نمذجة ومحاكاة نظام GSM لمدينة صغيرة

فراس شوكت حامد

مركز الحاسبة الالكترونية ، المعهد التقني الموصل ، الموصل ، العراق

(تاريخ الاستلام: ١٧ / ١ / ٢٠٠٩ ، تاريخ القبول: ٢٥ / ٥ / ٢٠٠٩)

الملخص:

يتناول هذا البحث استخدام نظام الاتصالات GSM لتامين الاتصال لمدينة صغيرة (urban area) في محافظة نينوى المتمثلة بناحية أو قضاء (قره قوش ذات تضاريس تحتوي على تلول وجبال) و (بعشيقة ذات تضاريس تحتوي على تلول فقط) و (القوش ذات تضاريس جبلية)، حيث تم الاطلاع على الخرائط من قسم علوم الأرض (جيولوجي) في جامعة صلاح الدين (اربيل).

يعتمد البحث على موديل Okumura Hata model لقياس مفاقيد القدرة (الضياعات) التي تم نمذجتها على مختلف المناطق للتعرف على العوامل المتعلقة بضياع الإشارة المرسلة بالإضافة إلى قياس المسافة بين المرسل والمستقبل (جهاز الهاتف النقال) وكذلك دراسة وقياس ظواهر الإرسال من ناحية مسار الانتشار وفقد المسار.

وعلى هذا الأساس تم تصميم برنامج محاكي في بيئة الماتلاب (MATLAB) إصدار V7.5 بالاعتماد على الخرائط الرقمية المأخوذة من موقع Google Earth مع الاستعانة ببرنامج GIS المختص بالخرائط، حيث تبين من خلال هذا العمل إمكانية التحكم في تامين الاتصال لمدينة صغيرة بعد تحريك الخلية واختبار الموقع المناسب لها والمساحة المؤمنة للتغطية (توزيع القدرة لتلك المنطقة) والعوامل المتعلقة بضياع الإشارة حيث أعطت الدراسة توافق كبير بين الرؤية النظرية والمحاكاة.

١ – المقدمة:

تعد الاتصالات الخليوية واحدة من أكثر تطبيقات الاتصالات نموا وأكثرها طلبا على الإطلاق في الوقت الحاضر، واليوم تمثل أكثر الأنظمة التي تتزايد فيها نسبة مشتركي الهاتف في العالم، والهاتف الخليوي هو من اكبر منافسي شبكات الهاتف السلكية التقليدية[٢،١]. إن عملية تصميم وتنظيم الخلايا من أهم ما تحتاجها الشبكة الخليوية بهدف الحصول والتأكد من تغطية جيدة للمنطقة المراد تغطيتها مع تجنب التداخل قدر ما يمكن تجنبه.

لقد ركز كثير من الباحثين والمهندسين[٣،٢] على أهمية الاتصالات الخليوية الأمر الذي قادهم إلى نشر محطات البث ونصب الأبراج في المناطق الريفية والنائية لتكثيف خدمة النقال[٣]. غير أن هنالك عوامل ومعوقات تحول دون تامين أو تغطية المناطق المأهولة هذه ومنها العوائق الطبيعية (الأشجار العالية والجبال والتلول) ومفاقيد المسار وخفوت الإشارة ولم تترك هذه المعوقات بدون معالجة[٤].

خلال العقدين الأخيرين تشعبت استخدامات الحاسبة الالكترونية وأصبحت المحاكاة من الأدوات المهمة في تمثيل وتنفيذ كثير من نظم الاتصالات وبشكل خاص باستخدام الماتلاب.

تم في هذا البحث إجراء حسابات لمفاقيد القدرة والتحكم في تامين الاتصال لمدينة صغيرة (Urban Area) في محافظة نينوى والمتمثلة بثلاث نماذج وهي(قره قوش ذات تضاريس تحتوي على تلول وجبال) و (بعشيقة ذات تضاريس تحتوي على تلول فقط) و (القوش ذات سطح جبلي) وتم محاكاة الدراسة في بيئة ماتلاب إصدار V7.5.

٢ – مشاكل الإرسال:

٢–١– خسارة مسار الانتشار:

تتحدد خسارة مسار الانتشار الكلي وفقاً لطبيعة التضاريس و المحيط الصنعي الذي يقع ضمن مسار الاتصال بين محطة القاعدة و الوحدة المتنقلة. فالوحدة المتنقلة سوف تستقبل أمواجاً منعكسة كثيرة وموجة واحدة مباشرة. أما الأمواج المنعكسة فسوف تستقبل عند الجانب المتنقل من زوايا مختلفة من جميع الجهات على حد سواء و على مدار ٣٦٠ درجة [٦،٥،٤].

٣– حلول الإرسال:

٣–١– التغلب على ظاهرة خسارة مسار الانتشار:

إن مفاقيد مسار الانتشار في الفراغ يرتبط بشكل أساسي بكل من التردد و المسافة و فق العلاقة التالية [٨،٧]:

$$\frac{P_{or}}{P_t} = \frac{1}{[4\pi d/(c/f)]^2} = \frac{\lambda^2}{(4\pi d)^2}$$

c: سرعة الضوء وتساوي (3×10^8 m/s)

λ : طول الموجة .

P_t : القدرة المرسلة.

P_{or} : القدرة الملتقطة في الفراغ الحر.

وتحسب مفاقيد مسار الانتشار من الفرق بين قدرتي إشارتين مستقبلتين ΔP من مسافتين مختلفتين (d1, d2) كما في العلاقة التالية:

$$(\Delta P) = 10\log_{10}\frac{P_{or2}}{p_{or1}} = 20\log_{10}(\frac{d_1}{d_2})$$

وتقدر مفاقيد (خسارة) مسار الانتشار بالديسبل (dB). يلاحظ أن مفاقيد مسار الانتشار لا تتعلق بالتردد و المسافة فقط بل بارتفاع الهوائي في كل من محطة القاعدة و الوحدة المتنقلة وشكل التضاريس. و للتغلب على هذه الظاهرة:

يجب أن يكون التردد المنتشر أعلى من 30 MHZ و تكون المسافة بين محطة القاعدة و الوحدة المتنقلة أقل من 24 km وبذلك لا تؤخذ بعين الاعتبار المفاقيد الناتجة عن كروية الأرض.

