

تطبيق نماذج التغطية للتحديد الأمثل لعدد ومواقع مراكز الرعاية الطبية في ظل انتشار وباء كورونا كوفيد-19

Application of coverage models for optimal determination the number and locations of medical care centers in light of the spread of the epidemic of corona-covid19

نور الدين قدوري
جامعة المسيلة – الجزائر
nor.khadori.28@hotmail.com

فيروز زروخي
جامعة الشلف – الجزائر
fairouzma@yahoo.fr

عيسى حجاب
جامعة المسيلة – الجزائر
hadjab80@gmail.com

تاريخ النشر: 2020/09/30

تاريخ القبول: 2020/09/05

تاريخ الاستلام: 2020/06/13

الملخص:

نحاول من خلال هذه الدراسة استعمال نماذج التغطية للتحديد الأمثل لعدد ومواقع مراكز الرعاية الطبية التي يمكن استخدامها كمراكز علاج وعزل للمصابين بفيروس (كورونا كوفيد-19) المستجد، بحيث تغطي هذه المراكز أغلبية الساكنة في أقل وقت وتحقيق أفضل استخدام ممكن للموارد المحدودة المتاحة على رأسها الأطباء المختصين وأسرة الانعاش الضرورية. وقد قمنا بتطبيق نماذج التغطية باعتبارها الأنسب لمثل هذه الحالات على ولاية المسيلة من خلال دوائرها الإدارية وحساب المسافات الطرقية بينها ثم حددنا نصف القطر بمسافة تغطية قدرها 74 كلم، إضافة لعدد سكانها، حيث وجدنا من خلال تطبيقنا لهذه النماذج، وجوب تحديد ثلاثة مراكز للرعاية الطبية لتغطية السكان بنسبة 100%، والتي يمكن جعلها في مركزين فقط يقعان في دائرتي المسيلة وبوسعادة بنسبة تغطية وقدرها 90.5%. وعلى ضوء هذه النتائج يمكن تقديم توصية هامة لمصالح الولاية لتبني هذه الحلول في هذه الجائحة وفقا لإمكانياتها المتاحة، خاصة في ظل شح الموارد.

- الكلمات المفتاحية: موقع أمثل؛ عدد أمثل؛ نماذج تغطية؛ وباء كورونا كوفيد-19؛ مركز رعاية طبية.
- تصنيف JEL : C6 ; I18 ; H75 ; R53.

Abstract:

This study aims to use coverage models to determine the optimal number and location of medical care centers that can be used as treatment and isolation centers for people with (corona-covid19) virus, these centers cover the majority of the population in the shortest time and achieve the best possible use of the limited resources of specialized doctors and the Recovery beds.

We have applied the coverage models as the most appropriate for such cases to the state of Msila through its administrative "dayras" and calculating the road distances between them. Then we determined the radius with a coverage distance of 74 km, in addition to its population, we found through our application of these models, the necessity of determining Three medical care centers to cover the population 100%, which can be placed in only two places in the "dayras" of Msila and BouSada, with a coverage rate of 90.5%. In light of these results, an important recommendation can be made to the "wilaya's" administration to adopt these solutions in this pandemic according to its available capabilities, especially in light of the scarcity of resources.

- **Keywords:** optimal site; optimal number; coverage models; corona-covid19 virus; Medical care center.
- **Jel Classification Codes :** C6; I18; H75; R53.

المؤلف المرسل: عيسى حجاب، الإيميل: hadjab80@gmail.com

- تمهيد :

في الثلاثين (30) من شهر جانفي سنة (2020) أعلنت منظمة الصحة العالمية تفشي فيروس COVID-19 كطوارئ سادسة للصحة العامة ذات أهمية دولية، بعد فيروس H1N1 (2009)، زيكا (2016)، شلل الأطفال (2014)، إيبولا (ebola) في غرب أفريقيا (2014) وفي جمهورية الكونغو الديمقراطية (2019). (Yoo, 2020).

والى غاية الثلاثين من افريل (2020) تم تسجيل 3,300,062 اصابة، 233,639 حالة وفاة بنسبة 18%. وتم تسجيل 1,037,913 حالة شفاء على مستوى العالم (2020). (<https://www.worldometers.info/coronavirus/>, 2020).

ففي ولاية كولاية المسيلة التي يزيد سكانها عن المليون والمائة الف نسمة، موزعين على خمسة عشر دائرة (2020، <http://www.wilaya-msila.dz/>)، حيث تسجل مسافة 187 كلم بين اقصى مركزي دائرتين، مما يجعل من الاستحالة بما كان، انشاء 15 مركزا للرعاية الطبية توفر اطباء مختصين واجهزة انعاش بالوفرة اللازمة، بينما يتوقع السكان توفر هذه المراكز لتوفير الخدمات الطبية في الوقت المناسب، فيصبح من الصعب تحقيق هذا التوقع بسبب محدودية الموارد المتاحة المادية منها والبشرية وعوامل أخرى مثل الميزانية الحكومية، لذلك، يصبح تحديد مواقع مراكز الاستجابة للحالات المستعجلة بكفاءة مسالة في غاية الاهمية لازتباطها بالأرواح.

وامام هذه الندرة لا بد من الاستعانة بالتقنيات العلمية لتحديد هذه المراكز لتضمن تغطية طلبات السكان وعلى راسها نماذج التغطية لاعتبارها من نماذج الموقع الأكثر استخدامًا لحل مسألة موقع مركز الرعاية الطبية، ويتكون من نموذجين نموذج موقع مجموعة التغطية المقترح من (Toregas et al, 1971)، ونموذج موقع التغطية القصوى المقترح من قبل (Church et al, 1974).

في نماذج التغطية، لا يتم تقديم الخدمة بالضرورة من قبل أقرب مركز للرعاية الطبية يتم تعيين موقع الطلب إليه، ولكن يجب أن يتم خدمة طالب الخدمة بواسطة مركز واحد على الأقل ضمن مسافة حرجة معينة، وقد تم استخدام نماذج التغطية على نطاق واسع في نماذج الخدمة العامة مثل الخدمات الطبية الطارئة والمدارس ومرافق الرعاية الصحية (Chekuri et al, 2004, p 2322).

مشكلة الدراسة: من العوامل المهمة في تحديد أداء الرعاية الطبية ليس فقط جودة الخدمة المقدمة ولكن أيضا التوقيت المناسب لتقديمها أو وقت الاستجابة، حيث يمكن أن يعني وقت التدخل السريع الفرق بين الحياة والموت (Chanta et al, 2011).

وفي ظل تفشي وفاء خطير وقاتل ومعدي كوباء كورونا كوفيد-19، وازدياد اقبال المواطنين بشكل كبير ومتواصل على مراكز الخدمات الطبية، وفي ظل قيود متعددة كمحدودية عدد اسرة الانعاش واجهزة التنفس الاصطناعي واطباء التخصص، قد يؤدي هذا الى حرمان بعض المواطنين من هذه الخدمة خاصة المواطنين المتواجدين في مناطق معزولة وبعيدة عن مركز الولاية، يقودنا هذا الى طرح اشكالية موضوعنا في السؤال التالي:

ما هو الموقع الأمثل لمراكز الرعاية الطبية وعددها والتي تضمن تغطية سكان ولاية المسيلة في اقل وقت وأقصر مسافة في ظل تفشي وباء كورونا كوفيد-19؟

فرضية الدراسة: في ضوء الطرح السابق لإشكالية الدراسة، يمكن أن طرح الفرضية التالية:

يمكن ضمان تغطية من 90% إلى 100% لسكان ولاية المسيلة بأقل عدد ممكن من مراكز الرعاية الصحية ضمن مسافة تغطية محددة.

