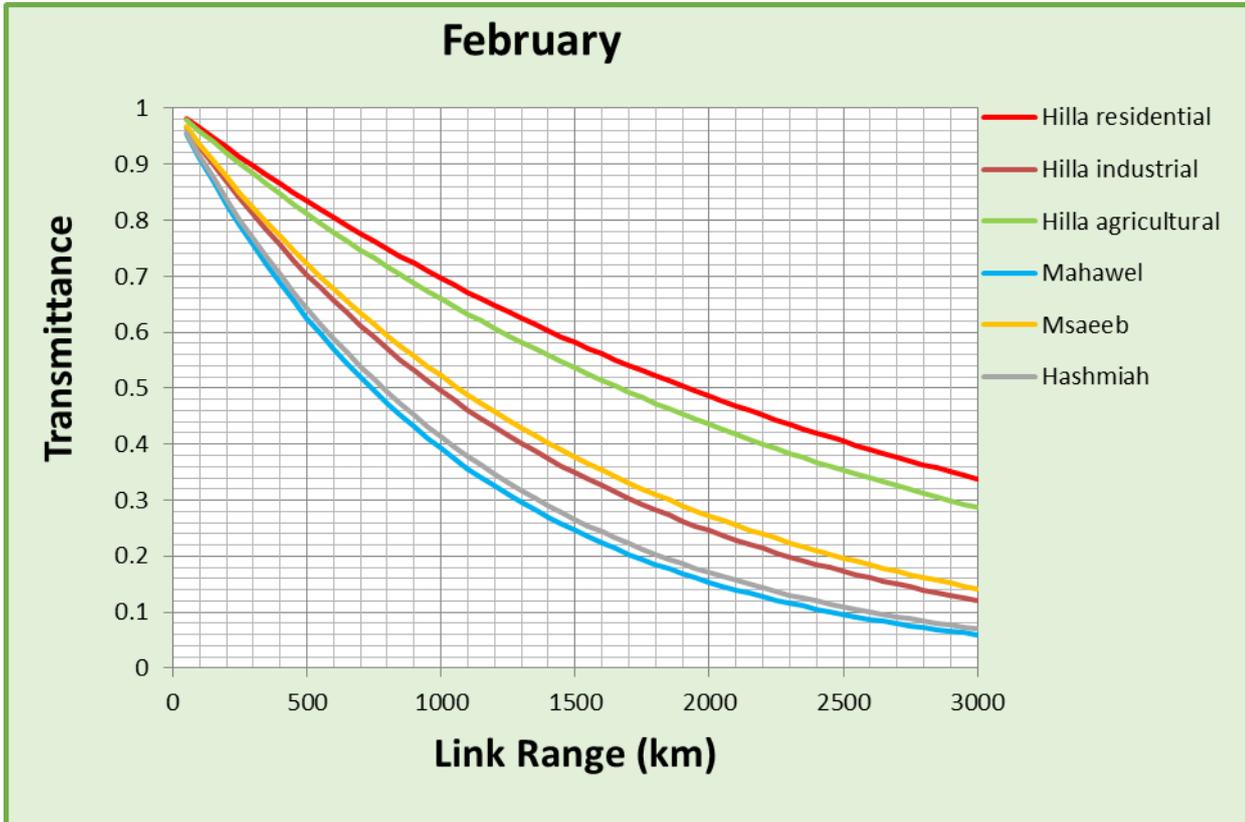
يمثل الشكل (16) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670 nm بمسار طول 3 km لشهر كانون الاول من سنة 2014 سجلت منطقة المسيب ومنطقة المحاويل اعلى نفاذية بينما سجلت منطقة الحلة الزراعي اقل نفاذية حيث نلاحظ ان نسبة النفاذية في منطقة المسيب والمحاويل وصلت 0.89 عند 1500 كيلو متر بينما منطقة الحلة الزراعي وصلت الى 0.29 للمسافة نفسها وهذا مؤشر يدل على تلوث المنطقة الزراعية لمخلفات حرائق المعامل.



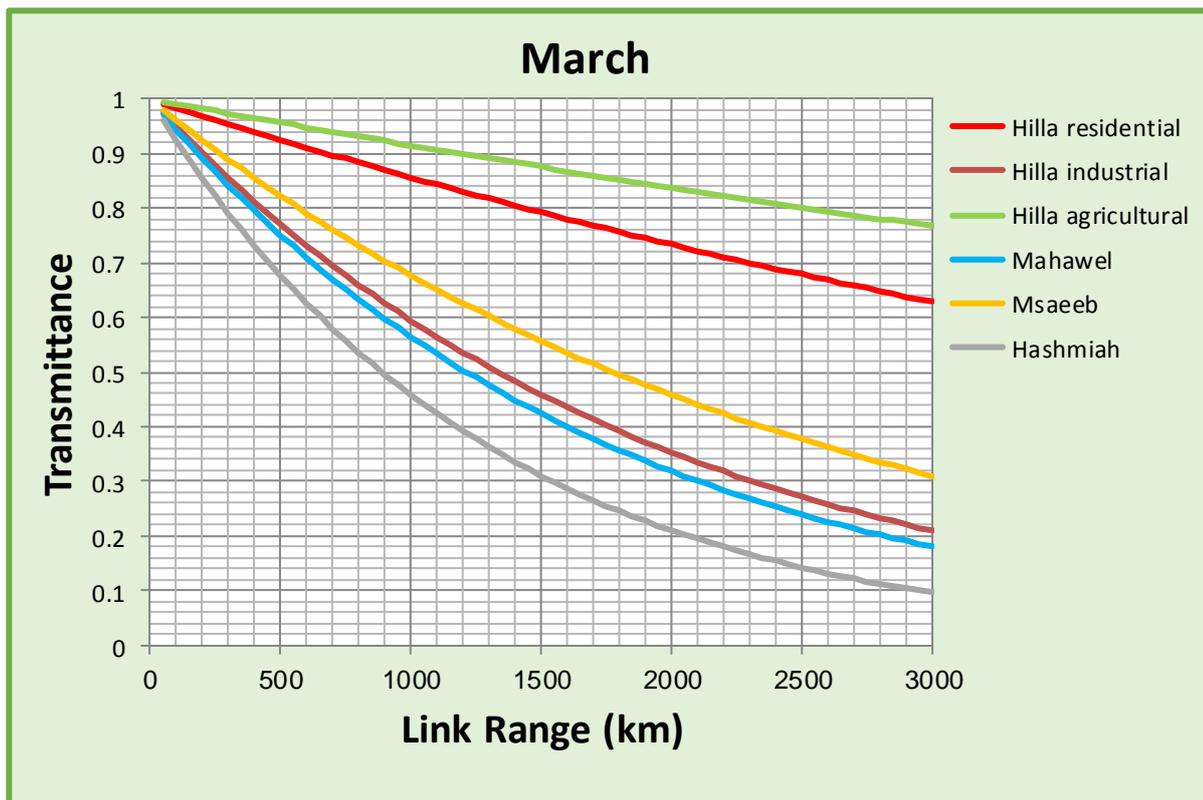
الشكل (4) مدى الرؤية كدالة لتركيز الغبار