٤– نمذجة المفاقيد (Losses modeling):

تعتبر مفاقيد المسار (Path Losses) بين المرسلات والمستقبلات من الامور الاساسية في نظم الاتصالات والواجب معرفتها قبل بناء المنظومة، حيث يتم فحص تلك المعلومات عبر وسائل تحليل عملية قادرة على التنبؤ

بضياعات الإشارة المرسلة بين محطة الإرسال و أي نقطة ضمن المنطقة المراد تغطيتها لنظام الموبايل. تقوم أنظمة الموبايل المستخدمة في الشبكات الخليوية باستكشاف تأخير الإشارة بواسطة مقاييس تأخير عملية [٩،١٠].

٤-١- فقد المسار (path loss) في أنظمة الموبايل:

يملك أي بلد من بلدان العالم أربعة مناطق رئيسية:

١. منطقة ريفية (rural area)
٢. منطقة مدينة (urban area)
٣. منطقة ضواحي (suburban area)
٤. منطقة مفتوحة (open area)

وكل منطقة من هذه المناطق تملك ضياعات مسار مختلفة عن الأخرى حيث بعضها تمتلك مباني – مباني عالية – أشجار – شوارع – سيارات أو مناطق مفتوحة مع وجود جبال أو تلال أو وديان الخ....[١١].

٤-٢- طرق قياس فقد المسار:

يتم قياس المفاقيد بواسطة عدة موديلات والتي تمكن من دراسة مفاقيد الانتشار ومن ثم حساب عدد الخلايا اللازمة لتامين تغطية مطلوبة لمنطقة معينة ضمن شبكة معينة حيث أن نمو الشبكات بعد ذلك يعتمد على قابلية السعة للخلايا المكونة لهذه الشبكات لان بعض الأنظمة تحتاج إلى تغطية واسعة و عريضة و قابلية سعة عالية [١٢،١٣].

وهناك عدة موديلات لدراسة الانتشار وضياعاته ومن هذه الموديلات:

1- Okumura hata model
2- Walfisch.Ikegami model

في هذا البحث تم اختيار نموذج (Okumura hata model) لبساطته وكثرة انتشاره.

٤-٣ حساب المفاقيد بنموذج Okumura hata model:

صمم هذا النموذج وفق مقاييس مبنية لمدينة طوكيو وما حولها [١٣،١٤].

وتعطى معادلة المفاقيد الرئيسية لمدينة(urban area) بالعلاقة التالية:

$$L_{urban} = 69.55 + 26.16LogF_c - 13.82\log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55Logh_b)\log R$$

حيث:

L_{urban} : خسارة المسار الرئيسية مقاسة بـ dB (الضياعات في مركز المدينة urban area)

F_c : تردد الحامل (Carrier Frequency) مقاسة بـ MHz.

h_b : ارتفاع هوائي BTS (محطة القاعدة) مقاسة بـ m.

h_m : ارتفاع هوائي MS (المحطة المتنقلة) مقاسة بـ m.

$a(h_m)$: معامل التصحيح لارتفاع هوائي الموبايل الفعال مقاسة بـ dB ولها علاقة بنوع المدينة.

R: المسافة بين BTS و MS مقاسة بـ Km.

والقيم المقبولة لمعاملات الـ (Okamura hata models) هي:

$$150 \le fc \le 1500MHZ$$
$$30 \le h_b \le 200m$$
$$1 \le h_m \le 10m$$
$$1 \le R \le 20km$$

$a(h_m)$ عامل التصحيح: حيث أن عامل تصحيح الارتفاع الفعال لهوائي المستقبل (جهاز الموبايل) للمدن الصغيرة يعطى بالعلاقة التالية:

$$a(h_m)_{dB} = (1.1\log f_c - 0.7)h_m - (1.56\log f_c - 0.8)$$

حيث $fc \ge 300MHZ$

وتعطى معادلة مفاقيد القدرة (الضياعات) في منطقة الضواحي (suburban area) مقاسة بـ dB:

$$L_{suburban} = L_{(urban)} - 2[\log(f_c/28)]^2 - 5.4$$

وكذلك لمنطقة ريفية (rural area) مقاسة بـ dB:

$$L_{open} = L_{(urban)} - 4.78(\log f_c)^2 + 18.33\log f_c - 40.98$$

إذا يعتبر معرفة خسارات مسار الانتشار من أهم العناصر الواجب معرفتها قبل بناء أي منظومة لاسلكية. ويؤخذ في الاعتبار الضياعات الناتجة عن وجود الأبنية والأشجار والسيارات في (Hata model) وتضاف إلى هذه المفاقيد، المفاقيد الناتجة من القابلوات التي توصل المرسل بهوائي الإرسال أو في القابلوات التي توصل المستقبل بهوائي الاستقبال وكذلك المفاقيد الناتجة عن الخفوت.

ولمعرفة قيمة(S_{min}) وهي قيمة اقل قدرة يستطيع المستقبل أن يتحسسها وإذا كانت القدرة المرسلة والواصلة للمستقبل اقل من هذه القيمة فان المستقبل يكون غير قادر على التواصل مع الشبكة أي لا يوجد تغطية لهذه النقطة وتخضع (S_{min}) للعلاقة التالية[١٥]:

$$S_{min} = (E_b / N_T) + 10\log R_b + N_T dB$$

حيث: E_b : طاقة البت(bit Energy) R_b : معدل البت(bit Rate)

N_T : كثافة الضجيج الكلية والتي تحدد بالعلاقة التالية:

$$N_T = N_0 + N_F = 10\log KT + N_F dB$$

حيث:

K: ثابت بولتزمان قيمته ($1.38 \times 10^{-20} mw/hz/k^0$)

T=290 درجة الحرارة المطلقة بالكالفن(K) .

$N_O = -174dBm/hz$ عند $T = 290^0$.

N_F : الضجيج المتشكل عند مضخم المستقبل.