أهمية الدراسة: تكمن أهمية هذه الدراسة في جملة من النقاط نورد أهمها:

- تركيز الاهتمام على خدمات الرعاية الصحية لتغطية طلبات المواطنين من هذه الخدمة وفي زمن قياسي لحفظ الأرواح؛

- التعرف على نماذج التغطية المستخدمة في تحديد المواقع المثلى لمراكز الرعاية الطبية وعددها؛

- تطبيق الأساليب العلمية الحديثة المتمثلة في نماذج التغطية باعتبارها من أهم أساليب بحوث العمليات لتطبيقها على ارض الواقع لتحديد المواقع المثلى لمرافق الخدمات الطبية الاستعجالية وعددها خاصة عند تفشي وباء معدي وقاتل مثل وباء فيروس كورونا كوفيد-19.

أهداف الدراسة: يمكن ذكر اهم اهداف هذه الدراسة في:

- تحديد المواقع المثلى لمراكز الرعاية الطبية وعددها في ولاية المسيلة، بحيث يستطيع المواطن طالب هذه الخدمة الوصول للمركز في أقصر زمن ممكن، في ظل محدودية الموارد والارتفاع الكبير لطلبات المواطنين للخدمة الطبية مع انتشار وباء كورونا كوفيد-19 ؛

- التعرف على نماذج التغطية المستخدمة في مجال توفير الرعاية الصحية.

حدود الدراسة: لهذه الدراسة ثلاثة حدود هي:

الحدود المكانية: تمت الدراسة بولاية المسيلة بدولة الجزائر؛

الحدود الزمانية: غطت هذه الدراسة سنة 2019، والأربعة أشهر الأولى من سنة 2020؛

الحدود الموضوعية: استخدمت هذه الدراسة نماذج التغطية باعتبارها من أهم نماذج تحديد الموقع والاكثر استخداما في الحالات الطبية واسعة النطاق خاصة في حالة انتشار الاوبئة كوفيد-19.

الدراسات السابقة:

• دراسة (Jia et al, 2007): قامت هذه الدراسة بالتحقيق في نموذج موقع التغطية القصوى، والذي يعالج خصائص فريدة لحالات الاستعجالات واسعة النطاق من خلال تزويد كل نقطة طلب بعدد من المرافق الموجودة على مستويات مختلفة. كما قامت بتطوير ثلاثة استدلالات لحل هذه المسألة بطريقة فعالة. حيث تم اختبار النماذج المدروسة والاستدلال المطور باستخدام مثال طوارئ للجمرة الخبيثة في مقاطعة لوس أنجلوس.

أشارت النتائج إلى قدرة جيدة للنموذج في تحسين التغطية السكانية وتقليل الخسائر في الأرواح أثناء حالات الاستعجالات واسعة النطاق. كما قدمت الدراسة التسلسل الذي يجب أن تفتح فيه المرافق استجابة لحالة طوارئ واسعة النطاق. وخلصت إلى إن إرشادات الخوارزمية الجينية العامة أكثر ملاءمة لحل مسائل الموقع ذات الأحجام الصغيرة بينما يعتبر LR Heuristic و LocAlloc heuristic أكثر ملاءمة لمسائل الموقع ذات الأحجام الأكبر.

• دراسة (Huang et al, 2011): تناولت هذه الدراسة نموذج الموقع لخدمات الاستعجالات الطبية في حالة وقوع كارثة، مستخدما نموذج (p-center) مع افتراض إضافي أن المرفق في نقطة الطلب يفشل في الاستجابة للطلبات الناشئة من نفس النقطة، حيث هدفت إلى توفير هيكل نموذج عام لموقع المرفق في حالة الطوارئ واسعة النطاق بشكل عام. بالتركيز على الاختلاف بين مسألتي p-center و p-LSECP، استنادا لافتراض الاضافي الذي تعبره الدراسة أكثر واقعية بمعنى أن عددًا كبيرًا من السكان في منطقة متأثرة يحتاجون إلى خدمة الطوارئ بينما يتم تجهيز مرفق الخدمة بشكل نموذجي. فالافتراض القائل بأن المرفق في نقطة الطلب لا يمكنه الاستجابة لطلباته قد سجل زيادة بحوالي 20-30٪ في المتوسط في قيمة دالة الهدف من الفرق النسبي بين مسألة (p-center) و p-LSECP في النتائج الحسابية. من خلال تحديد مواقع للمزيد من المرافق في الكارثة، يمكن ل-p-LSECP تحديد موقع بعض المرافق حتى بعيدًا عن السكان مقارنة بنموذج p-center.

• دراسة (Rabello et al, 2012): هدفت هذه الدراسة إلى البحث عن الحلول المثلى المقترحة من قبل نماذج مواقع مرافق الرعاية الصحية وتنفيذها كتجربة حقيقية في المدينة البرازيلية لمواجهة تكوين المواقع الحالية، وبعد تطبيق أهم نماذج الموقع، أظهرت النتائج فعالية النماذج، في جميع المعايير التي تم أخذها في الاعتبار: تقليل المسافة، تقليل التكلفة، زيادة التغطية إلى أقصى حد وتقليل المسافة القصوى. واعتبرت أن افضل نموذج هو p-median الذي استطاع تغطية 85٪ من السكان الذين يخدمهم مرفق يقع على مسافة أقل من 2 كم، وثانيا نموذج التغطية القصوى بنسبة (77.9٪)، ثالثا نموذج مجموعة التغطية بنسبة 77.7٪، رابعا واخيرا نموذج p-center بنسبة تغطية 76٪ من السكان، لنفس المسافة المعيارية.

• دراسة (Amoaka et al, 2012): قدمت هذه الورقة دراسة حالة لمسألة موقع سيارات الإسعاف في بيئة حضرية في مدينة كوماسي في غانا تم تطبيق مسألة موقع التغطية القصوى غير الخطية (MEXCLP). ولحل هذه المسألة، استعمل الخوارزمية الجينية كطريقة حسابية، واحتمال أن يكون الخادم مشغولاً على نطاق النظام عندما يتم استدعاؤه للخدمة. حيث تتكون الشبكة من 54 نقطة طلب من بينها موقع سيارات الإسعاف وتم اختيار هذه النقاط بناءً على نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، وكان متوسط وقت الاستجابة الذي يعد معلمة مهمة في نظام إدارة الرعاية الصحية في الدراسة 12 دقيقة، وكان نصف قطر التغطية المحسوب من بيانات 5 أشهر في الوقت 12 دقيقة هو 8 كم وفي 10 دقائق 7 كم، تظهر نتائج الحل الأمثل لتحديد موقع 7 سيارات إسعاف في المراكز الفرعية لمدينة كوماسي، بدلا من 5 سيارات كما كان عليه الحال سابقا.

