ARTICLE INFO
Article history:
Received 17 April, 2023
Accepted 01 May, 2023
Published 22 July, 2023

دراسة التوزيع المكاني لمحطات الاسعاف لمدينة بني وليد

إبراهيم الضراط، طه أبوعلي، عبدالحكيم دد، عبدالباسط الأحمر، موسى ابونعجبة، *إبراهيم بادي

الأكاديمية الليبية، مصراتة، ليبيا

i.badi@lam.edu.ly

ملخص

من المهم العمل على توفير أفضل الخدمات الصحية للمواطنين ضمن الموارد المتاحة لتحقيق تأثير إيجابي في نُظم الخدمات الصحية (Emergency Medical Services EMS)، ولتحقيق ذلك يجب الأخذ بعين الإعتبار العديد من النقاط الهامّة مثل تحديد مكان المواقع المركزية للطوارئ، وكذلك عدد الآليات التي يجب تخصيصها لهذه المواقع. تهدف هذه الورقة إلى تحديد التوزيع المكاني الأمثل للخدمات الصحية وتحسين الوضع الحالي في منطقة بني وليد في ليبيا. طبّق الباحثون نموذجًا رياضيًا يسمى نموذج تغطية مجموعة الموقع على مدينة بني وليد لتحديد المواقع الأكثر فعالية للخدمات الطبية. أظهرت دراسة الوضع الحالي في منطقة الدراسة أن نسبة التغطية لمحطات الطوارئ الحالية هي 98% في زمن الاستجابة 10 دقائق و57% في زمن الاستجابة 5 دقائق، مما يعني وجود جزء من المنطقة لم يتم تغطيتها في هذين الزمنين. باستخدام النموذج الرياضي المقترح تمّ الحصول على حد أدنى لعدد المحطات يبلغ 3 محطات عند زمن استجابة 10 دقائق و8 محطات عند زمن 5 دقائق بنسبة تغطية 100٪ من المساحة الكلية للمدينة، حيث نتج عن هذا النموذج توزيع المراكز بدقة مع ضمان تلبية كافة المساحات في المنطقة. يمكن أيضا تحسين الوضع الحالي باستخدام النموذج الرياضي عن طريق إضافة مركز واحد عند زمن استجابة 10 دقائق، و6 محطات إضافية عند زمن إستجابة 5 دقائق لتغطية 100٪ من منطقة الدراسة.

1. مقدمة

عادة عند وقوع حادث ما ووجود مصابين أو عند تعرض شخص لأزمة صحيّة يتم الاتصال سريعا بالاسعاف لتأتي سيّارة الاسعاف والمسعفين إلى مكان الحادث، حيث يقوم رجال الاسعاف بتوصيل المصاب أو المريض إلى المستشفى مع تقديم الاسعافات الاولية اللازمة التي في كثير من الأحيان تساعد في انقاذ أرواح كثير من المصابين وتحول دون حدوث مضاعفات للمصاب أو المريض. مع تطور التكنولوجيا وعلوم النمذجة أصبح بالإمكان بمساعدة الكمبيوتر إعداد نماذج رياضية لإيجاد توزيع مناسب لمراكز الإسعاف في منطقة معينة. في هذه الدراسة سيتم استخدام أحد هذه النماذج للحصول على أفضل توزيع لمحطات الإسعاف.

توجد العديد من الدراسات تهتم بتوزيع الخدمات العامة التي إعتمدت على بعض النظريات والأطر، مثل تيتز (Tietz) عام 1908 م[1]، و ماسام (Massam) عام 1972 م[2]، و بالم (Palm) عام 1981 م[3].