عندئذ:

$$P_t = S_{min} - (G_t + G_r) + (L_{ft} + L_{fr} + f_m) + Lp$$

حيث أن:

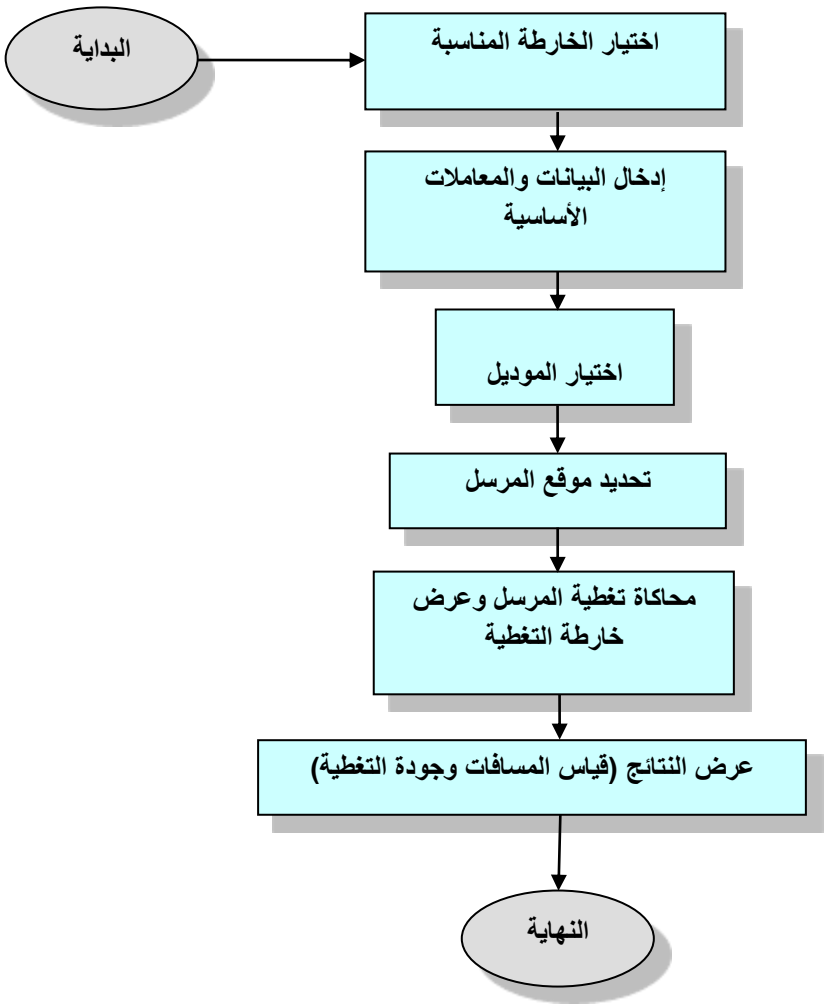
L_{ft} :المفاقيد الناتجة في القابلو الذي يصل المرسل بهوائي الإرسال.

L_{fr} : المفاقيد الناتجة في القابلو الذي يصل المستقبل بهوائي الاستقبال.

f_m : مفاقيد ناتجة عن الخفوت.

٥- بناء النظام والمحاكاة:

مخطط توضيحي يبين تسلسل عمل برنامج المحاكاة كما يوضح الشكل (١):



شكل (١) مخطط توضيحي يبين تسلسل عمل برنامج المحاكاة في نظام GSM لمدينة صغيرة

وفيما يلي وصف موجز للمخطط التوضيحي في الشكل (١) حسب واجهات البرنامج:

٥-١- واجهة البرنامج الرئيسية:

القسم الأول: جلب وإعداد الخريطة للعمل كما في الشكل (٢) ويتضمن ما يلي:

١- ملف الخريطة: جلب الخريطة المراد القيام بإجراء عملية الدراسة عليها.

٢- معامل الضرب : التحكم بأبعاد الخريطة.

٣- وحدة القياس : وحدة لقياس الأبعاد.

٤- ارتفاع الخريطة: اختيار الارتفاع المطلوب.

القسم الثاني: يتعلق بمعطيات الدخل لمعاملات المنظومة الخليوية كما في الشكل (٢) حيث يتضمن ما يلي:

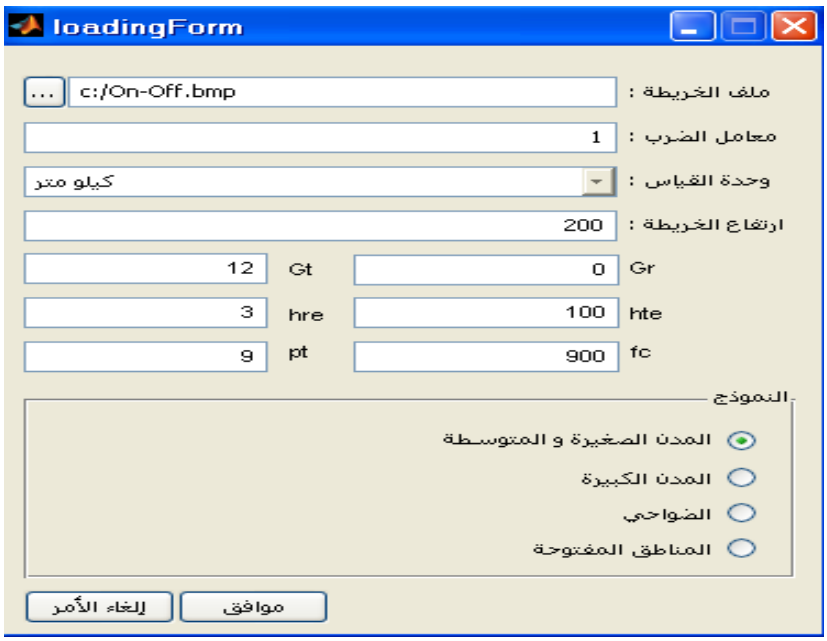
- ربح المستقبل (Gr) وربح هوائي المرسل (Gt) :يعطى بالديسبل (dB)
- الارتفاع الفعال لهوائي الإرسال (h_{te}): ويقدر مابين -30 (200) m
- الارتفاع الفعال لهوائي الاستقبال (h_{re}) : ويقدر مابين 10 -3 () m
- التردد الراديوي المستخدم(fc) : وقيمته تتراوح من (– 900) MHZ 2000 .
- القدرة المرسلة (Pt) : وتقدر ما بين(30 – 1) واط.

القسم الثالث:

اختيار نوع البيئة كما في الشكل (٢) و هي إما:

- بيئة المدن الصغيرة و المتوسطة (SMALL – MED Town).
- بيئة المدن الكبيرة (LARGE City).
- بيئة الضواحي(SUBURBAN Area).
- بيئة المناطق المفتوحة(OPEN Area).