• دراسة (Afshari et al, 2014): تناولت هذه الورقة مسائل موقع الرعاية الصحية، وقامت بتلخيص الأساليب والتطبيقات لموقع مرفق الرعاية الصحية حيث لاحظت أن العديد من نماذج الموقع الحالية تم تطويرها لتغطية الحاجة لحالات خاصة، مثل القدرة على تغطية النماذج للحاجة إلى مواقع مرافق الاستعجالات. واخرى أن التكلفة والكفاءة هما معياران مهمان لخدمات الرعاية الصحية لتقليل إجمالي مسافة التنقل بين المرضى ومرفق الرعاية الصحية. ففي تخطيط الرعاية الصحية مثل موقع الخدمات المتخصصة المصحوبة بحدود الميزانية، يتم تطبيق نماذج P-median بشكل شائع مع النتائج المتوقعة. ومن أجل إنشاء أو تحسين شبكة من خدمات الرعاية الصحية الوقائية، تعتبر التغطية والمسافة تدابير أساسية للحل الأمثل. يجب تحديد مواصفات كل حالة لتحديد النموذج الأنسب، ويمكن استخدام مقاييس أداء مختلفة لتقييم النموذج.

• دراسة (Karatas et al, 2016): قامت هذه الدراسة بتقييم أداء مسألتين تقليديتين لموقع المرفق هما مسألة p-median و p-(MP) ومسألة التغطية القصوى (MCLP)، بموجب متطلبات تغطية Q فيما يتعلق بعدد من المعايير من خلال توليد سيناريوهات متعددة وحل كل سيناريو من خلال كل من نماذج الموقع لقيم Q ومسافة تغطية r المختلفة. من أجل إنشاء مقارنة عادلة للنماذج،

قامت الدراسة بتقييمها بشكل أساسي لمعرفة متوسط المسافات إلى التغطية الأولية و/أو التغطية الاحتياطية بالإضافة إلى نسبة الطلب مع التغطية الأولية و/أو الاحتياطية.

تظهر النتائج أنه بشكل عام يتفوق p-MP على MCLP في أربعة معايير من أصل خمسة وبالتالي، فإن صانع القرار الذي يريد تقليل المسافة المتوسطة للمنشآت المعينة أثناء محاولته زيادة نسبة مواقع الطلب ذات التغطية الأولية على الأقل يجب أن يفضل p-MP على MCLP، وتزداد فعالية MCLP مع زيادة متطلبات مستوى تغطية Q و r.

من خلال هذه الدراسات يتبين ان نماذج التغطية بنوعها هي الملائمة لمثل حالتنا حيث تعتمد على توفير الحد الاقصى من تغطية طلبات السكان ضمن مسافة تغطية معينة تخضع لمساحة المنطقة المدروسة، خاصة في ظل محدودية الموارد.

1.1- تاريخ الأوبئة في العالم وعدد الوفيات:

لو رجعنا للتاريخ لوجدنا ان هناك العديد من الاوبئة ذات طبيعة فيروسية معدية قد ضربت العالم متسببة في وفاة ملايين من البشر، ويمكن ذكر اهم هذه الاوبئة في الجدول التالي:

الجدول (01): اهم الاوبئة التي ضربت العالم منذ الميلاد الى اليوم

الوباء	الفترة الزمنية	اماكن الانتشار	عدد الوفيات
الطاعون الأنطوني	165-180	اوربا وغرب آسيا	5-10 مليون
وباء الجدري الياباني	735-737	اليابان	02 مليون
طاعون جستنيان	541-542	اوربا وغرب آسيا	25-100 مليون
الموت الاسود	1347-1351	اوربا، آسيا وشمال افريقيا	57 الى 200 مليون
الطاعون العظيم في لندن	1665	انجلترا	100,000
الطاعون الايطالي	1629-1631	ايطاليا	280,000
الطاعون العظيم في مرسيليا	1720-1722	فرنسا	اكثر من 100,000
الطاعون الفارسي	1772	بلاد فارس	اكثر من 02 مليون
أوبئة الكوليرا 1-6	1817-1923	حول العالم	اكثر من 1 مليون
الطاعون الثالث	1855-1860	حول العالم خاصة الهند والصين	اكثر من 12 مليون
الحى الصفراء	أواخر القرن 19	الو م أ	100,000- 150,000
الانفلونزا الروسية	1889-1890	روسيا	01 مليون
الانفلونزا	1889-1890	حول العالم	1,000,000
جائحة الكوليرا السادس	1899-1923	أوروبا، آسيا وأفريقيا	اكثر من 800,000
جائحة الالتهاب الدماغى الخمول	1915-1926	حول العالم	1,500,000
الانفلونزا الاسبانية	1918-1919	حول العالم	40-50 مليون
الانفلونزا الاسيوية النوع الفرعي من فيروس الإنفلونزا H2N2	1957-1958	حول العالم	02 مليون
انفلونزا هونغ كونغ	1968-1970	حول العالم	01 مليون
فيروس نقص المناعة البشرية/ الإيدز HIV/AIDS	منذ 1981	حول العالم	25-35 مليون
انفلونزا الخنازير	2009-2010	حول العالم	200,000
SARS	2002-2003	الصين، هونغ كونغ، كندا، سنغافورة، تايوان	770
Ebola	2014-2016	تتركز في غرب أفريقيا	11,300
متلازمة الشرق الأوسط التنفسية (MERS)	منذ 2012	الشرق الاوسط وانحاء العالم	862 الى غاية 2020/01/13
حى الضنك	منذ 2019	آسيا والمحيط الهادئ، أمريكا اللاتينية	اكثر من 2,000
كورونا كوفيد-19	منذ 2019 الى 30 افريل 2020	حول العالم	76,458

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على:- تقارير منظمة الصحة العالمية؛ - مختلف كتب التاريخ؛ - مقالات أكاديمية.

تعتبر هذه الوبئة كوارث لتسببها في فقدان الارواح البشرية وزيادة الاعتلال، وبالرجوع لكارثة الفيروس المستجد COVID-19 وسرعة انتشاره حيث شمل تقريبا كل دول العالم نتيجة العدوى، وبسبب تأخر ظهور اعراضه، جعل عدد المتقدمين للكشف والمصابين على حد سواء كبير جدا امام امكانيات طبية محدودة كمحدودية اسرة الانعاش واجهزة التنفس والاطباء المختصين، وهذا ما من شأنه ان يجعل أنظمة الخدمات الطبية الاستعجالية عاجزة عن توفير خدماتها لكل التجمعات السكانية خاصة وانها خدمات عامة توفر غالبا الخط الأول للاستجابة لاحتياجات الرعاية الصحية العاجلة داخل المجتمع (Chanta et al, 2011).

2.1- نماذج التغطية:

تعتبر نماذج التغطية من نماذج الموقع الأكثر استخداما لحل مسألة موقع مركز الرعاية الطبية، التي تهدف لتوفير تغطية لمناطق الطلب، حيث تعتبر منطقة الطلب مغطاة إذا فقط إذا كان المرفق متاحا لخدمة منطقة الطلب ضمن حدود مسافة التغطية التي يشار إليها عادة باسم المسافة الحرجة. (Amponsah et al, 2011, p 18)، حيث يمكن القول أن منطقة الطلب مغطاة إذا كان هناك مرفق واحد على الأقل ضمن حد (المسافة / الوقت) المحدد مسبقاً من منطقة الطلب. يرتبط مفهوم التغطية بتوافر منشأة (مركز رعاية طبية) مرضية بدلاً من أفضل مرفق ممكن (Farahani et al, 2012)، (Toro-Diaz et al, 2013, p 917).