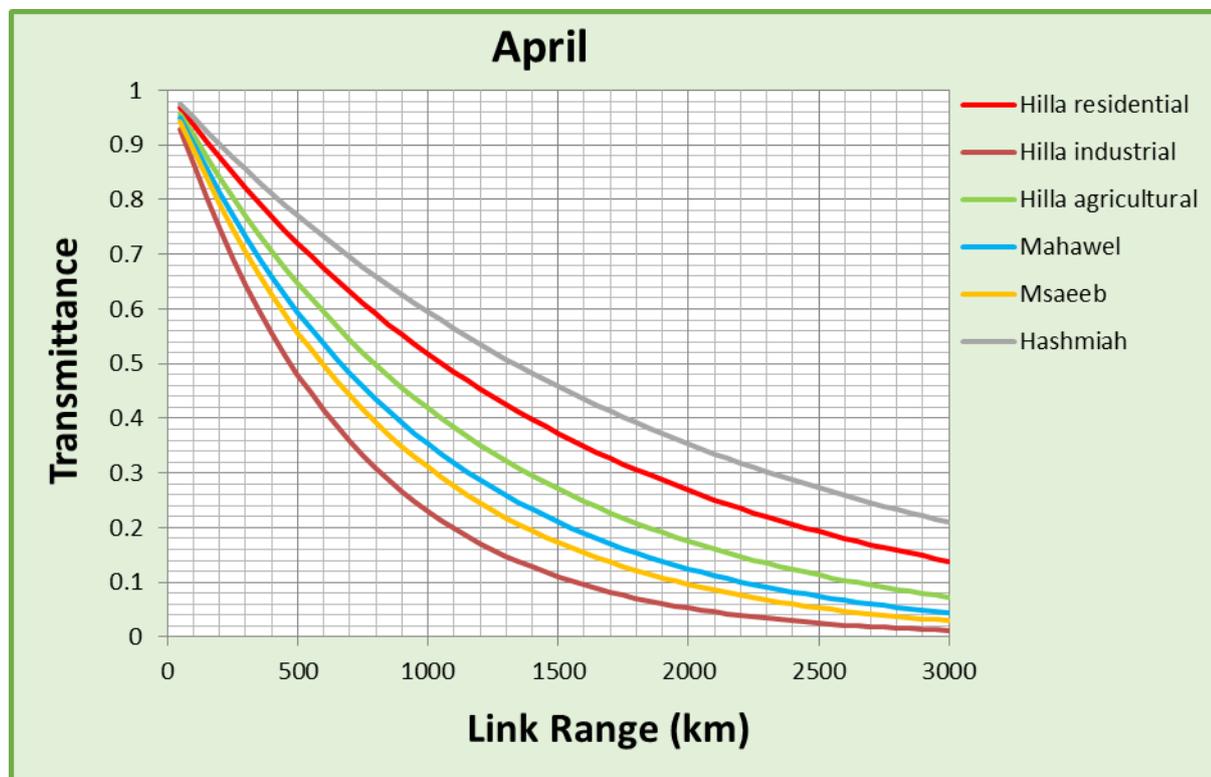
الشكل (5) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm وبمسافة انتشار الموجة 3km



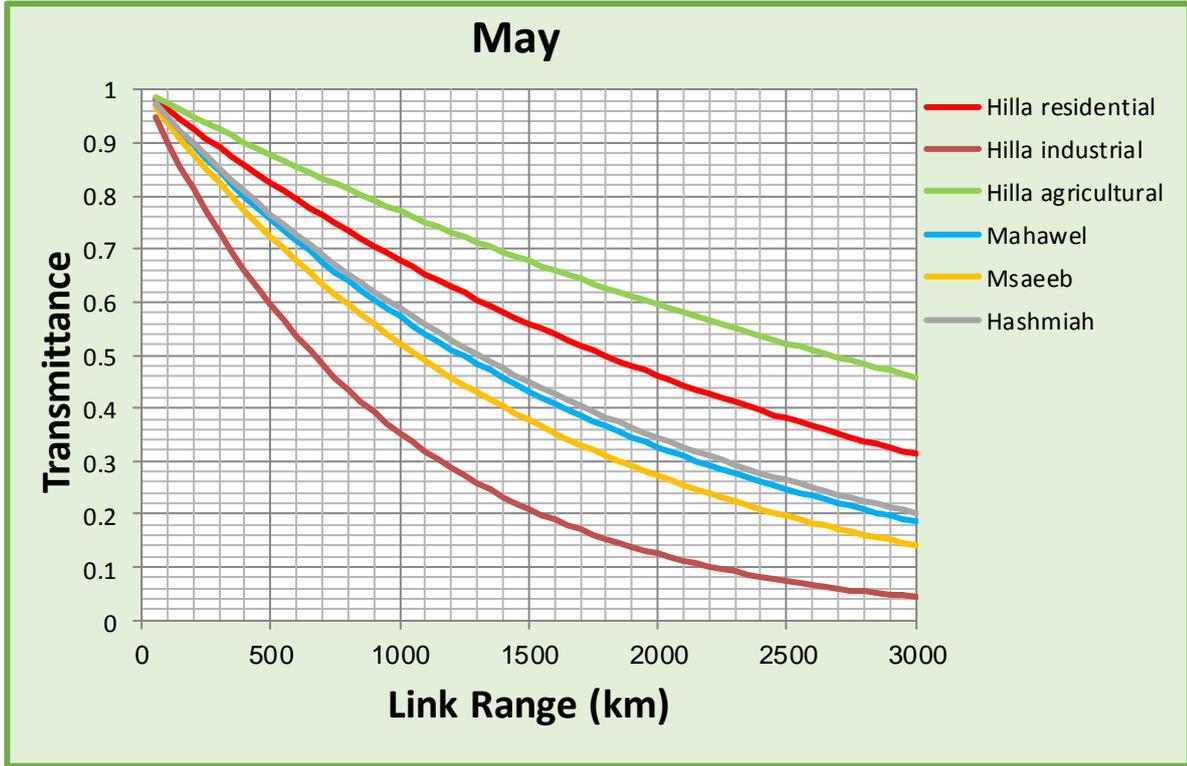
الشكل (6) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm وبمسافة انتشار الموجة 3km



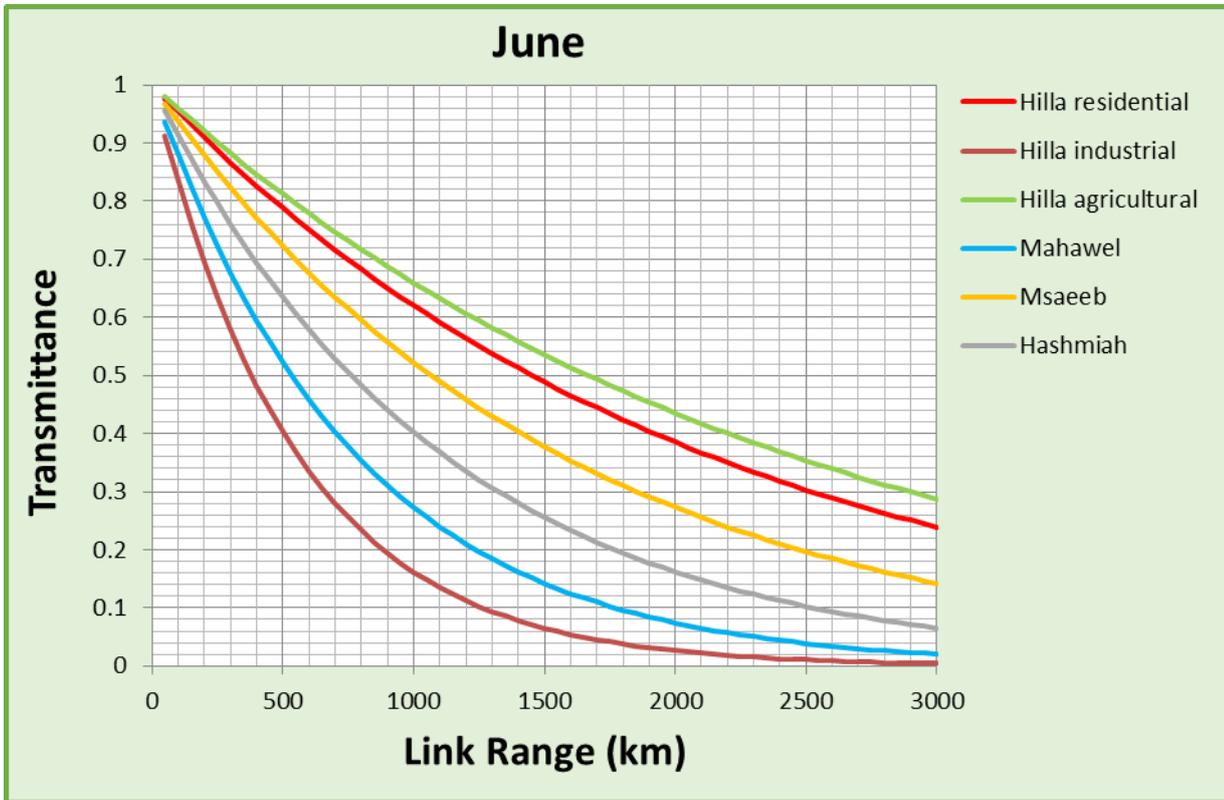
الشكل (7) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm وبمسافة انتشار الموجة 3km