اقترحت بالم (Palm) في كتابها (جغرافية المدن الأمريكية) بعنوان استراتيجيات وخطط التوزيع العادل للخدمات والمرافق العامة، عدم معالجة كل موقع على حدة بل يجب مراعاة الحاجة للخدمات في مناطق الضغط وسرعة الوصول وتكلفة التوزيع، كما يجب إعادة توزيع المواقع الخدمية الحالية لضمان سرعة الوصول والتكامل بين الخدمات، حيثُ قدّمت إسهاما هاما في هذا الجانب والنظر إلى مواجهتها بنظرة شمولية لتحقيق التكامل فيما بينها بوصفها نظاما أو كيانا واحدا يكمل بعضه بعضا، ولتحديد تلك المواقع يجب مراعاة مدى الحاجة لهذه الخدمات عند إنشاء الأحياء الجديدة مع توقيع ذلك على الخريطة، مع الأخذ في الاعتبار كثرة الطلب على هذه الخدمة، وما يسمى بمناطق الضغط، وكذلك إمكانية وسرعة الوصول إلى ذلك الموقع الخدمي،

وإمكانية تقديم هذا المركز الخدمي لخدماته داخل نطاق مسؤولياته، وتكلفة ذلك من ناحية الوقت والجهد. في المقابل اقترحت إعادة توزيع المواقع الخدمية القائمة فعلا بما يحقق سرعة الوصول من ناحية، والتكامل بين الخدمات من ناحية آخري، كما في خدمات مراكز الإسعاف والمراكز الصحية، كما أكدت على أهمية الكثافة السكانية التي تعتبر عنصرا مهما من العناصر التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند توزيع تلك المراكز الخدمية [3].

أما دراسة السعيد فقد هدفت إلى معرفة نمط التوزيع لمواقع الاتصال من خلال هواتف العملاء سواء كان الاتصال دوليا أو داخليا، ومعرفة نوع العلاقة أيضا بين هذه الهواتف، والنشاط التجاري المتمثل في الأسواق المركزية والبنوك والمستشفيات تتراوح ما بين علاقة قوية ومتوسطة أو ضعيفة نسبيا. وتتفق دراسة السعيد [4] مع هذه الدراسة في اعتمادها على ثلاثة عناصر في التوزيع، وهذه العناصر الثلاثة هي المساحة، وعدد السكان، والزمن اللازم للوصول، لكنها تختلف عنها في أن مجال الدراسة الحالية يعتمد على توضيح أهمية التوزيع الجغرافي لخدمات مراكز الطوارئ في سرعة مواجهة الحالات الطارئة.

وبالتالي يمكن القول بأن توزيع الخدمات العادل يعتبر هو الأساس لتحقيق التوازن بين الخدمات والمجتمع، وبذلك يحق للمجتمع توفير جميع الخدمات اللازمة لتحقيق الرخاء والإطار الذي يمكن أن يجعل الأشخاص يشعرون بالرضا والإستقرار في مجتمعهم. تهدف هذه الورقة إلى الوصول لهذا الهدف من خلال توزيع مناسب لمراكز خدمات الإسعاف في مدينة بني وليد الليبية.

2. المنهجية

تمت الدراسة باستخدام البرمجة الخطية وهي عبارة عن أسلوب رياضي يستخدم لغرض تحقيق الأهداف التي تسعى إلى تحقيقها منظمات الأعمال سواء كان ذلك تعظيم (Maximize) قيمة دالة الهدف كما هو الحال في تعظيم العوائد النقدية المتوقعة في الخطة الإنتاجية، أو في حالة تقليل (Minimize) قيمة دالة الهدف كما هو الحال في تقليل التكاليف المترتبة عن تنفيذ العمليات الإنتاجية. يمكن إستخدام هذا الاسلوب لحل العديد من المشاكل مثل مشكلة اختيار أفضل استثمار، مشاكل النقل، مشاكل تخطيط الإنتاج. في هذه الدراسة سيتم استخدام هذا الأسلوب للحصول على أقل عدد من مراكز الإسعاف لتغطية 100% من منطقة الدراسة، حيث تمّ إستخدام نموذج LSCM Location Set Covering Model الذي أقترح بواسطة Toregas et al. في سنة 1971 [5]. الهدف من هذا النموذج هو تقليل عدد سيارات الإسعاف المطلوبة لتغطية نقاط الطلب، باشتراط أن كل عقدة (منطقة) تغطى بمركز واحد على الأقل. هناك العديد من الدراسات قامت بتحديد موقع خدمة الاسعاف [6–13]، والمعادلات 1–3 تمثّل النموذج المستخدم:

$$\text{Minimize} \quad \sum_{j \in w} Xj \qquad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{j \in wi} Xj \geq 1 \quad \forall i \in V \qquad (2)$$

$$Xj = (0,1) \ \forall j \in w \qquad (3)$$

حيث

Xj: متغير اتخاذ القرار

J: المراكز التي سيتم افتتاحها

W: مجموعة المراكز المحتملة

Wi: العقد التي يغطيها كل مركز

i : العقد (المناطق)

V: مجموعة نقاط الطلب

تمثل المعادلة (1) دالة الهدف في النموذج الرياضي، حيث يهدف النموذج إلى تقليل عدد مراكز الإسعاف إلى حدها الأدنى. ويضمن القيد الموضح في المعادلة (2) تغطية نقاط الطلب على الأقل بمركز واحد. أما القيد في المعادلة (3) فيمثل متغير ثنائي.

تمّ إستخدام برنامج Microsoft Excel لحل نموذج التغطية الشاملة LSCM بإستخدام الحل الذاتي المتكامل، وهي دالة تساعد في العثور على الحل

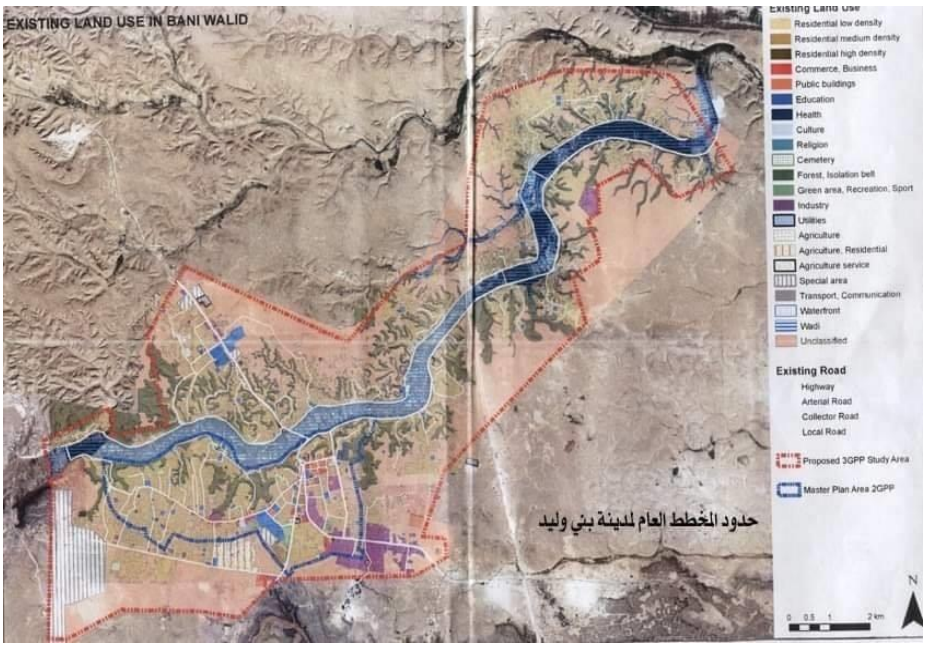
الأفضل للمشكلة الخاصة بالتغطية الشاملة التي يريد استخدامها النموذج.

عند استخدام الدالة الخاصة بالحل الذاتي المتكامل، يجب تحديد الشرط الأساسي الذي يشكل المشكلة الخاصة بالتغطية الشاملة والشروط الثانوية الأخرى التي تمثّل الشروط التي يجب التلائم معها، ثم يجب تحديد المتغيرات التي تشكل الحل الذي يُرغب في الحصول عليه، مثل مواقع المحطات وعددها.