في نماذج التغطية، لا يتم تقديم الخدمة بالضرورة من قبل أقرب مرفق يتم تعيين موقع الطلب إليه، ولكن يجب أن يتم خدمة طالب الخدمة بواسطة مرفق واحد على الأقل ضمن مسافة حرجة معينة، وقد تم استخدام نماذج التغطية على نطاق واسع في نماذج الخدمة العامة مثل الخدمات الطبية الطارئة والمدارس ومرافق الرعاية الصحية (Chekuri et al, 2004, p 2322).

إذن ففكرة التغطية تقع في صميم مسألة موقع تغطية المجموعة (LSCP) ونماذج التغطية القصوى (LMCP). (Amponsah et al, 2011, p 18)، وللصياغة الرياضية لمسائل التغطية لدينا:

V :- مجموعة مناطق الطلب؛

i :- مؤشر لمناطق الطلب؛

W :- مجموعة مواقع المرافق المحتملة؛

j :- مؤشر مواقع المرافق المحتملة؛

t_{ij} : المسافة من منطقة الطلب i إلى مركز الرعاية في الموقع j ؛

r :- عتبة المسافة لمنطقة الطلب التي يجب تغطيتها؛

W_i :- مجموعة مواقع المرافق التي تغطي منطقة الطلب i ، أي $\{j \in W_i | t_{ij} \leq r\}$ ؛

d_i :- حجم السكان لمنطقة الطلب i ؛

p :- إجمالي عدد المرافق المتاحة؛

y_i :- متغير ثنائي يساوي 1 إذا فقط إذا تم تغطية منطقة الطلب i مرة واحدة على الأقل؛

x_j :- متغير ثنائي يساوي 1 إذا فقط إذا تم وجود مرفق في الموقع j ؛

أولاً- مسألة موقع تغطية المجموعة (LSCP): تعد هذه المسألة والتي تم تقديمها في أوائل السبعينيات أحد النماذج الأولى التي تم تطويرها لمرافق خدمة الطوارئ في الموقع والتي تتضمن الحد الأقصى لمسافة الخدمة المعيارية، حيث تهدف الى تحديد أصغر عدد من المراكز بحيث يتم تغطية كل منطقة طلب بمرفق واحد أو أكثر.

نقول أنه سيتم تغطية منطقة الطلب، إذا كان هناك مركز على مسافة محددة مسبقاً من منطقة الطلب، وغالبا ما يطلق على امتداد مهم آخر للنموذج الذي يغطي مجموعة مرافق الطوارئ مشكلة موقع التغطية القصوى (Zhang et al, 2017) الذي سنتناوله في النقطة الموالية.

تم تطبيق هذا النموذج في عدة مجالات ولعل من أهمها: تحليل الأسواق (Storbeck 1988)، جدولة الطاقم (Ceria et al, 1998)، نشر خدمات الطوارئ (Toregas et al, 1971)، الإعلان عبر البريد (Dwyer and Evans 1981)، علم المعادن (Vasko et al, 1989)، مصفوفات (Feo and Resende 1989)، والخدمات اللوجستية الإنسانية (Li et al. 2018).

يعتبر هذا النموذج أول نموذج تغطية لموقع مركز الرعاية المقترح من قبل (Toregas et al, 1971). حيث يمكن صياغة نموذج التغطية القصوى هذا على النحو التالي (Church and ReVelle, 1974):

$$\text{Min} \sum_j x_j \quad (1)$$

$$\text{subject to:} \sum_{j \in N_i} x_j \geq 1, i \in V \quad (2)$$

$$x_j \in \{0,1\}, j \in W. \quad (3)$$

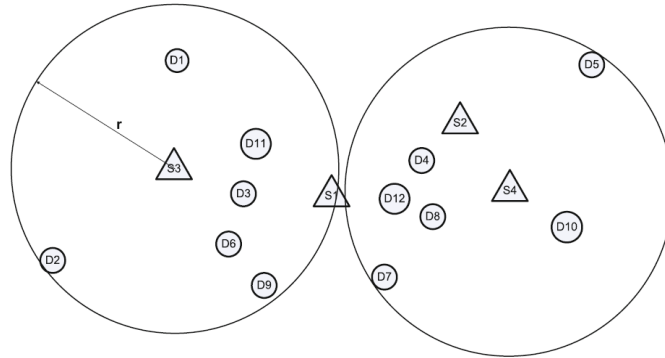
حيث: - دالة الهدف (1): التقليل من عدد المرافق المطلوبة؛

- القيد (2): يحدد وجوب تغطية جميع نقاط الطلب؛

- القيد (3): متغيرات القرار والتي يجب ان تكون ثنائية (binaries)، بعبارة اخرى يحدد القيم التي يمكن اتخاذها من خلال متغيرات القرار.

يوضح الشكل أدناه نموذج موقع تغطية المجموعة مع حل ممكن، وأن هناك أربعة مواقع محتملة و12 نقطة طلب، يتم تغطية نقطة الطلب بواسطة مرفق طالما أن هذا المرفق يمكن أن يصل إلى نقطة الطلب ضمن مسافة معيارية r ، حيث يمكن أن يغطي تحديد موقع المرافق في الموقعين $S3$ ، $S4$ جميع نقاط الطلب.

الشكل (01): شكل توضيحي لنموذج موقع تغطية المجموعة



المصدر: (Li et al, 2011, p 285)

ثانياً: مسألة موقع التغطية القصوى (MCLP): الهدف من هذا النموذج هو العثور على أفضل المواقع لعدد ثابت من المرافق من أجل زيادة تغطية الطلب إلى أقصى حد، حيث يتم دائماً تغطية المناطق ذات الطلب الأكبر، بينما يمكن أن تظل بعض المناطق غير مغطاة. ومنه تعتبر منطقة الطلب مغطاة في حالة وجود مركز استعجالي واحد والذي يمكن أن يوفر الخدمة المطلوبة على مسافة أو وقت تنقل أقل من أو يساوي عتبة محددة مسبقاً (Guzman et al, 2016) وإدراكاً لهذه المشكلة، قام (Church et al, 1974) و(White et al, 1974) بتطوير هذا النموذج الذي لا يتطلب تغطية كاملة لجميع مناطق الطلب فهو بدلاً من ذلك يسعى إلى أقصى تغطية مع عدد معين من المرافق.

يمكن صياغة نموذج التغطية القصوى هذا على النحو التالي (Church et al, 1974):

$$\text{Max} \sum_{i \in V} d_i y_i \quad (4)$$

$$\text{subject to:} \sum_{j \in W_i} x_j \geq y_i, i \in V \quad (5)$$

$$\sum_j x_j = P \quad (6)$$

$$x_j, y_i \in \{0,1\}, j \in W, i \in V. \quad (7)$$

حيث:

- الهدف (4): هو تعظيم تغطية الطلب؛

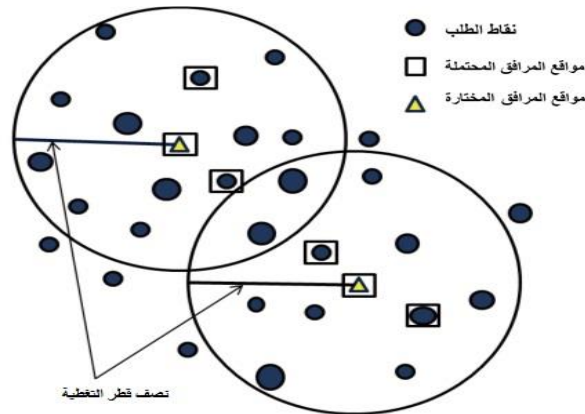
- القيد (5): يضمن تغطية نقطة الطلب i فقط إذا تم وضع مرفق واحد أو أكثر ضمن معيار المسافة؛

- القيد (6): يحدد العدد الإجمالي للمنشآت المتاحة التي تساوي p . أي انه يضمن أن عدد المرافق التي سيتم تحديدها هو p .