بعد اختيار الخريطة المناسبة تظهر الواجهة في الشكل (٢):



شكل (٢) الواجهة الرئيسية للبرنامج لإدخال إعدادات الخريطة

٥-٢- واجهة إظهار النتائج والرسومات :

الشكل (٣) يتضمن:

١- خواص الخريطة:

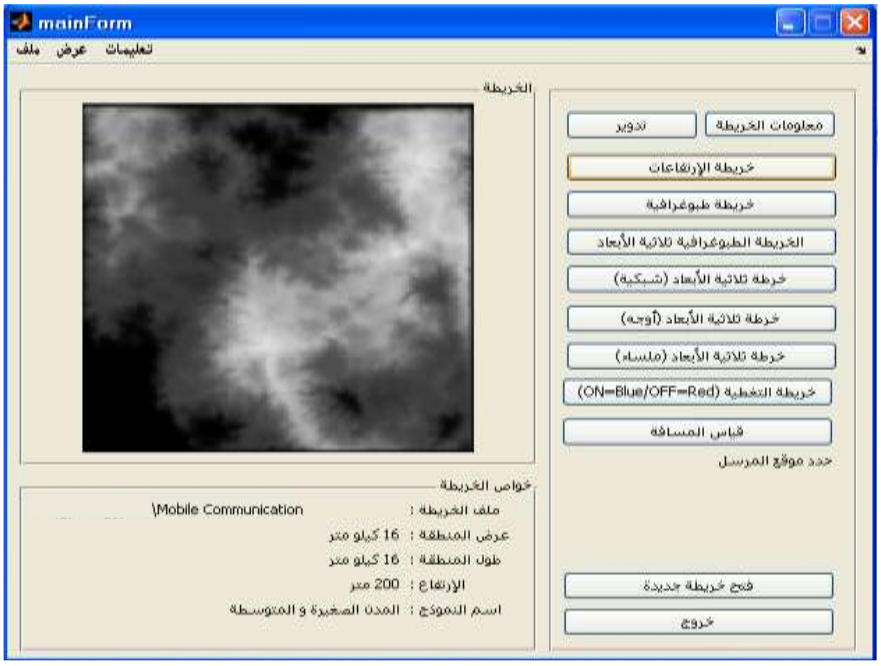
وتشمل(طول وعرض وارتفاع الخريطة واسم ملف الخريطة ومساره).

٢- زر لتدوير الخريطة:

الدوران حول الخريطة لإيضاح تفاصيل المنطقة المدروسة.

٣- خريطة الارتفاعات:

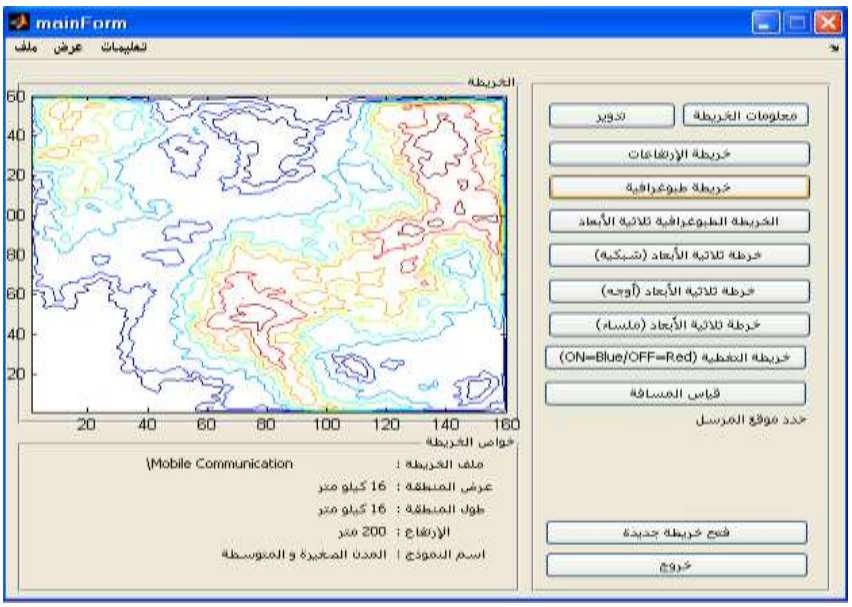
تعرض الارتفاعات لمختلف نقاط ومناطق المنطقة الجغرافية حيث أن المناطق الأعلى ارتفاعا باللون الأبيض و والمناطق الأقل ارتفاعا باللون الأسود وتدرج الألوان مابين الأبيض والأسود يرافقه تدرج الارتفاعات فكلما ازداد اللون عتمة كلما دل على ارتفاع اقل.



شكل(٣) خريطة الارتفاعات

٤- الخريطة الطبوغرافية:

وهي تعطي صورة ثنائية البعد لمعالم وارتفاعات المنطقة وهي تتدرج من اللون القرمزي الأكثر ارتفاعا إلى اللون الأزرق الأقل ارتفاعا كما في الشكل (٤):



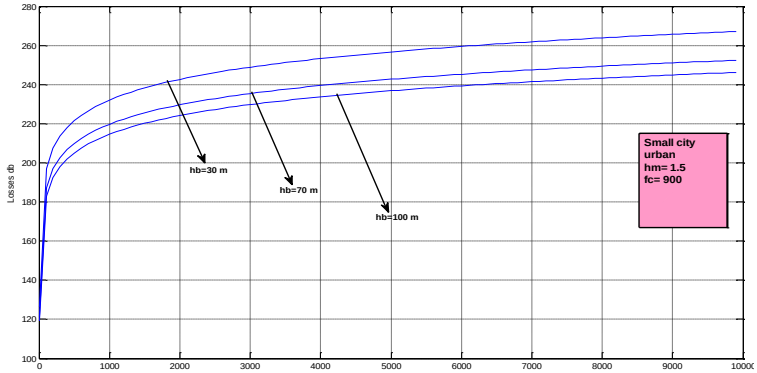
الشكل (٤)الخريطة الطبوغرافية لمعالم وارتفاعات المنطقة

٦- النتائج العملية:

٦-١- نتائج قياس المفاقيد:

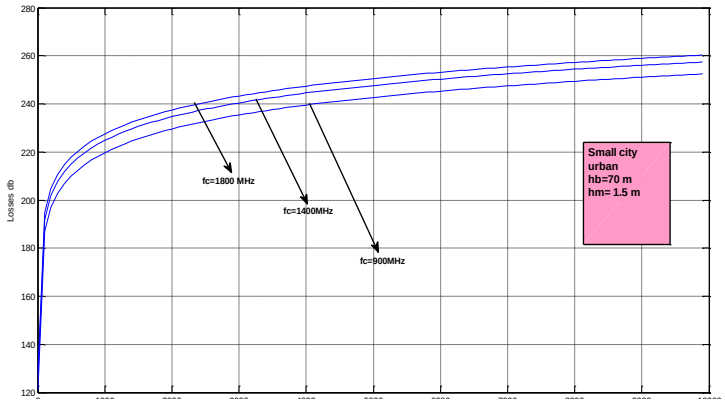
تم إجراء محاكاة لنموذج Okomura لحساب المفاقيد في المدن الصغيرة وتوضح الأشكال (8,7,6,5) مجمل هذه المفاقيد والعوامل المؤثرة لكل حالة:

١- المفاقيد في مركز المدينة تقل كلما زاد ارتفاع هوائي الـBTS كما في الشكل(٥):



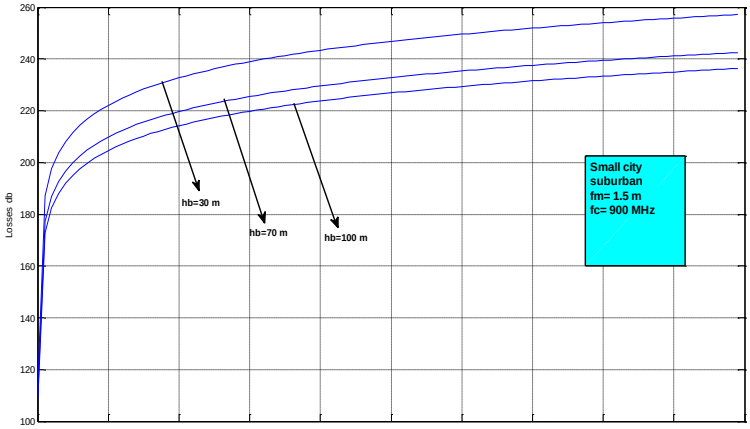
شكل (٥) المفاقيد في مركز المدينة الصغيرة بتغيير قيم ارتفاع هوائي الـBTS

٢- المفاقيد في مركز المدينة الصغيرة تزداد بازدياد التردد الحامل fc لاحظ الشكل(٦):



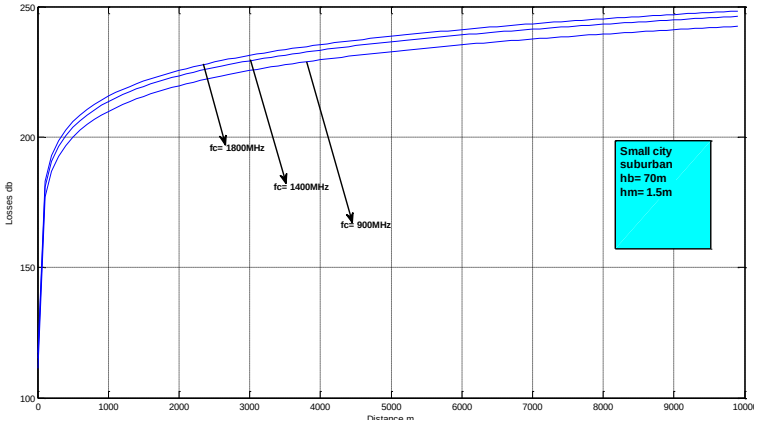
شكل (٦) المفاقيد في مركز المدينة الصغيرة بتغيير تردد الحامل fc

٣- المفاقيد في ضواحي المدينة الصغيرة تزداد كلما نقص ارتفاع هوائي الـBTS لاحظ الشكل(٧):



شكل (٧) المفاقيد في ضواحي المدينة الصغيرة بتغيير قيم ارتفاع هوائي الـBTS

٤- المفاقيد في ضواحي المدينة الصغيرة تزداد بازدياد التردد الحامل fc كما في الشكل(٨):



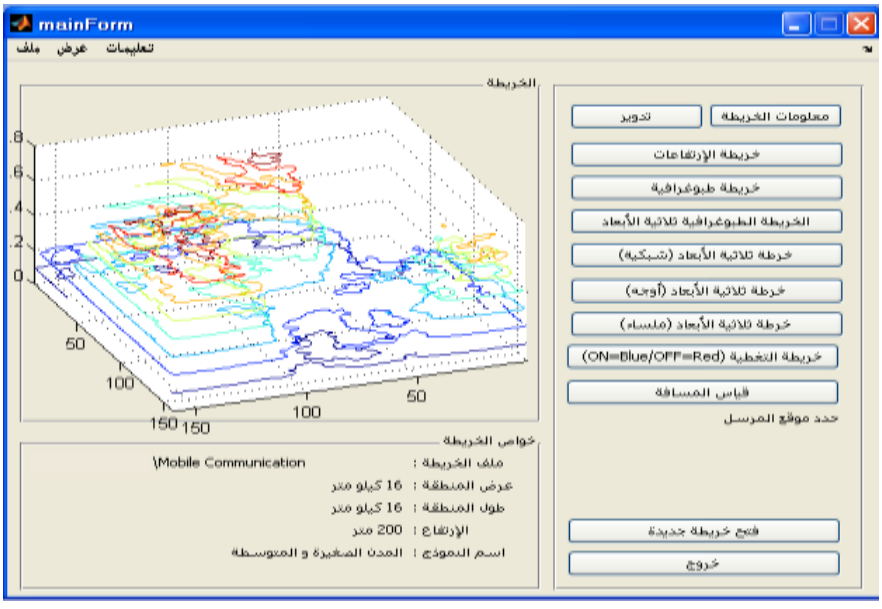
شكل (٨) المفاقيد في ضواحي المدينة الصغيرة بتغيير تردد الحامل fc

٦-٢- نتائج تأمين التغطية:

بعد إجراء هذا البحث على المناطق (قره قوش ذات تضاريس تحتوي على تلول وجبال) و (بعشيقة ذات تضاريس تحتوي على تلول فقط) و (القوش ذات سطح جبلي) وفيما يلي نماذج خرائط طوبوغرافية وتغطية لناحية قره قوش:

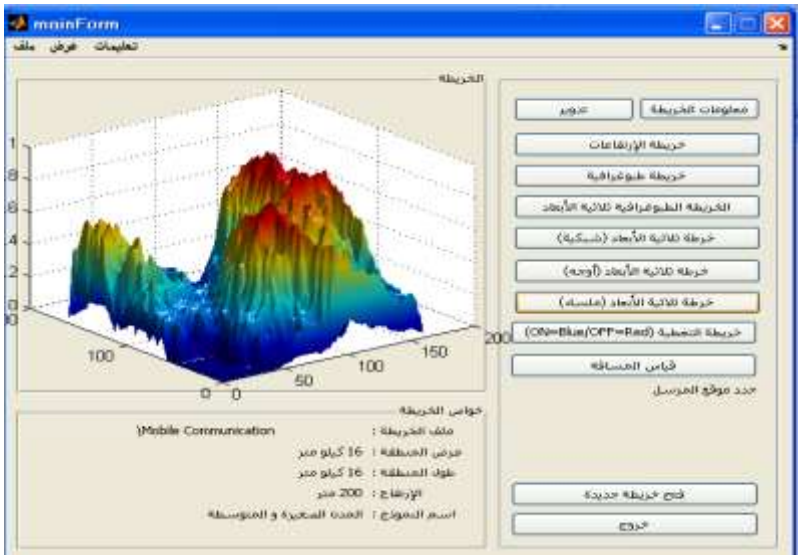
١- الخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد:

مجسما واقعيا للمنطقة المدروسة وبأبعاده الثلاثة كما في الشكل (٩):

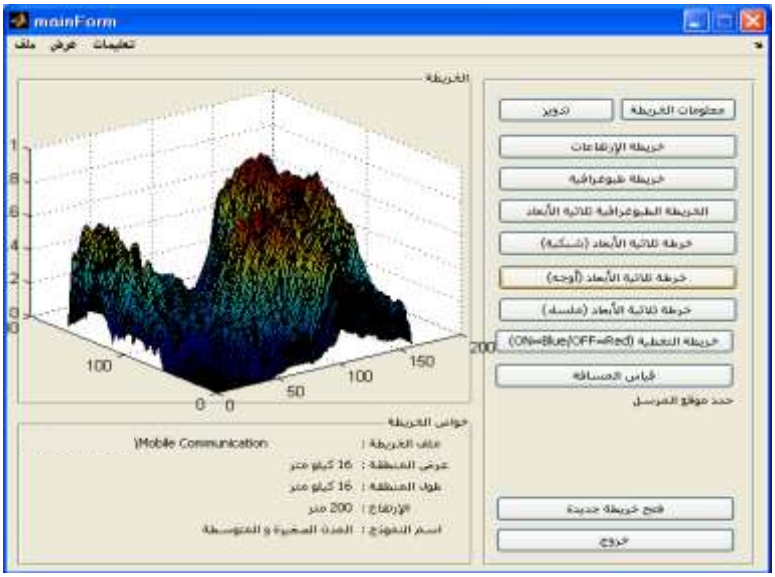


الشكل (٩)خريطة طبوغرافية ثلاثية الأبعاد

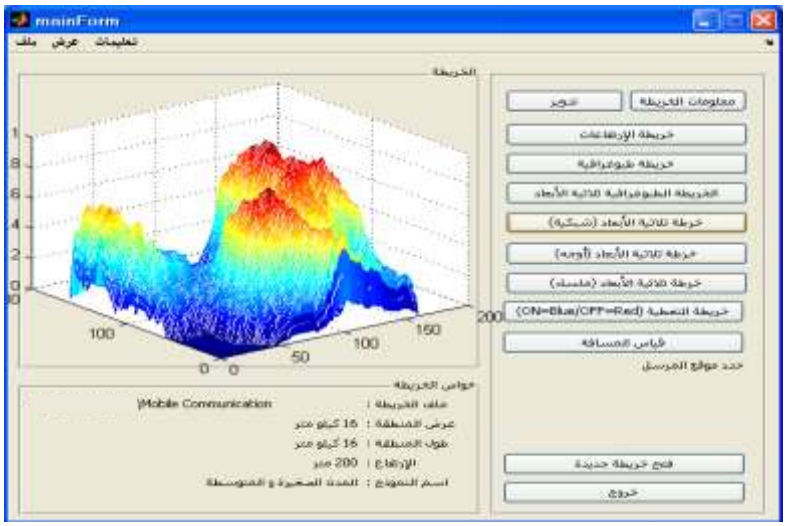
الخرائط الطبوغرافية ثلاثية الأبعاد (ملساء- أوجه-شبكية) كما هو واضح من الأشكال (١٠و١١و١٢) التالية:



الشكل (١٠)خريطة طبوغرافية ثلاثية الأبعاد– ملساء



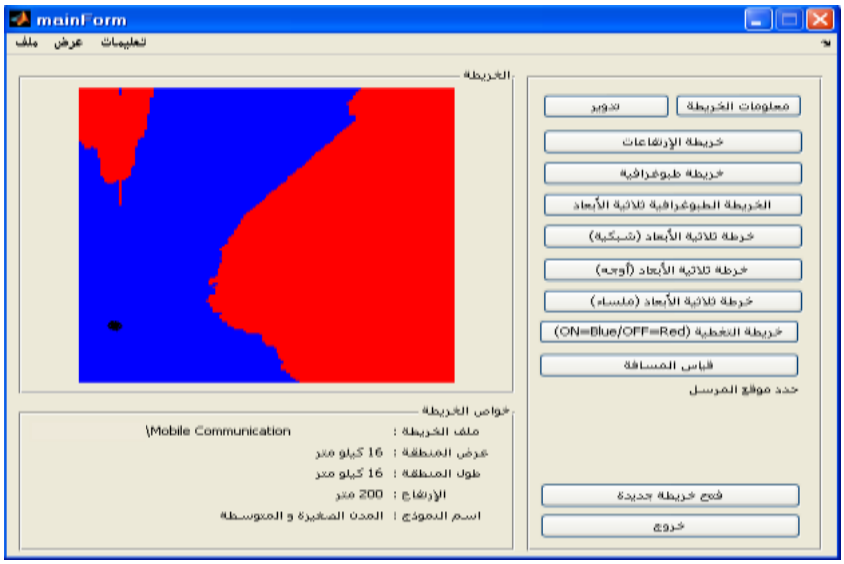
الشكل (١١)خريطة طبوغرافية ثلاثية الأبعاد–أوجه