بعد تحديد الشروط والمتغيرات يتم البحث عن الحل الأفضل.

3. الحالة الدراسية:

تّم إختيار مدينة بني وليد التي تقع في الشمال الغربي من ليبيا وتبعد عن طرابلس بحوالي 180 كم باتجاه الجنوب الشرقي لعمل هذه الدراسة لغرض تحديد إحتياجات المدينة لمواقع محطات الإسعاف بالأخذ في الإعتبار مساحة المدينة، وسرعة سيارة الإسعاف المتوقعة للوصول إلى الحالة، وكذلك الزمن المستهدف للوصول، الشكل (1) يبيّن خريطة المخطط العام لمدينة بني وليد



شكل (1) صورة الأقمار الصناعية للمخطط العام لمدينة بني وليد

تم تقسيم حدود الخريطة الي مربعات بحيث يمتل كل مربع مساحة 1 كيلومتر مربع، كما موضح بالشكل (2).

شكل (2) تمثيل الحدود الإداريّة لمدينة بني وليد عن طريق برنامج

من الشكل رقم (2) يمكن ملاحظة الخلايا الممثلة لخريطة المدينة حيثُ أنّ كل خليّة تمثل (1 كم) كما تم ترقيم المحور الافقي والمحور الرأسي للحصول على احداثي أي خلية كنقطة (x،y)، ومن ثم القيام بتجهيز جدول يحتوي على متغيرات دالة الهدف التي هي عبارة عن احداثيات الخلايا المشغولة بالخريطة للحصول على أقل عدد من مواقع محطات الإسعاف التي تغطّي المساحة المستهدفة، كذلك الاخذ في الإعتبار القيود الخاصة بنموذج (LSCM) وهي:

- أن مجموع المتغيرات أكبر من أو يساوي الصفر.
- معاملات دالة الهدف إمّا أن تكون صفرا أو واحد (Binary).

وكذلك فرضيّات الدراسة الآتية:

- متوسط سرعة السيارة (30 كم/ساعة) .
- إهمال الوادي الموجود في المدينة.

كما تمّ استعمال المعادلات التالية في العمل:

المسافة التي ستقطعها سيارة الاسعاف خلال زمن معين r يمكن ايجادها من العلاقة التالية:

$$r = V * t$$

حيث:

V = سرعة سيارة الإسعاف في طريقها إلى مكان الطلب

t= أقل زمن للوصول إلى مكان الطلب

وتم حساب المسافة بين أي نقطتين باستعمال المعادلة التالية [14]:

$$S2 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

حيث ان :

x_1, y_1 احداثيات النقطة الاولى

x_2, y_2 احداثيات النقطة الثانية

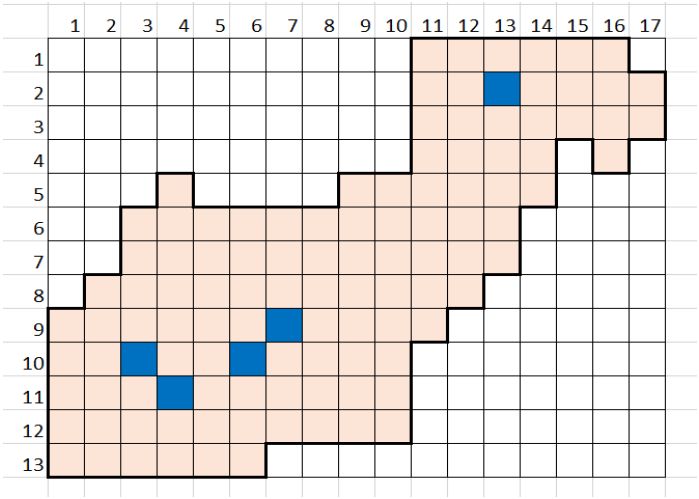
تم العمل على هذة الدراسة من ثلاثة جوانب وهي:

1. دراسة الوضع الحالي.
2. إعادة توزيع محطات الإسعاف بالإستناد إلى نموذج (LSCM) .
3. تحسين الوضع الحالي بالإستناد إلى نموذج (LSCM).