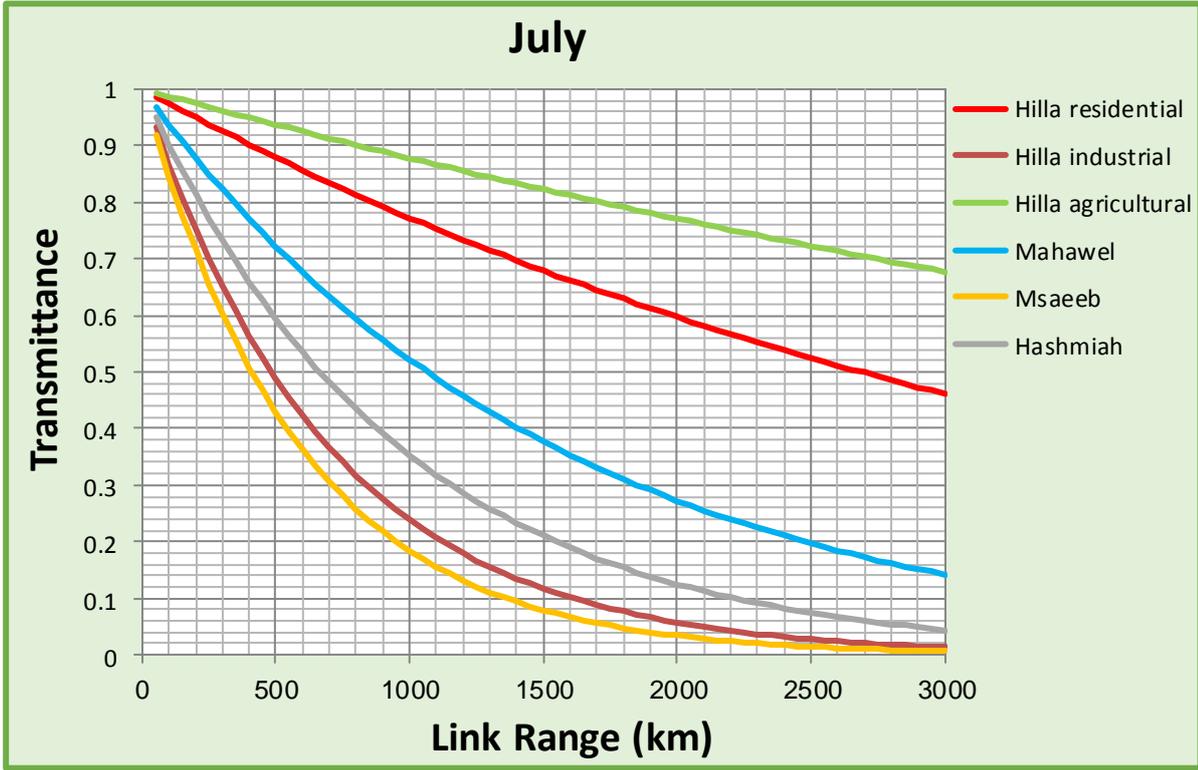
الشكل (8) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm وبمسافة انتشار الموجة 3km



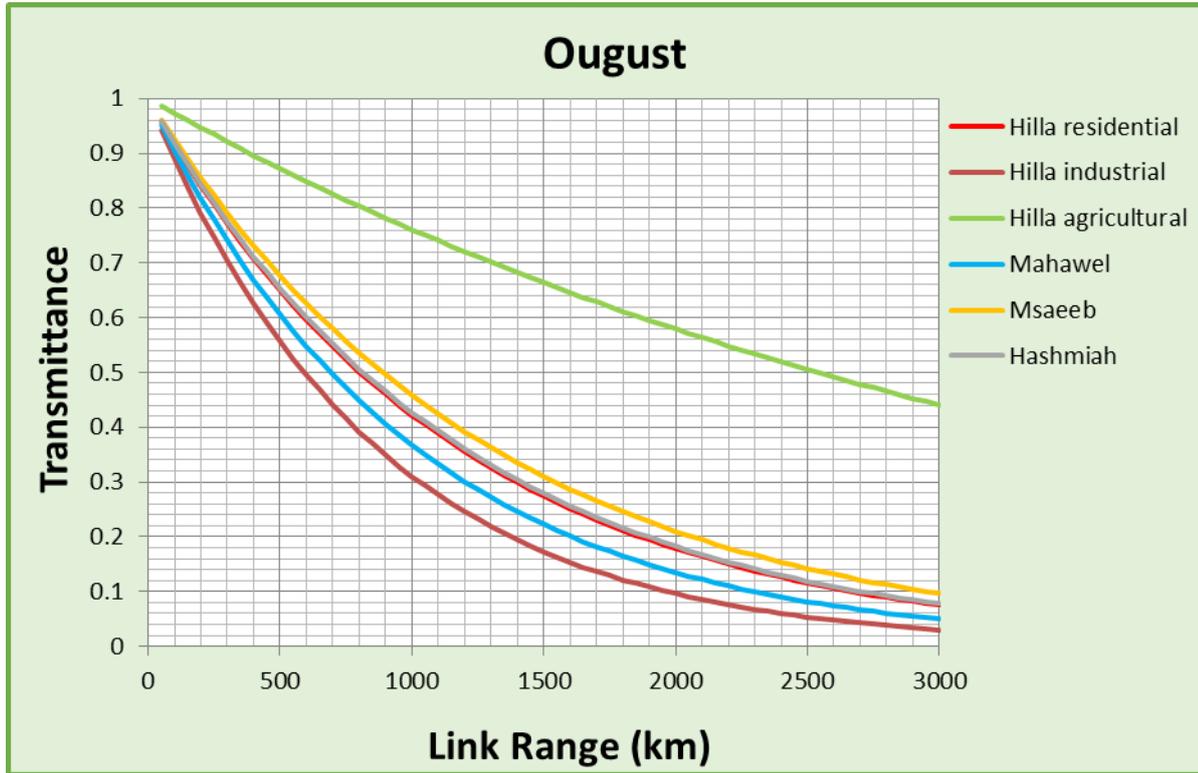
الشكل (9) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm بمسافة انتشارالموجة 3km