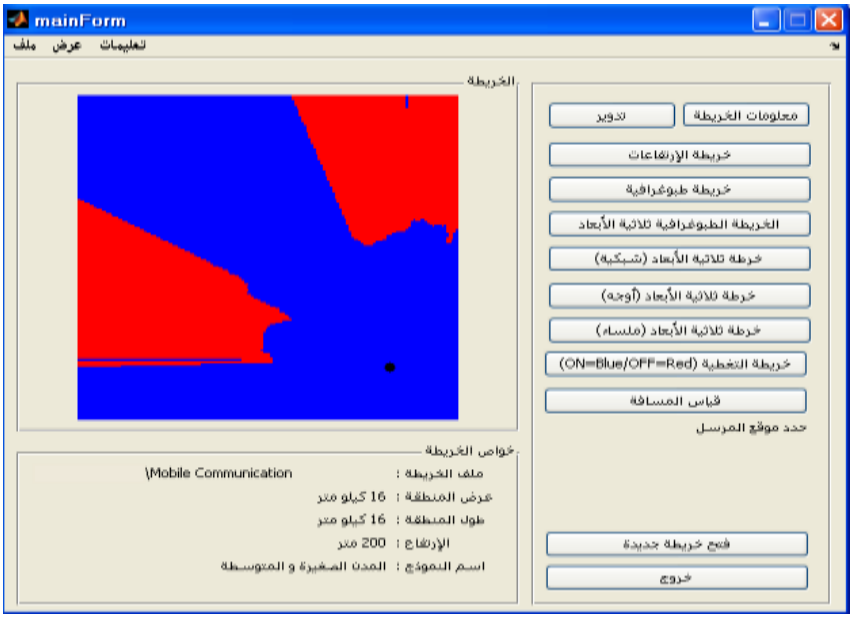
الشكل (١٢)خريطة طبوغرافية ثلاثية الأبعاد–شبكية

٢- خريطة التغطية(ON=blue/ OFF=red):

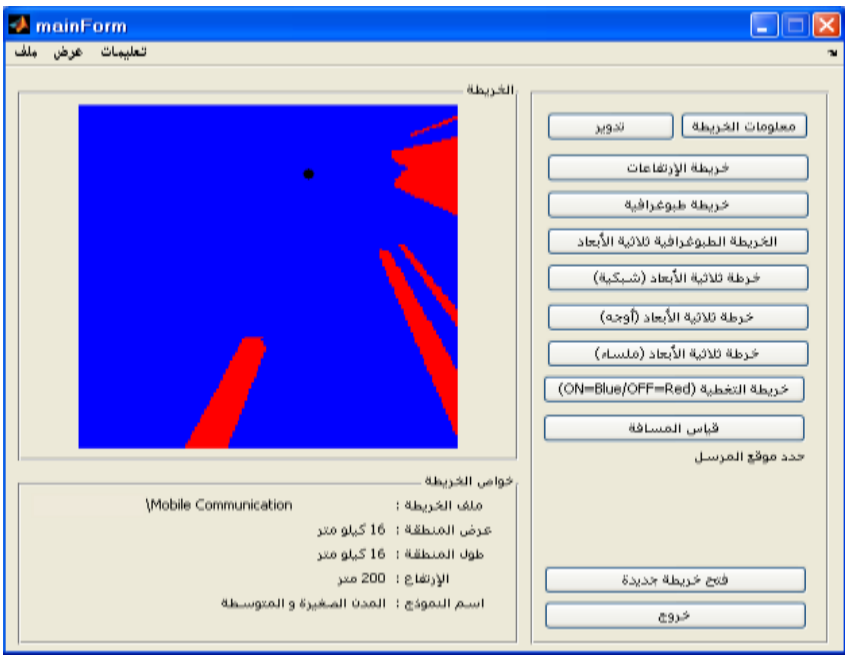
تظهر التغطية لخلية واحدة حيث أن اللون الأزرق يعني أن المنطقة مغطاة من قبل هوائي محطة الإرسال أما اللون الأحمر فيعني أن المنطقة غير مغطاة وعند تحريك هوائي محطة الإرسال يشاهد الفرق في تغطية المنطقة حسب موقع المرسل وكما يظهر في الأشكال (١٣،١٤،١٥) التالية:



الشكل (١٣) خريطة التغطية لناحية قره قوش (ON/OFF)

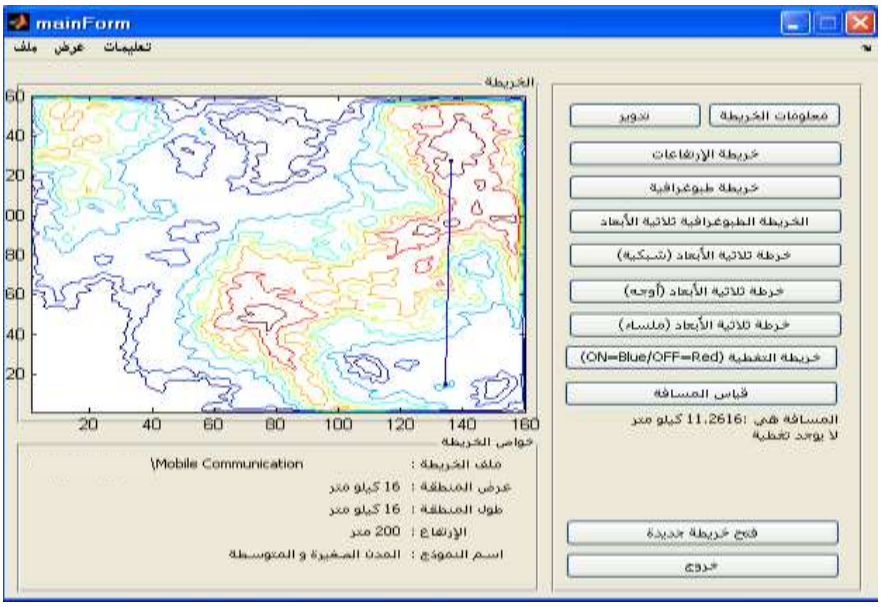


الشكل (١٤) خريطة التغطية لناحية القوش (ON/OFF)