4. مناقشة النتائج

أ. دراسة الوضع الحالي

يوضح الشكل (3) الوضع الحالي لمحطات الإسعاف، حيث يمكن ملاحظة أنّ هناك (5) محطات اسعاف موزّعة في الخريطة يرتكز (4) محطات منها في الجزء الجنوبي من المدينة.



شكل (3) صورة للخريطة تبيّن الوضع الحالي لمحطات الإسعاف

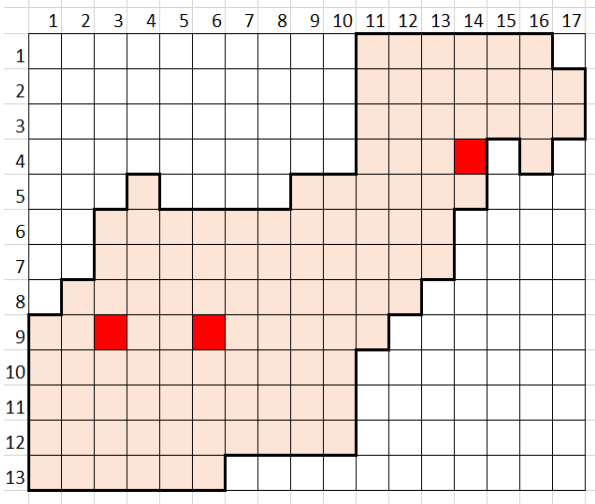
ومن خلال دراسة الوضع الحالي يمكن تلخيص النقاط التالية:

- خلال زمن استجابة قدره (10) دقائق بمكن أن تغطي محطات الاسعاف 98% من المناطق الموجودة.
- خلال زمن استجابة قدره (5) دقائق بمكن أن تغطي محطات الاسعاف 57% من اجمالي المناطق.

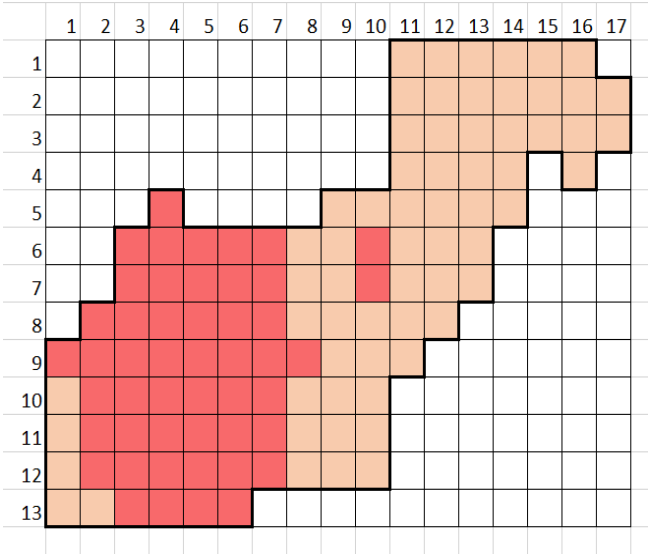
ب. إعادة توزيع محطات الإسعاف بالإستناد الى نموذج (LSCM) :

<u>أولاً : المحطات المطلوبة لتغطية كامل المناطق في زمن استجابة (10) دقائق</u>

يوضح الشكل رقم (4) أنّه خلال زمن استجابة (10) دقائق نحتاج لعدد (3) محطات لتغطية المدينة بالكامل. ويبين الشكل رقم (5) تمييز المناطق التي سيتم تغطيتها بمحطه واحدة باللون الفاتح وهي بنسبة 56% من اجمالي المحطات، أمّا اللون الغامق يوضّح المناطق التي سيتم تغطيتها بمحطتيْ اسعاف وهي تمثّل نسبة 44% من اجمالي المحطات