- القيد (7): متغيرات القرار والتي يجب ان تكون ثنائية (binaries)، بعبارة اخرى يحدد القيم التي يمكن اتخاذها من خلال متغيرات القرار.

يهدف توضيح النموذج أعلاه، يوضح الشكل أدناه حلاً عملياً لـ (MCLP) مع مرفقين، والذين يغطيان خمسا وعشرون نقطة طلب، حيث يشير حجم نقطة الطلب إلى حجم طلبها. ففي هذه الحالة يتم تغطية الطلب من قبل مرفقين اثنين وتبقى بعض النقاط غير مغطاة.

الشكل (02): شكل توضيحي لنموذج التغطية القصوى

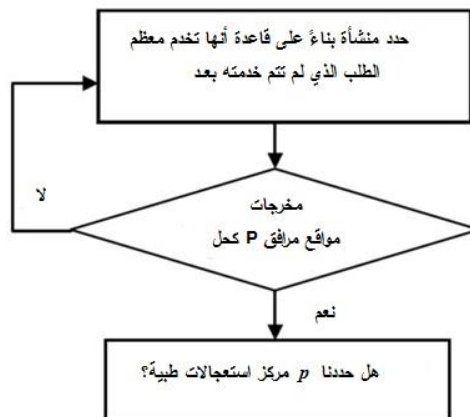


المصدر: (Guzman et al, 2016, p 736)

يأخذ هذا النموذج حجم الطلب بعين الاعتبار ويستخدمه كوزن لكل نقطة طلب في دالة الهدف مما يجعل النموذج أكثر واقعية، ويهدف إلى تحقيق أفضل استخدام ممكن للموارد المحدودة المتاحة. يتم حل هذا النموذج عن طريق استخدام خوارزمية الجشع (greedy algorithm) حيث أنها شائعة جدا في إيجاد حل عملي في مختلف الاديبيات (Balas et al, 1980)، (Adenso-Diaz et al, 1997)، (Cohen et al, 2008)، حيث تقوم هذه الطريقة بفرز مناطق الطلب حسب أوزانها (w_i) وتحديد مناطق الطلب الأولى ذات الأوزان الأكبر وتحديد مواقع المنشآت أو المرافق.

ومن أجل تحقيق أكبر منطقة خدمة إجمالية من المرافق (p) في نطاق مسافة تغطية محددة، تبدأ الخوارزمية بمجموعة حلول أولية ثم تضيق إلى هذه المجموعة واحدة في كل مرة أفضل موقع مرفق مأخوذ من مجموعة المواقع المرشحة (de Smith 2007 et al,). في كل تكرار، يتم اختيار موقع المرفق أو المنشأة التالية من الموقع الذي يغطي أكبر عدد من مناطق الطلب التي تم الكشف عنها بواسطة المواقع المحددة في التكرارات السابقة. تستمر العملية حتى يتم اختيار مواقع المرافق. إذن فالخوارزمية الجشعة (greedy algorithm) تحدد المرافق بالتسلسل مع محاولة تغطية أكثر الطلبات غير المغطاة أولاً، والذي ينتهي عند تحديد جميع المرافق (P)، ويمكن اظهار كيفية عمل هذه الخوارزمية وفقا للشكل التالي:

الشكل (03): إجراءات الخوارزمية الجشعة في حل مسألة موقع التغطية القصوى (MCLP)



المصدر: (Jia et al, 2007, p 262)

II - الطريقة والأدوات :

نحتاج في دراستنا هذه لتحديد المواقع المثلى وعددها لمراكز الرعاية الصحية باستخدام نموذج التغطية الى:
- عدد سكان دو ائر ولاية المسيلة: بالاتصال بالأمانة العامة الولاية تحصلنا على البيانات الموضحة في الجدول التالي:

الجدول (02): دوائر ولاية المسيلة وعدد سكانها

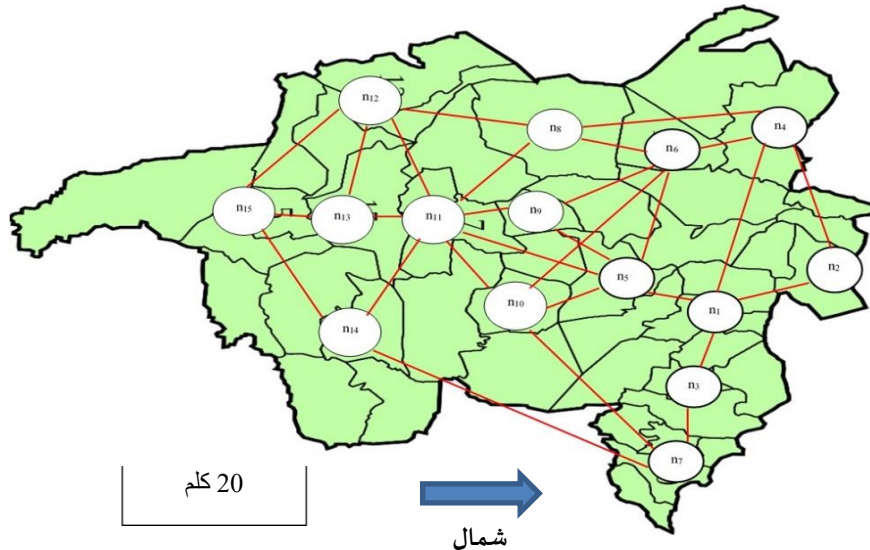
عدد السكان	عدد البلديات	الدوائر	
216,788	1	دائرة المسيلة	1
79,566	4	دائرة حمام الضلعة	2
105,970	5	دائرة أولاد دراج	3
114,395	3	دائرة سيدي عيسى	4
41,152	4	دائرة شلال	5
46,825	2	دائرة عين الحجل	6
151,345	5	دائرة مقرة	7
33,762	2	دائرة سيدي عامر	8
19,684	2	دائرة أولاد سيدي إبراهيم	9
34,783	3	دائرة خبانة	10
170,585	3	دائرة بوسعادة	11
34,670	2	دائرة مجدل	12
22,491	2	دائرة جبل امساعد	13
60,983	4	دائرة بن سرور	14
72,070	5	دائرة عين الملح	15
1,205,069	47	المجموع	

المصدر: الامانة العامة لولاية المسيلة

- تحديد المسافات الطرقية بالكيلومتر لتباعد مراكز دوائر ولاية المسيلة:

أما اهم البيانات المستخدمة في اعداد وتطبيق نماذج التغطية هي تحديد مسافات تباعد دوائر ولاية المسيلة، بالاستعانة بخدمة خرائط غوغل قمنا بقياس المسافات بين مراكز دوائر الولاية محددين أقصر مسافة طرقية بينها كما يوضحها الشكل رقم (01)، حيث رمزنا للدائرة الأولى n_1 والثانية n_2 الى غاية الدائرة الخامسة عشر والاخيرة n_{15} وهي مرتبة كما في خريطة الولاية حيث تشير الخطوط الرابطة بين مراكز الدوائر الى أقصر طريق كالتالي:

الشكل (04): طرق موصلات دوائر ولاية المسيلة



المصدر: من اعداد الباحثين

من خلال الشكل السابق، يمكن توضيح المسافات التي تفصل بين مراكز الدوائر في الجدول التالي:

الجدول رقم (03): المسافات الطرقية بين مقرات دوائر ولاية المسيلة (الوحدة: كلم)

	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆	n ₇	n ₈	n ₉	n ₁₀	n ₁₁	n ₁₂	n ₁₃	n ₁₄	n ₁₅
n ₁	0	28	24	98	28	58	59	107	64	58	72	142	104	108	116
n ₂	28	0	1	73	56	86	87	135	92	86	100	170	132	136	144
n ₃	24	52	0	122	52	82	35	131	88	82	96	166	128	134	147
n ₄	98	73	122	0	90	26	157	81	84	98	92	135	128	137	147
n ₅	28	56	52	90	0	64	87	79	36	30	44	114	76	90	95
n ₆	58	86	82	26	64	0	117	55	58	71	70	109	102	118	121
n ₇	59	87	35	157	87	117	0	152	129	88	117	187	149	99	146
n ₈	107	135	131	81	79	55	152	0	47	64	35	54	67	81	80
n ₉	64	92	88	84	36	58	129	47	0	41	12	82	44	58	63
n ₁₀	58	86	82	98	30	71	88	64	41	0	29	99	61	80	84
n ₁₁	72	100	96	92	44	70	117	35	12	29	0	70	32	46	44
n ₁₂	142	170	166	135	114	109	187	54	82	99	70	0	75	116	71
n ₁₃	104	132	128	128	76	102	149	67	44	61	32	75	0	66	19
n ₁₄	108	136	134	137	90	118	99	81	58	80	46	116	66	0	47
n ₁₅	116	144	147	147	95	121	146	80	63	84	44	71	19	47	0

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)

- امكانيات ولاية المسيلة من مراكز الرعاية الطبية:

تتوفر الولاية على المؤسسات الصحية التالية:

الجدول (04): المؤسسات العمومية الإستشفائية

عدد الأسرة	البلدية	المؤسسة
309	المسيلة	المؤسسة العمومية الإستشفائية الزهراوي
308	بوسعادة	المؤسسة العمومية الإستشفائية رزيق بشير
264	سيدي عيسى	المؤسسة العمومية الإستشفائية كزسي بلعيش
248	عين الملح	المؤسسة العمومية الإستشفائية
80	بن سرور	المؤسسة العمومية الإستشفائية
80	مقرة	المؤسسة العمومية الإستشفائية
1289		المجموع

المصدر: مديرية الصحة لولاية المسيلة

أما المؤسسات الإستشفائية المتخصصة فتتمثل في مركزين نوضحهما في الجدول التالي:

الجدول (05): المؤسسات الإستشفائية المتخصصة

البلدية	عدد الأسرة	المؤسسة
المسيلة	70	المؤسسة الاستشفائية المتخصصة في أمراض النساء والتوليد- سليمان عميرات-
أولاد منصور	120	المؤسسة الاستشفائية المتخصصة في الامراض العقلية

المصدر: مديرية الصحة لولاية المسيلة

إضافة الى 06 مؤسسات عمومية للصحة الجوارية و كل واحدة منها تغطي بمعدل 8 بلديات. حيث يتم تصنيف وحدات العلاج القاعدية الى صنفين؛ عيادات متعددة الخدمات و قاعات علاج (مديرية الصحة لولاية المسيلة، 2020).

III- النتائج ومناقشتها :

بغرض تحديد موقع وعدد مراكز الرعاية الصحية الاستيعابية لولاية المسيلة، لابد من تحديد مسافة التغطية. وذلك بحساب متوسط المسافة الطرقية مرجحاً بعدد السكان لكل دائرة انطلاقاً من معطيات الجدول رقم (03) والذي وجدناه يساوي: 74 كلم، نبدأ في البداية بتطبيق نموذج مسألة موقع مجموعة التغطية (LSCP)، ثم نموذج مسألة موقع التغطية القصوى (MCLP). ولحل النموذجين نقوم بتحويل المسافات بين دوائر الولاية الموضحة في الجدول (03) والشكل رقم (01) الى مصفوفة، نقوم فنعطي رقم (1) لكل مسافة تقل او تساوي 74 كلم، و (0) لكل مسافة تزيد عن 74 كلم، فنتحصل على المصفوفة الموضحة في الجدول التالي:

الجدول (06): مصفوفة تحويل المسافات بين مقرات دوائر الولاية لأرقام ثنائية (0,1) عند مسافة تغطية 74 كلم

	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆	n ₇	n ₈	n ₉	n ₁₀	n ₁₁	n ₁₂	n ₁₃	n ₁₄	n ₁₅
n ₁	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
n ₂	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
n ₃	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
n ₄	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
n ₅	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
n ₆	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
n ₇	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
n ₈	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
n ₉	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
n ₁₀	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
n ₁₁	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
n ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
n ₁₃	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
n ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1
n ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد الجدول رقم (03)

III-1. مسألة موقع تغطية المجموعة (LSCP) موقع تغطية المجموعة

نقوم الآن بحل هذه المسألة عن طريق برمجة الأعداد الصحيحة. وللقيام بذلك، نحدد المتغيرات الثنائية y_i التي تفترض قيمة تساوي الواحد الصحيح (1) إذا كانت المركز موجودة في منطقة الطلب n_i ، و 0 خلاف ذلك. ومنه يمكن صياغتها كمسألة برمجة أعداد صحيحة كالتالي:

$$LSCP: \text{Min } z = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15}$$

$$S.T. y_1 + y_2 + y_3 + y_5 + y_6 + y_7 + y_9 + y_{10} + y_{11} \geq 1$$

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 \geq 1$$

$$y_1 + y_3 + y_7 \geq 1$$

$$y_2 + y_4 + y_6 \geq 1$$

$$y_1 + y_2 + y_5 + y_6 + y_9 + y_{10} + y_{11} \geq 1$$

$$y_1 + y_4 + y_5 + y_6 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} \geq 1$$

$$y_1 + y_3 + y_7 \geq 1$$

$$y_6 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{13} \geq 1$$

$$y_1 + y_5 + y_6 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{13} + y_{14} + y_{15} \geq 1$$

$$y_1 + y_5 + y_6 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{13} \geq 1$$

$$y_1 + y_5 + y_6 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} \geq 1$$

$$y_8 + y_{11} + y_{12} + y_{15} \geq 1$$

$$y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{13} + y_{14} + y_{15} \geq 1$$

$$y_9 + y_{11} + y_{13} + y_{14} + y_{15} \geq 1$$

$$y_9 + y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} \geq 1$$

$$y_1, y_2, \dots, y_{15} \geq 0.$$

تقوم دالة الهدف بتدنية عدد مقرات المرافق، والقيود تضمن وجود مرفق واحد على الأقل يقع في متناول طالبي الخدمة من 1 إلى 15. باستخدام برنامج WinQSB 2.0 لحل نموذج برمجة الاعداد الصحيحة، نتحصل على الحل كما يوضحه الجدول التالي:

الجدول رقم (07): نتائج حل المسألة عن طريق برمجة الاعداد الصحيحة لمتوسط مسافة 74 كلم