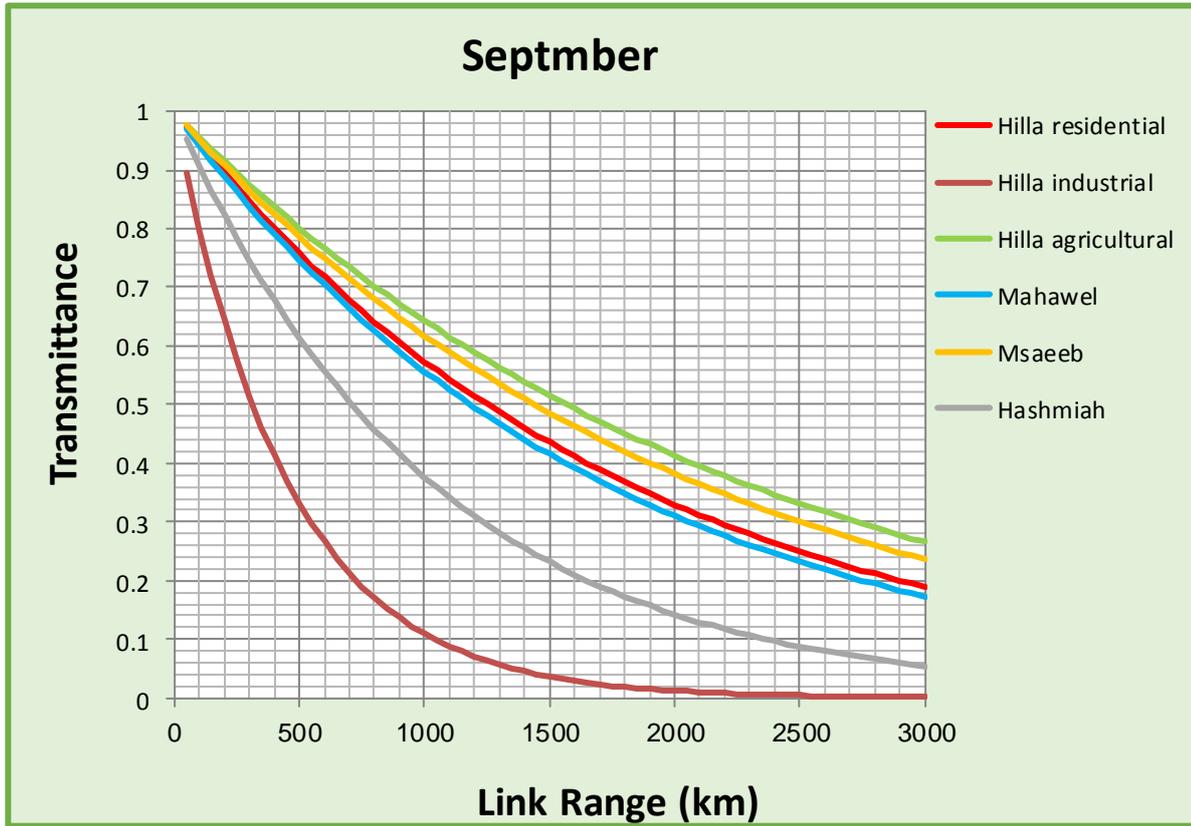
الشكل (10) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm بمسافة انتشار الموجة 3km



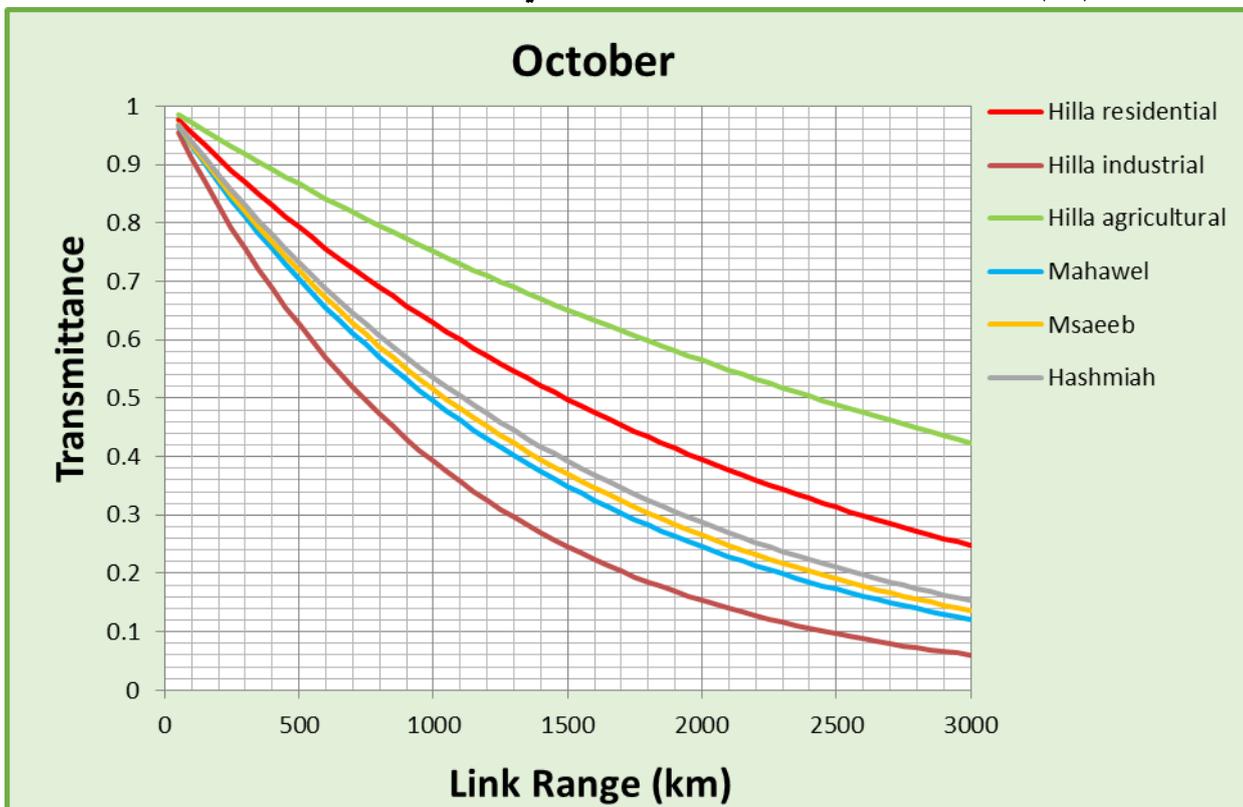
الشكل (11) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm بمسافة انتشار الموجة 3km