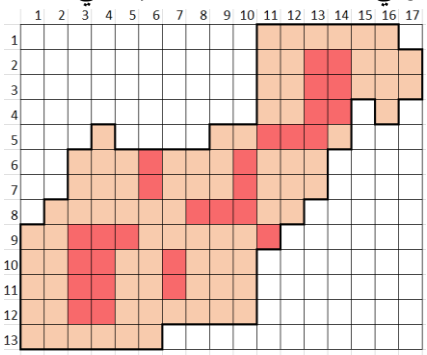
الشكل رقم (4) يمثل اللون الأحمر عدد المحطات اللازمة خلال زمن 5 دقائق



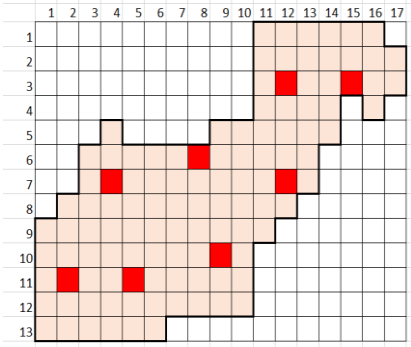
الشكل رقم (5) تمييز المناطق التي سيتم تغطيتها بمحطه واحدة أو بمحطتين

ثانياً : المحطات المطلوبة لتغطية كامل المناطق في زمن استجابة 5 دقائق

يوضح الشكل رقم (6) أنّه خلال زمن استجابة (5) دقائق هناك حاجة لعدد (8) محطات اسعاف لتغطية المدينة بالكامل، بينما يبين الشكل رقم (7) تمييز المناطق التي سيتم تغطيتها بمحطه واحدة باللون الفاتح وهي بنسبة 75% من اجمالي المحطات، أمّا اللون الغامق يوضّح المناطق التي سيتم تغطيتها بمحطتيْ اسعاف وهي تمثّل نسبة 25% من إجمالي المحطات



الشكل رقم (6) يمثل اللون الأحمر عدد المحطات اللازمة خلال زمن 5 دقائق



الشكل رقم (7) تمييز المناطق التي سيتم تغطيتها بمحطه واحدة وبمحطتين

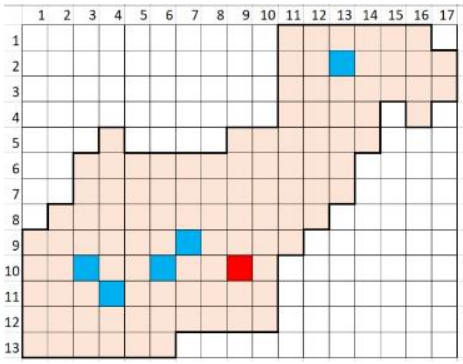
ج. تحسين الوضع الحالي بالإستناد إلى نموذج (LSCM)

ولمحاولة تحسين الوضع الحالي من حيثُ نسبة تغطية محطات الإسعاف للمناطق خلال الزمنين (05 و 10) دقائق وبأقل عدد من المحطات باستخدام نموذج (LSCM) مع الإبقاء على المحطات الحالية، تمّ تعديل الصيغة الرياضيّة السابقة لتضمن وجود المحطات الحالية وعدم حذفها، ويمكن عرض نتائج الحالتين على النحو التالي:

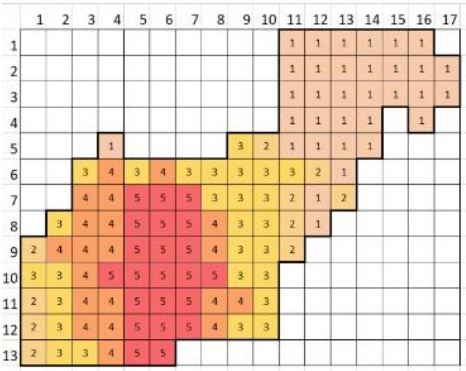
أولاً: المحطات المطلوب إضافتها لتغطية كامل المناطق في زمن استجابة 10 دقائق

يوضح الشكل رقم (10) أنّه خلال زمن استجابة (10) دقائق هناك حاجة لإضافة محطة اسعاف واحدة فقط (المشار إليها باللون الأحمر) لتغطية المدينة بالكامل.