03-23-2020 18:19:04	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit C(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X1	0	0	0	0	basic
2	X2	1.0000	0	0	0	at bound
3	X3	1.0000	0	0	0	basic
4	X4	0	0	0	0	at bound
5	X5	0	0	0	0	at bound
6	X6	0	0	0	0	basic
7	X7	0	0	0	0	at bound
8	X8	0	0	0	0	basic
9	X9	0	0	0	0	at bound
10	X10	0	0	0	0	at bound
11	X11	1.0000	0	0	0	basic
12	X12	0	0	0	0	basic
13	X13	0	0	0	0	at bound
14	X14	0	0	0	0	at bound
15	X15	0	0	0	0	at bound
	Objective Function		(Min.) =	0		

المصدر: من اعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج WinQSB 2.0

ومنه فحل المسألة عن طريق البرمجة الخطية للأعداد الصحيحة هو:

دالة الهدف $z = 3$ ، ولدينا:

$$y_2 + y_3 + y_{11} = 1$$

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} = 0$$

ومنه فعدد مراكز الرعاية الطبية الواجب توفيره هو ثلاثة مراكز، والتي يجب ان تكون في الدوائر التالية:

n_2 : دائرة حمام الضلعة؛

n_3 : دائرة أولاد دراج؛

n_{11} : دائرة بوسعادة.

III-2. مسألة موقع التغطية القصوى (MCLP)

على العكس من المسألة السابقة، المسألة هذه لا تحاول تغطية جميع السكان طالبي الخدمة بالنظر إلى عدد ثابت من مراكز الرعاية الطبية (p)، بل تقوم بتحديد موقع هذه المرافق لتغطية أكبر عدد ممكن من طالبي الخدمة.

بالإضافة إلى المعلومات المحددة في القسم السابق، نحتاج أيضاً إلى: (w_i) والتي تشير إلى عدد طالبي الخدمة (حجم الطلب) في منطقة الطلب (n_i) وحيث أن حجم الطلب ممثل في عدد سكان دوائر الولاية الموضح سابقاً في الجدول رقم (02).

ومن أجل صياغة المسألة، لا نحتاج فقط إلى متغيرات الموقع الثنائي y وإنما نحتاج أيضاً إلى متغيرات التغطية $x_i, i = 1, \dots, n$ ، يفترض متغير التغطية x_i قيمة (1) إذا كان طالبوا الخدمة في المنطقة (n_i) مشمولين بمركز واحدة على الأقل، وصفر خلاف ذلك. السبب الرئيسي لهذه المتغيرات الإضافية هو تجنب العد المزدوج.

أما الصياغة الرياضية لحل هذه المسألة وانطلاقاً من الجدول رقم (06) فتكون كالتالي:

$$\text{Max } z = 216788x_1 + 79566x_2 + 105970x_3 + 114395x_4 + 41152x_5 + 46825x_6 + 151345x_7 + 33762x_8 + 19684x_9 + 34783x_{10} + 170585x_{11} + 34670x_{12} + 22491x_{13} + 60983x_{14} + 72070x_{15}$$

$$\text{S.t. } x_1 \leq y_1 + y_2 + y_3 + y_5 + y_6 + y_7 + y_9 + y_{10} + y_{11}$$

$$x_2 \leq y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5$$

$$\begin{aligned}x_3 &\leq y_1 + y_3 + y_7 \\x_4 &\leq y_2 + y_4 + y_6 \\x_5 &\leq y_1 + y_2 + y_5 + y_6 + y_9 + y_{10} + y_{11} \\x_6 &\leq y_1 + y_4 + y_5 + y_6 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} \\x_7 &\leq y_1 + y_3 + y_7 \\x_8 &\leq y_6 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{13} \\x_9 &\leq y_1 + y_5 + y_6 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{13} + y_{14} + y_{15} \\x_{10} &\leq y_1 + y_5 + y_6 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{13} \\x_{11} &\leq y_1 + y_5 + y_6 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} \\x_{12} &\leq y_8 + y_{11} + y_{12} + y_{15} \\x_{13} &\leq y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{13} + y_{14} + y_{15} \\x_{14} &\leq y_9 + y_{11} + y_{13} + y_{14} + y_{15} \\x_{15} &\leq y_9 + y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} \\y_j &= 0 \text{ or } 1 \text{ for all } j \text{ and } x_i = 0 \text{ or } 1 \text{ for all } i.\end{aligned}$$

$$\text{S.t. } y_1 + y_2 + y_3 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} = 2$$

أما عدد مراكز الرعاية الطبية الواجب تحديدها فموقعها فهو مركزين (2)، لأن المسألة السابقة حددت ثلاثة مراكز ومنه (2=1).

$$w = 216788, 79566, 105970, 114395, 41152, 46825, 151345, 33762, 19684, 34783, 170585, 34670, 22491, 60983, 72070$$

سيحسب كل محدد في دالة الهدف جميع طالبي الخدمة في منطقة الطلب التي يتم تغطيتها، إذا وفقط إذا كانت هذه المنطقة مغطاة بمرق. والسبب الرئيس لاستخدام متغيرات التغطية x_i هو ضمان عدم احتساب طالب الخدمة الذين تشملهم أكثر من منشأة واحدة أكثر من مرة. حيث أن القيد الأول يضمن تحديد موقع مركزين كيبين بالضبط. تحدد القيود المتبقية تغطية مناطق الطلب. على وجه الخصوص تعتبر منطقة الطلب مغطاة إذا كان هناك مركز واحد على الأقل ضمن مسافة التغطية، إذا أخذنا بالاعتبار منطقة الطلب n_1 ، فإنه من المحتمل أن تتم تغطيتها من مركز في المناطق $n_1, n_2, n_3, n_5, n_6, n_7, n_9, n_{10}, n_{11}$ ، وقيد التغطية هو: $x_1 \leq y_1 + y_2 + y_3 + y_5 + y_6 + y_7 + y_9 + y_{10} + y_{11}$ ، مما يضمن أنه إذا لم يكن هناك أي مركز طبي في $n_1, n_2, n_3, n_5, n_6, n_7, n_9$ ، فإن القيمة اليمنى للقيد تساوي صفر، مما يجبر المتغير x_1 على افتراض قيمة الصفر أيضاً.

من ناحية أخرى، إذا كان هناك متغير واحد على الأقل في أي منطقة من المناطق (15)، فإن القيمة الجانبية اليمنى لعدم المساواة هي واحدة على الأقل، مما يجعلها زائدة عن الحاجة، حيث يتم تعريف x_1 كمتغير صفر واحد على أي حال وفي حين أن x_1 يمكن أن تفترض قيمة إما صفر أو واحدة في مثل هذه الحالة، فإن دالة الهدف تشمل x_1 216788 وهو جزء مما يجب تعظيمه. يؤدي ذلك إلى دفع قيمة x_1 إلى أكبر قيمة ممكنة، بحيث تفترض قيمة (1) كلما أمكن ذلك. يمكن بعد ذلك تحديد عدد المواطنين المشمولين بمنشأة واحدة تقع في إحدى دوائر الولاية عن طريق ضرب مصفوفة التغطية في شعاع الأوزان (عدد سكان الدوائر) من اليسار، أي حساب القيمة: $wC(D)$.