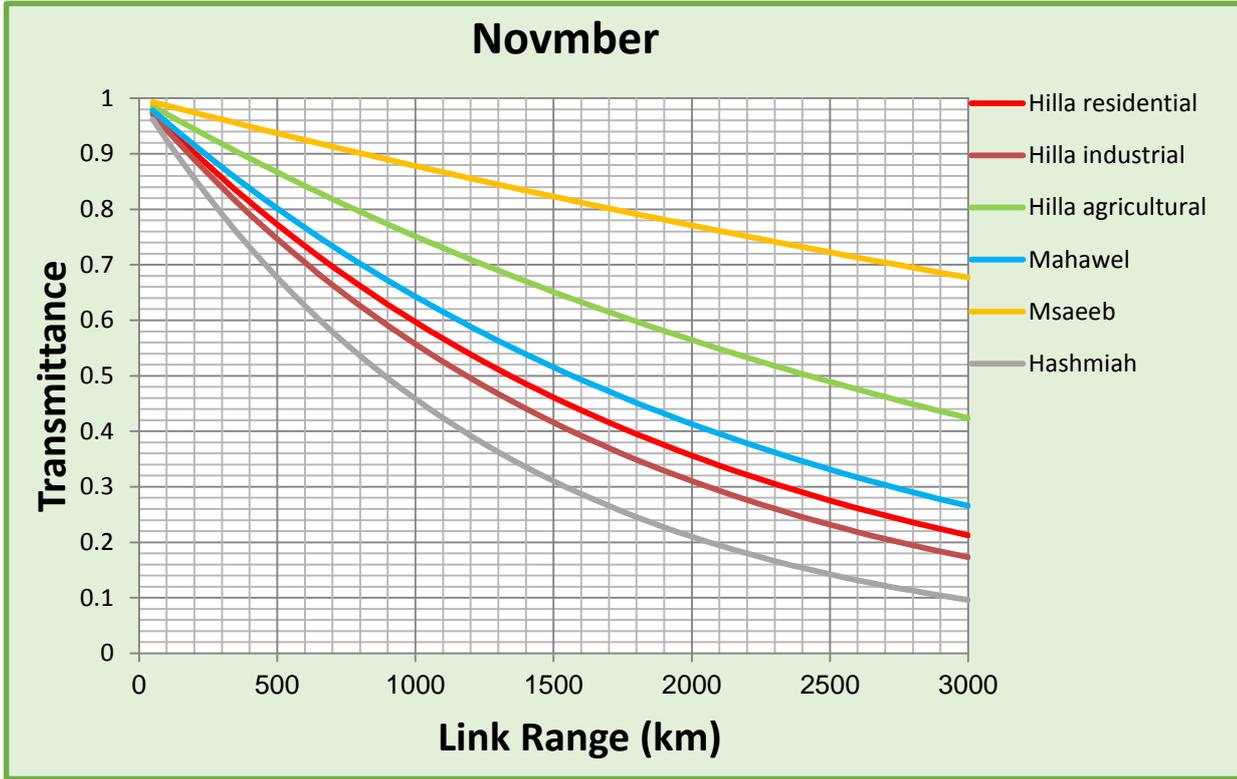
الشكل (12) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm وبمسافة انتشار الموجة 3km



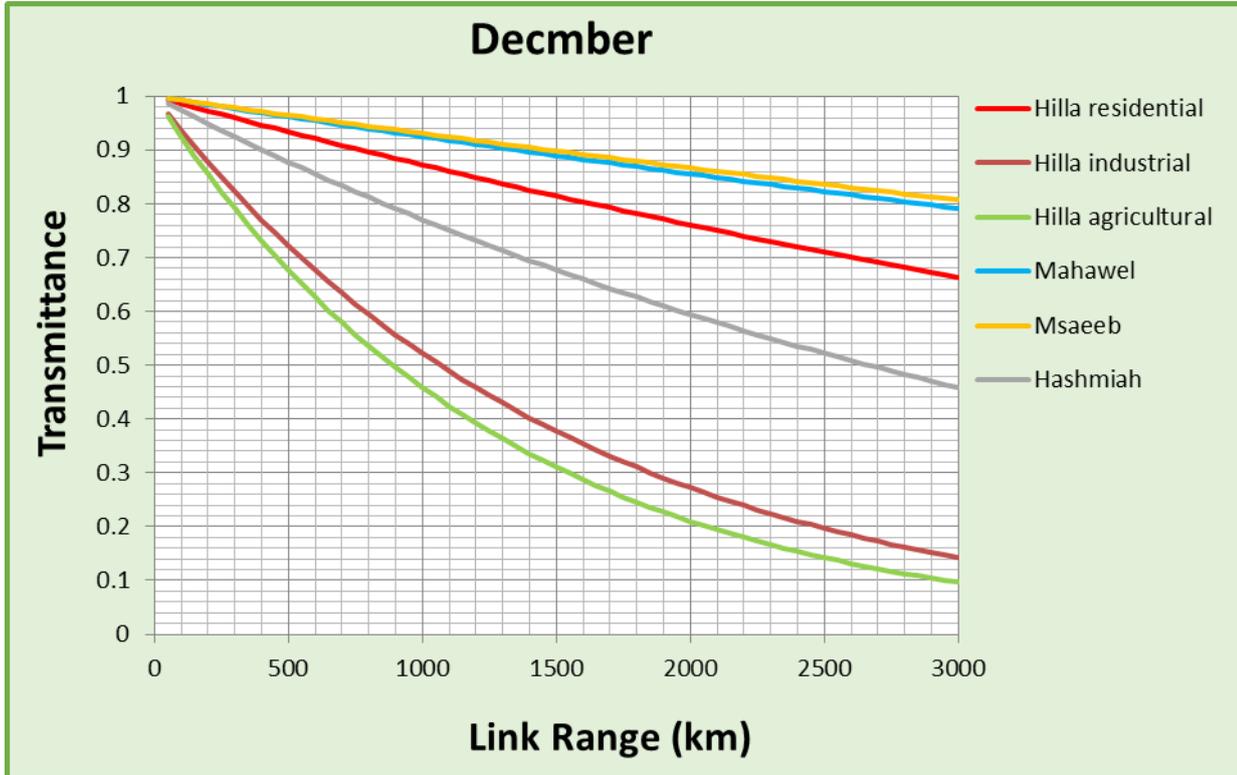
الشكل (13) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm بمسار طول 3km



الشكل (14) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm وبمسافة انتشار الموجة 3km



الشكل (15) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm وبمسافة انتشار الموجة 3km



الشكل (16) تغيرات النفاذية كدالة لتركيز الغبار وبطول موجي 670nm وبمسافة انتشار الموجة 3km

4-2 حساب تأثير معدل الرطوبة النسبية

يتكون الغلاف الجوي من عناصر ثابتة والتي هي ثابتة تقريباً، حيث ان H_2O هو عنصر يعتمد على درجة الحرارة والموقع. ان بخار الماء هو احد الاشكال المتعددة للماء H_2O . اعتماداً على بيانات الأرصاد الجوية لمدينة الحلة الخاصة بدرجة الحرارة والرطوبة النسبية ، وباعتماد المعادلتين (7) و(8) تم حساب التوهين نتيجة الرطوبة النسبية .

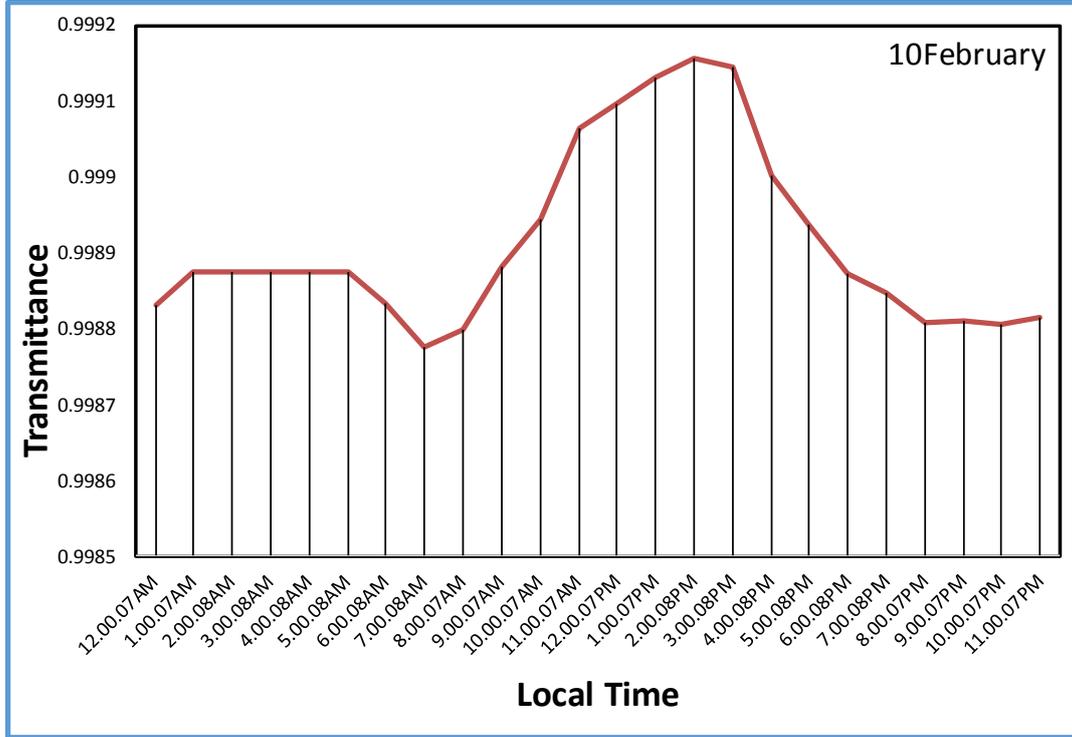
يمثل الشكل (17) معدل النفاذية الجوية كدالة للزمن نتيجة تأثيرالرطوبة النسبية لليوم العاشرمن شهر شباط حيث نلاحظ من الشكل ان معدل النفاذية في أوقات الصباح الباكر من الساعة 12 ليلا وحتى الساعة 6 فجرا يكون قليل وذلك لازدياد الرطوبة النسبية في الجو و التي تؤدي الى توهين شعاع الليزر في الجو، بينما من الساعة 8 صباحا الى 5 عصرا تزداد درجة الحرارة في الجو مما يؤدي الى انخفاض نسبة الرطوبة النسبية فيكون معدل نفاذية اشعة الليزر اكبر، وعند نقصان درجة الحرارة من الساعة 6 عصرا الى 11 ليلا تبدأ الرطوبة النسبية بالازدياد في الجو مما يؤدي مرة أخرى الى زيادة في توهين شعاع الليزر وان اقل نفاذية تكون 0.9986 في الساعة 7 صباحاً واعلى نفاذية تكون 9.9915 في الساعة الثانية بعد الظهر .