بينما يبين الشكل رقم (9) كل منطقة وعدد المراكز التي ستقوم بتغطيتها .



الشكل رقم (8) عدد المحطات اللازمة خلال زمن 5 دقائق

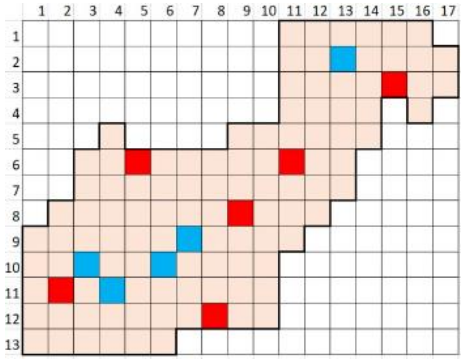


الشكل رقم (9) يوضح كل منطقة وعدد المراكز التي ستقوم بتغطيتها

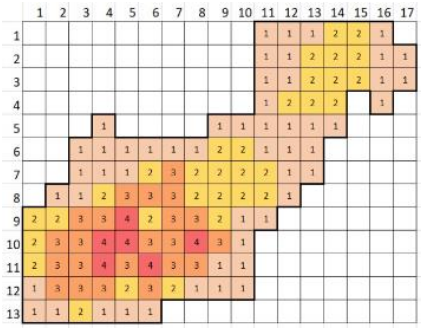
ثانياً: المحطات المطلوبة لتغطية كامل المناطق في زمن استجابة 5 دقائق

يوضح الشكل رقم (10) أنّه خلال زمن استجابة (5) دقائق هناك حاجة لإضافة عدد (6) محطات اسعاف (المشار إليها باللون الأحمر) لتغطية المدينة بالكامل.

بينما الشكل رقم (11) يوضح كل منطقة وعدد المراكز التي ستقوم بتغطيتها .



الشكل رقم (10) عدد المحطات اللازمة خلال زمن 5 دقائق



الشكل رقم (11) يوضح كل منطقة وعدد المراكز التي ستقوم بتغطيتها

والجدول (1) يبين ملخص النتائج التي تم الحصول عليها.

جدول (1) مقارنة بين الوضع الحالي وتوزيع المحطات بالنموذج وتحسين الوضع الحالي

	الوضع الحالي			اعادة توزيع المحطات			تحسين الوضع الحالي		
زمن الاستجابة	عدد محطات الاسعاف	المناطق المغطاة	نسبة التغطية	عدد محطات الاسعاف	المناطق المغطاة	نسبة التغطية	عدد محطات الاسعاف	المناطق المغطاة	نسبة التغطية
5 دقائق	5	64	%57	8	112	%100	11	112	%100
10 دقائق		110	%98	3	112	%100	6	112	%100

1. الخلاصة:

إن اختيار مواقع الخدمات المختلفة يخضع للعديد من المعايير التي يجب أخذها في الاعتبار عن التخطيط لاختيارها. ولعل الأمر يصبح أكثر تعقيدا عن ارتباطه بأرواح الناس، كما هو الحال عند اختيار مواقع مراكز خدمات الإسعاف. توجد العديد من النماذج التي يمكن استخدامها بنجاح لحل مثل هذه المسائل المعقدة، وقد تم اختبار أحدها في هذه الدراسة. تم تطبيق هذا النموذج على أحد المدن الليبية، حيث بدراسة الوضع الحالي لمراكز افسعاف في المدينة تبيّن أنّ نسبة تغطية محطّات الإسعاف الموجودة هي 98% في زمن إستجابة (10) دقائق و57 % في زمن إستجابة 5 دقائق، أي أنه هناك نسبة عالية من المناطق سيكون زمن الإستجابة فيها أكثر من هذا الزمن وهذا سيقلل فرصة إنقاذ حياة الناس. وعند الإستناد إلى نموذج (LSCM) تمّ الحصول على أقل عدد ممكن من المحطات (3) محطات عند زمن استجابة (10) دقائق و(8) محطات عند زمن استجابة (5) دقائق وهي تغطي نسبة 100% من المنطقة، وهذا هو الحل الأمثل لتحسين مواقع الخدمات حيث يعمل هذا النموذج علي التوزيع الأمثل للمراكز بأقل عدد ممكن ويضمن تغطية كامل محل الدراسة. تم أيضا إجراء التحسين على الوضع الحالي عن طريق إضافة مركز واحد عند زمن استجابة (10) دقائق، أما عند زمن (5) دقائق فيجب إضافة عدد (6) محطات بالإضافة إلى (5) محطات السابقة ليصبح العدد الإجمالي (11) محطة حتى يتم تغطية 100% من المنطقة.

2. المراجع:

[1] Tietz,M.B. “Towads ATheory of Urban Facility Location” papers of the Regional science Association, Vol .12.1968.PP.35-52.

[2] Massam, B “The Spatial Structure of Administative System”, Association of American Geographers. Research Paper, No 12 Wash in gton. 1972.

[3] Palm, R, “The Geography of American Cities”, Oxford University Press, 1981.

[4] السعيد، صبحي أحمد قاسم، "خدمات هواتف العملة في مدينة الرياض"

[5] Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C. and Bergman, L., 1971, “The location of emergency service facilities,” Operations research, 19(6), pp.1363-1373.

[6] Aringhieri, R., Bruni, M.E., Khodaparasti, S. and van Essen, J.T., 2017, “Emergency medical services and beyond: Addressing new challenges through a wide literature review,” Computers & Operations Research, 78, pp.349-368.

[7] Bandara, D., Mayorga, M.E. and McLay, L.A., 2014, “Priority dispatching strategies for EMS systems” Journal of the Operational Research Society, 65(4), pp.572-587.

[8] Leknes, H., Aartun, E.S., Andersson, H., Christiansen, M. and Granberg, T.A., 2017, “Strategic ambulance location for heterogeneous regions. European Journal of Operational Research,” 260(1), pp.122-133.

[9] Brotcorne, L., Laporte, G. and Semet, F., 2003, “Ambulance location and relocation models,” European journal of operational research, 147(3), pp.451-463.

[10] Current J, Daskin M, Schiling D 2001, “Discrete network location problem,” in: Drezner Z, Hamacher HW (eds.), Facility Location: Aplication and Theory, SpringerVerlag, pp. 84 – 120.

[11] Moeini, M., Jemai, Z., & Sahin, E. 2015. “Location and relocation problems in the context of the emergency medical service systems: a case study,” Central European Journal of Operations Research, 23(3), 641-658.

[12] Dibene, J.C., Maldonado, Y., Vera, C., Trujillo, L., de Oliveira, M. and Schütze, O., 2017, “The ambulance location problem in Tijuana, Mexico,” In NEO 2015, pp. 409- 441.

[13] Amponsah, S.K., Amoako, G., Darkwah, K.F. and Agyeman, E., 2011, “Location of ambulance emergency

medical service in the Kumasi metropolis, Ghana," African Journal of mathematics and computer science research, 4(1), pp.18-26.

[14] Abdul Ghani, N., Ahmad, N.: "Analysis of MCLP, Q-MALP, and MQ-MALP with travel time uncertainty using Monte Carlo simulation." Journal of Computational Engineering, 2017, 1–15.