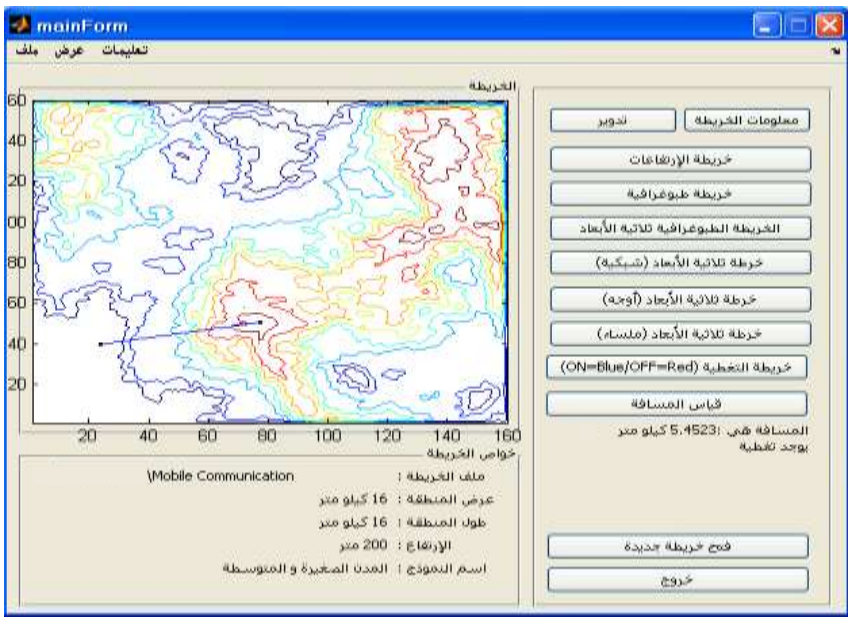


الشكل (١٥) خريطة التغطية لناحية بعشيقة (ON/OFF)

٦-٣- نتائج قياس المسافة بين المرسل والمستقبل: تم قياس المسافة بين المرسل (هوائي الإرسال لمحطة القاعدة) والمستقبل (جهاز الموبايل) من خلال تجربتين كما في الشكل (١٦،١٧).



الشكل (١٦) خريطة توضح المسافة بين المرسل والمستقبل مع <u>عدم وجود التغطية</u>.لتجربة (١)



الشكل (١٧) خريطة توضح المسافة بين المرسل والمستقبل مع وجود التغطية لتجربه (٢)

الاستنتاجات:

تبين من خلال هذا البحث أن النمذجة بطريقة Okumura مناسبة جدا لقياس مفاقيد الاتصال الخليوي للمدن الصغيرة ذات التضاريس المتباينة والتي خضعت لهذه الدراسة. كما أن المحاكاة بالماتلاب أعطت نتائج جيدة اعتمدت في التخطيط والتصميم لاختيار الأبراج والقدرة اللازمة لتامين الاتصال لهذه المدن، وان الواجهات الرسومية GUI المطبقة في البحث تعطي مرونة (إذا اعتمدتها شركات الاتصالات) في تسريع التصميم وتوفير خدمة الاتصالات الخليوية للمشتركين. تم ايضا حساب مفاقيد مسار الانتشار للإشارة المرسلة من هوائي محطة القاعدة وحتى هوائي المستقبل(جهاز الموبايل) وقد وقع الاختيار على نموذج الـ Okumura hata model لبساطة معادلات مفاقيد المسار فيه وكثرة استخدام هذا النموذج.

المصادر

[1] H. Wang et al, " *Data acquisition in distribution system with the GSM network* ", Power System Technology, IEEE 2002. Proceedings. PowerCon. International Conference on Vol: 3, PP: 1768- 1771, ISBN: 0-7803-7459-2.

[2] M. J. Van et al, " *Activation of Home Automation System via Mobile Technology* ", Institute of Technology and Engineering, new Zealand, Jan 2006.

[3] Gunnar Heine, *GSM Networks: Protocols, Terminology and Implementation*, Artech House, January 1999; ISBN 0890064717.

[4] *Introduction to GSM by Performance Technologies*, Accessed January, 2007. http://www.pt.com/products/gsmintro.html.

[5] Hamid Shahzad, Nishant Jain, *Internet Protocol based Mobile Radio Access Network Architecture for Remote Service Areas*, Masters of Science thesis, September 27, 2007.

[6] Gunnar Heine, *GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation*, 1999 ARTECH HOUSE, INC.685 Canton Street Norwood, MA 02062.

[7] C. Perkins, "*Mobile IP*", IEEE Communications Magazine, May 1997.

[8] D. Plassman, "*Location management strategies for mobile cellular networks of 3rd generation*", IEEE VTC '94, PP. 649-653, 1994.

[9] B. Walke, "*Mobile Radio Networks, Networking and Protocols*", J. Wiley, 1999.

[10] *GSM airlink information*, http://www.bryte.net/gsm/airlink.asp. Accessed 20th April 2003.

[11] A. Robert ," *THE CELLULAR CONNECTION* ", Fourth Edition, 2000, ISBNs: 0-471-31652-0, JOHN WILEY & SONS, INC.

[12] M. Mouly and M.-B. Pautet, *GSM Protocol Architecture: Radio Sub-system Signalling*, IEEE 41st Vehicular Technology Conference, 1991.

[13] M. Mouly and M. B. Pautet, "*Current Evolution of the GSM Systems*," IEEE Pers. Commun., vol. 2, no. 5, Oct. 1995, pp. 9-19.

[14] Yi-Bing Lin and Imrich Chlamtac, *Wireless and Mobile Network Architectures*, John Wiley & Sons, 2001.

[15] *Digital Cellular Telecommunication System, Enhanced Data Rates for GSM Evolution Project Plan and Open Issues for EDGE* (GSM 10.59, version 1.6), ETSI, 1997.

GSM Modeling and Simulation for Urban Area

Firas Shawkat Hamid
Computer Center , Technical Institute Mosul , Mosul , Iraq
(Received 17 / 1/ 2009 , Accepted 25 / 5 / 2009)

Abstract:

This paper is concerned about communication insurance in GSM system for Urban Area. The Urban Areas of study are: (karah-koush that topographic relief has mountains and mounds), (Ba'shikah that topographic relief has only mound) and (AL-koush has mountain topographic) at neniva province. the cartograms of those areas are supervised by geology science department in Salah Aldeen university (Irbil).

The Okumura Hata model is used to measure the power losses that are modeled for different locations. The aim is to identify the factors concerning transmission signal losses as well as evaluate the distance between the transmitter and receptor (mobile device). moreover the transmitting phenomena about the propagation path and path loss are studied.

On this bases a design of simulating program is implemented using the Matlab environment version 7.5 that dependent on the digital cartograms from URL Google Earth address with the aide of GIS program that associated with artograms, through this work that explain possibility to control for communication insurance Urban Area after moving the cell and test the suitable location and covered area for covering (power distribution for this location and the parameters that is related to signal losses. This study has gave a large compatible between the theoretical visibility and the simulation.