يمثل الشكل (18) معدل النفاذية الجوية كدالة للزمن نتيجة الرطوبة النسبية لليوم الأول من شهر آذار حيث نلاحظ من الشكل ان معدل النفاذية في أوقات الصباح الباكر من الساعة 12 ليلا وحتى الساعة 7 فجرا يكون قليل وذلك لازدياد الرطوبة النسبية في الجو و التي تؤدي الى توهين شعاع الليزر في الجو، بينما تزداد حرارة الجو من الساعة 8 صباحا الى 5 عصرا مما يؤدي الى انخفاض نسبة الرطوبة النسبية فيكون معدل نفاذية اشعة الليزر اكبر، وعند نقصان درجة الحرارة من الساعة 6 عصرا الى 11 ليلا تبدأ الرطوبة النسبية بالازدياد في الجو مما يؤدي مرة أخرى الى زيادة في توهين شعاع الليزر وان اقل نفاذية تكون 0.9981 في الساعة 7 صباحاً واعلى نفاذية تكون 0.9985 في الساعة 1 بعد الظهر

يمثل الشكل (19) معدل النفاذية كدالة للزمن نتيجة تأثيرالرطوبة النسبية لليوم الخامس عشر من شهر حزيران، حيث نلاحظ من الشكل ان معدل النفاذية في أوقات الصباح الباكر من الساعة 12 ليلا وحتى الساعة 6 فجرا يكون قليل وذلك لازدياد الرطوبة النسبية في الجو و التي تؤدي الى توهين شعاع الليزر في الجو، بينما تزداد حرارة الجو من الساعة 7 صباحا الى 6 عصرا مما يؤدي الى انخفاض نسبة الرطوبة النسبية فيكون معدل نفاذية اشعة الليزر اكبر، وعند نقصان درجة الحرارة من الساعة 7 عصرا الى 11 ليلا تبدأ الرطوبة النسبية بالازدياد في الجو مما يؤدي مرة أخرى الى زيادة في توهين شعاع الليزر وان اقل نفاذية تكون 0.9975 في الساعة 6 صباحاً واعلى نفاذية تكون 0.9985 في الساعة 1 بعد الظهر .

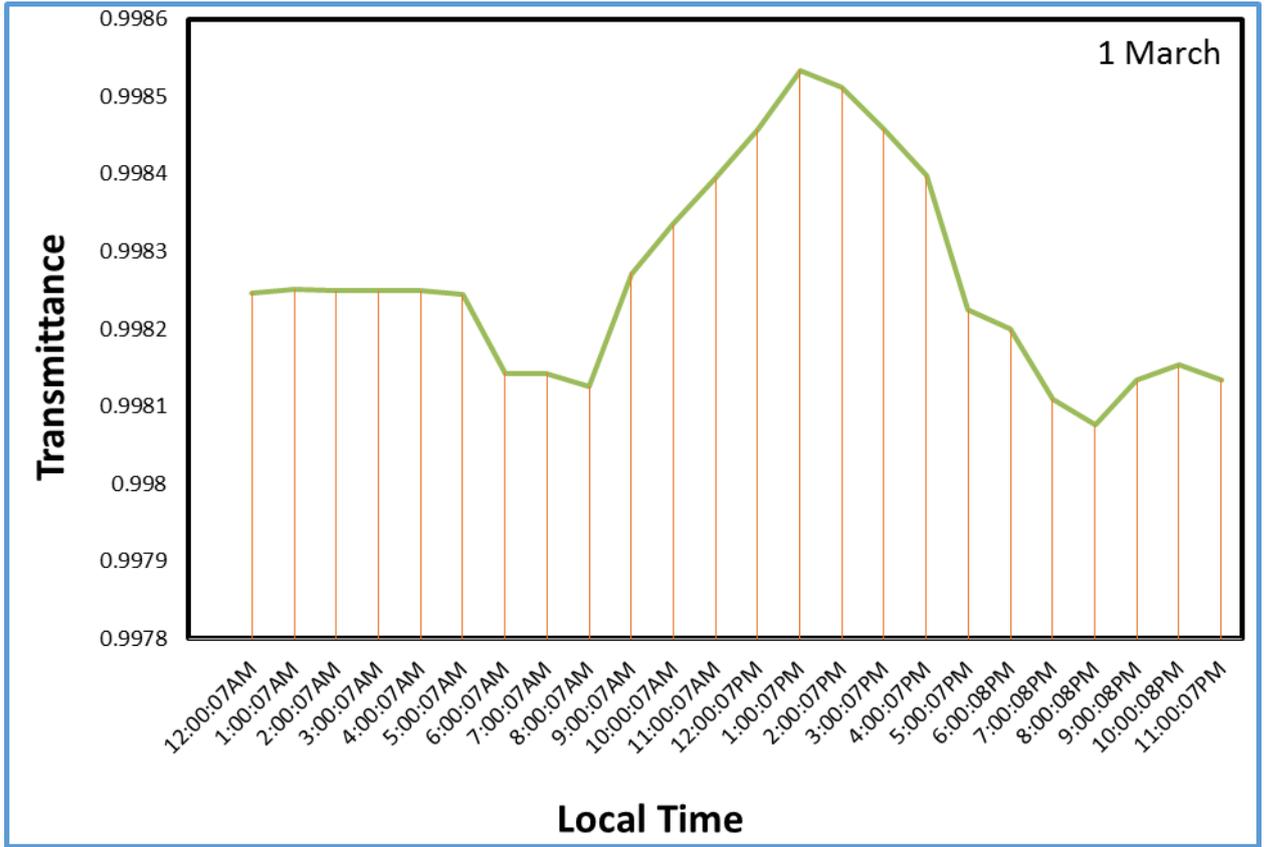
يمثل الشكل (20) معدل النفاذية كدالة للزمن نتيجة تأثيرالرطوبة النسبية لليوم الأول من شهر ايلول، حيث نلاحظ من الشكل ان معدل النفاذية في أوقات الصباح الباكر من الساعة 12 ليلا وحتى الساعة 7 فجرا يكون قليل وذلك لازدياد الرطوبة النسبية في الجو و التي تؤدي الى توهين شعاع الليزر في الجو، بينما تزداد حرارة الجو من الساعة 8 صباحا الى 5 عصرا مما يؤدي الى انخفاض نسبة الرطوبة النسبية فيكون معدل نفاذية اشعة الليزر اكبر، وعند نقصان درجة الحرارة من الساعة 6 عصرا الى 11 ليلا تبدأ الرطوبة النسبية بالازدياد في الجو مما يؤدي مرة أخرى الى زيادة في توهين شعاع الليزر ، وان اقل نفاذية تكون 0.9965 في الساعة 7 صباحاً واعلى نفاذية تكون 0.9984 في الساعة 1 بعد الظهر

يمثل الشكل (21) معدل النفاذية كدالة للزمن نتيجة تأثير الرطوبة النسبية لليوم الخامس والعشرون من شهر تشرين الاول، حيث نلاحظ من الشكل ان معدل النفاذية في أوقات الصباح الباكر من الساعة 12 ليلا وحتى الساعة 7 فجرا يكون قليل وذلك لازدياد الرطوبة النسبية في الجو و التي تؤدي الى توهين شعاع الليزر في الجو، بينما تزداد حرارة الجو من الساعة 8 صباحا الى 5 عصرا مما يؤدي الى انخفاض نسبة الرطوبة النسبية فيكون معدل نفاذية اشعة الليزر اكبر، وعند نقصان درجة الحرارة من الساعة 6 عصرا الى 11 ليلا تبدأ الرطوبة

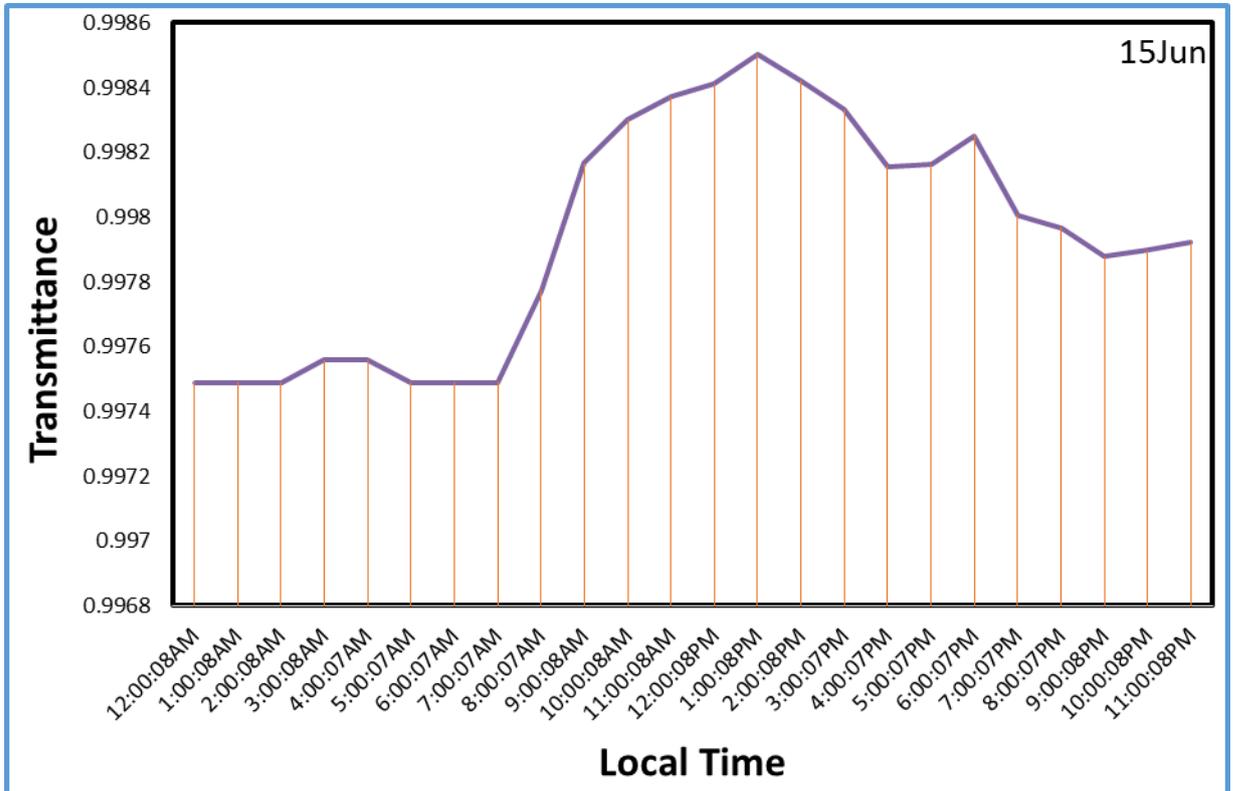


النسبية بالازدياد في الجو مما يؤدي مرة أخرى الى زيادة في توهين شعاع الليزر ، وان اقل نفاذية تكون 0.9973 في الساعة 8 صباحاً، واعلى نفاذية تكون 9985 في الساعة 3 بعد الظهر.

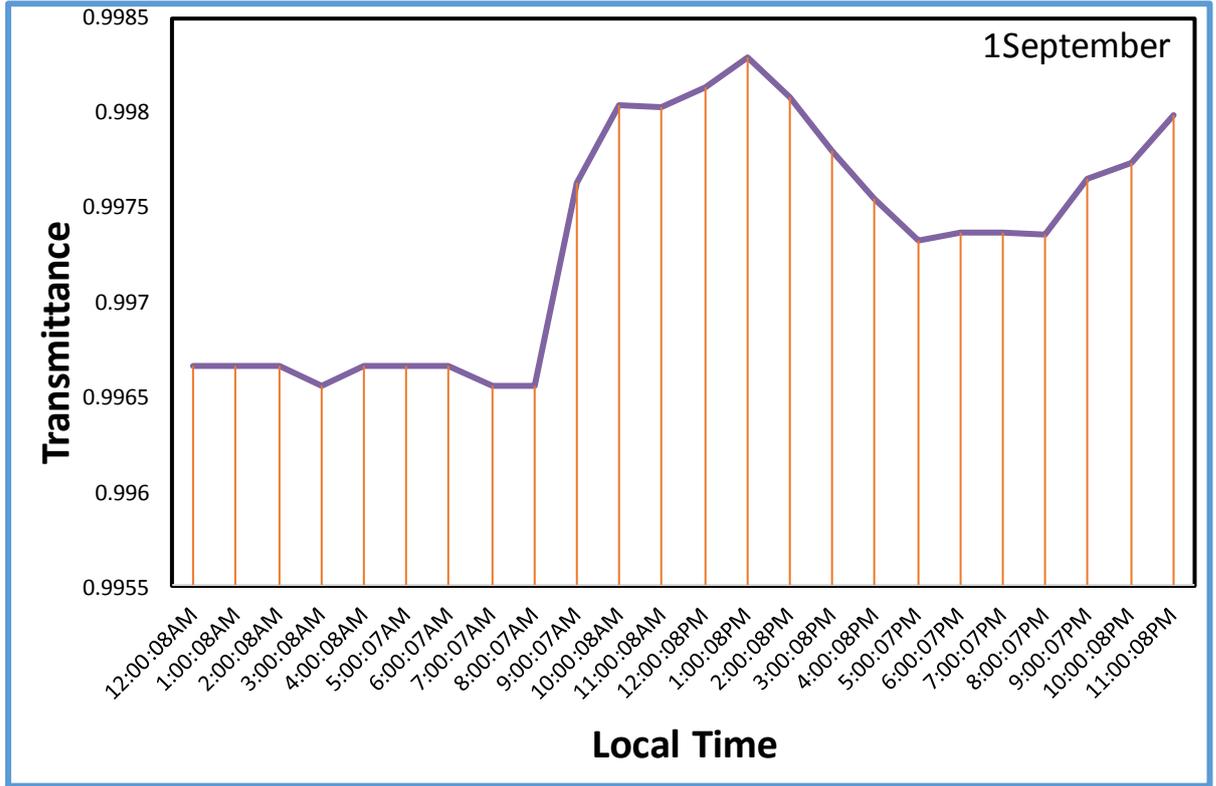
الشكل (17) معدل النفاذية كدالة للزمن نتيجة الرطوبة النسبية لليوم العاشر من شهر شباط



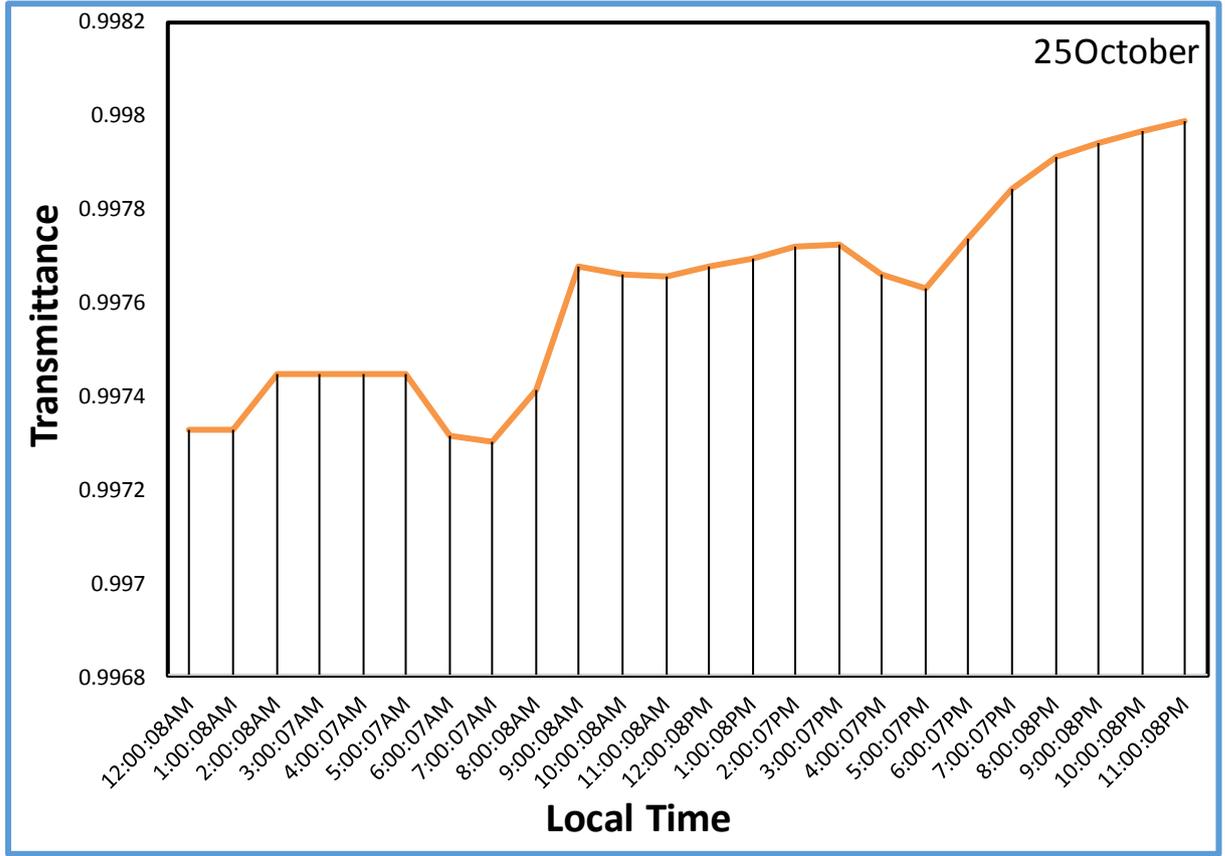
الشكل (18) معدل النفاذية كدالة للزمن نتيجة الرطوبة النسبية لليوم الأول من شهر آذار



الشكل (19) معدل النفاذية كدالة للزمن نتيجة الرطوبة النسبية لليوم الخامس عشر من شهر حزيران



يمثل الشكل (20) معدل النفاذية كدالة للزمن نتيجة الرطوبة النسبية لليوم الأول من شهر أيلول



يمثل الشكل (21) معدل النفاذية كدالة للزمن نتيجة الرطوبة النسبية لليوم الخامس والعشرون من شهر تشرين الأول

الاستنتاجات

1. ان النفاذية الجوية تعتمد على مدى الرؤية .
2. النفاذية الجوية للجو المغبر تتأثر بزيادة تركيز الغبار في الجو وكانت النفاذية الجوية لطول موجي 670 نانومتر .
3. النفاذية الجوية تتأثر بزيادة الرطوبة النسبية وكان افضل طول موجي يستطيع الانتشار منها هو 1300 نانومتر .
4. نسبة الضوضاء الى الإشارة (SNR) تقل مع مسافة الارسال .
5. نسبة الخطأ (BER) تزداد مع زيادة مسافة الارسال .
6. معدل نقل المعلومات يقل بزيادة مسافة الارسال .

المصادر

- Andrews L. C, (2005) "Free-Space Laser Propagation: Atmospheric Effects", IEEE Journal, Vol. 19, No. 5, P.6-8, October .
- Aviv, D. G. (2006)"Laser Space Communications", ARTECH HOUSE, USA.
- Hemmati H.,(2005) "Deep Space Optical Communications", NASA, California Institute of Technology, USA, October .
- Jassim .M.Jassim, (2013)" Experimental Study on the Atmospheric Attenuation Effective on Audio Signals In Free Space Laser Communication Links", Babylon

- University , International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Vol. 3, Issue 4, Oct. 2013.
- Kim I.,(2001) "Comparison of Laser Beam Propagation at 785 nm and 1550 nm in Fog and Haze for Optical Wireless Communications", SPIE, Opt. Wireless Com. III, Vol. 4214.
- Kozachenko E and M. Anderson, (2001)"A Free Space Optical Communications System",IEEE Journal, Vol. 1, No. 3, P. 195- 201.
- Manor H. and S. Arnon, (2003) "Atmospheric Effects on Free Space Laser Communications", Applied Optics Journal, Vol. 42, No. 21.
- Robson E. I. and R. M. Rowan,(1979) "Measurements of atmospheric attenuation by water vapor", Infrared Physics, Vol.19, No.1, P.115 – 120.
- Robson E. I. and R. M. Rowan,(1979) "Measurements of atmospheric attenuation by water vapor", Infrared Physics, Vol.19, No.1, P.115 – 120.
- Sizun O. BouchetandH.,(2006), "Free-Space Optics Propagation and Communication", ISTE Ltd, USA.
- Yong H. G., C. C. ying, and C. Z. qiang, (2007) "Free-Space Optical communication using visible light", Journal of Zhejiang University, Vol.8, No.2, P.186-191.
- Zhu X. and J. M. Kahn, (2002) "Free-Space Optical Communication Through Atmospheric Turbulence Channels", IEEE Journal, Vol.50, No.8, P. 1293-1300, August .
- Ziemer R. E. and W. H. Tranter, (1995) "Principle of communications, systems, modulation, and noise", Wiley, New York, .