يشير المكوّن z للشعاع الناتج إلى عدد المواطنين الذين سيتم تغطيتهم في حالة وجود منشأة في الدائرة (n_j)، حيث:

$$w = 216788, 79566, 105970, 114395, 41152, 46825, 151345, 33762, 19684, 34783, 170585, 34670, 22491, 60983, 72070$$

نقوم بضرب شعاع الأوزان (w) الذي يمثل عدد السكان لكل دائرة في مصفوفة التغطية الموضحة في الجدول رقم (03) والتي تعبر عن تباعد دوائر ولاية المسيلة بمسافة تغطية 74 كلم والمحولة للنظام الثنائي، فنتحصل على:

$$wC(D) = [866698, 451901, 553669, 240786, 609383, 677974, 474103, 362800, 719123, 753793, 586070, 380483, 345813, 414358, 311087]$$

نلاحظ أن أكبر قيمة في الشعاع الناتج هي: 866698، هذا يعني أن المرفق الذي يخدم معظم المواطنين هو المرفق الذي يقع في دائرة المسيلة (n_1)، حيث يغطي 866698 نسمة وبدوره إضافة لدائرة المسيلة (n_1) يغطي كل من دائرة حمام الضلعة (n_2)، دائرة

اولاد دراج (n₃)، دائرة الشلال (n₅)، دائرة عين الحجج (n₆)، دائرة مقرة (n₇)، دائرة اولاد سيدي ابراهيم (n₉)، دائرة خبانه (n₁₀) ودائرة بوسعادة (n₁₁).

نظرا لكون هؤلاء المواطنين مشمولين بالتغطية، يمكننا بسهولة تجنب الحساب المزدوج بحذف الصفوف التي تنتمي إلى مناطق الطلب، والتي يتم تغطيتها بالفعل بواسطة المرفق في دائرة المسيلة (n₁)، حيث ان هذه الدوائر هي: n₁، n₂، n₃، n₄، n₆، n₇، n₈، n₁₀، n₁₁، n₁₂، كما يجب حذف العمود n₁ أيضاً (حيث حددنا بالفعل مركزا فيه)، فتصبح لدينا مصفوفة التغطية المخفضة كالتالي:

الجدول (08): المصفوفة المخفضة عند مسافة تغطية 75 كلم

	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆	n ₇	n ₈	n ₉	n ₁₀	n ₁₁	n ₁₂	n ₁₃	n ₁₄	n ₁₅
n ₄	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
n ₈	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
n ₁₂	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
n ₁₃	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
n ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1
n ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1

المصدر: من اعداد الباحثين

أما شعاع الازوان الجديد بعد حذف الدوائر المغطاة يصبح:

$$w = 41152, 19684, 22491, 60983, 72070$$

وبعد ضرب هذا الشعاع في المصفوفة المخفضة نتحصل على الآتي:

$$wC(D) = [114395, 0, 114395, 0, 148157, 0, 90923, 189306, 56253, 223976, 140502, 189306, 155544, 190214]$$

نلاحظ ان أعلى قيمة هي: 223976 نسمة والمقابلة لدائرة بوسعادة (n₁₁) ومنه نستطيع حذف الصفوف 8، 12، 13، 14،

و15.

نكون الآن قد استنفدنا مواردنا في شكل مرفقين، ونجنا في تغطية عدد إجمالي للمواطنين $223976 + 866698 = 1090674$ نسمة، من خلال تحديد مركزين طبيين في دائرتين هما دائرة المسيلة (n₁) ودائرة بوسعادة (n₁₁) بنسبة تغطية تساوي: 90.5% من مجموع سكان ولاية المسيلة، ويبقى المواطنون في دائرة سيدي عيسى (n₄) بدون خدمة والذين يبلغ عددهم 1205069 - 114395 = 1090674 نسمة.

فاذا قررت السلطات في ولاية المسيلة انه لا يمكن لها توفير الا مركزين طبيين فقط، فان سكان دائرة سيدي عيسى يتحتم عليهم الاختيار بين التوجه الى مركز دائرة المسيلة او مركز بوسعادة خاصة وأن المسافة بينها وبين المركزين متقاربة حيث تبعد مركز بوسعادة بمسافة: 92 كلم. وعن دائرة المسيلة 98 كلم.

وبالرجوع للمؤسسات الاستشفائية الموجودة في الولاية والموضحة في الجدولين رقمي (04 و05) فانه يعين في:

- دائرة المسيلة: المؤسسة العمومية الإستشفائية الزهراوي ب: 309 سرير؛ وتغطي دوائر كل من: المسيلة (n₁)، حمام الضلعة (n₂)، اولاد دراج (n₃)، الشلال (n₅)، عين الحجج (n₆)، مقرة (n₇)، اولاد سيدي ابراهيم (n₉)، خبانه (n₁₀)، يمكن ايضا اقتراح المؤسسة المتخصصة ببلدية اولاد منصور المحاذية لبلدية المسيلة (10 كلم)، بطاقة 120 سرير لبعده النسبي عن التجمعات السكانية بمقر بلدية المسيلة.

- دائرة بوسعادة: المؤسسة العمومية الإستشفائية رزيق بشير، ب: 308 سرير؛ تغطي بقية الدوائر ماعدا دائرة سيدي عيسى.

IV- الخلاصة:

تتصف نماذج الموقع بخاصية فريدة من نوعها من حيث قياسها للفوائد، فموقع المرفق المقدم للخدمة يكون إما لتدنية التكاليف أو تعظيم المنافع، إلا أنه في حالة الخدمات الصحية وخاصة مراكز الرعاية الطبية فيكون الهدف الرئيس هو التقليل من الخسائر في الأرواح لأفراد المجتمع من خلال تقليص كل من زمن الاستجابة للطلب أو المسافة المقطوعة، حيث يعتبر زمن الاستجابة والمسافة المقطوعة لمركز الخدمات الصحية من أهم المحددات الحاسمة لقياس جودة هذه الخدمات خاصة الطارئة منها خاصة في مثل حالة انتشار وباء معدي وقاتل كوباء (كورونا كوفيد-19)، لذلك فمسائل تحديد موقع الخدمات الصحية وخاصة الطارئة

منها، عادة ما تكون في إطار الوقت أو قيود المسافة، فينبغي أن تقع في منطقة تكون فيها متوسط المسافات قريب لتغطية كافة السكان وفي زمن قياسي.

لذلك، فتحديد كفاءة مراكز الرعاية الطبية المتاحة يصبح قضية مهمة. لا بد من استخدام الاساليب العلمية والرياضية لتحديد موقعها.

وعليه فاذا ارادت سلطات ولاية المسيلة تغطية كل سكان الولاية عند مسافة تغطية معيارية (74 كلم متوسط المسافات المرجح بعدد السكان) فعليها بتخصيص ثلاثة مراكز لمعالجة المصابين بالفيروس وتضمن تغطية 100% على ان تقع هذه المراكز في دوائر كل من: حمام الضلعة، أولاد دراج و بوسعادة.

أما إذا رأت ان امكانياتها المادية والبشرية لا تكفي فعليها تحديد مركزين اثنين فقط وبنسبة تغطية 90.5% حيث يجب أن يقعا في دائرتي المسيلة وبوسعادة. حيث يمكن جمع كل امكانيات الولاية من أطباء مختصين وممرضين وادوية واسرة مجهزة بأجهزة الانعاش، في هذه المراكز، حتى تضمن تغطية السكان من خدمة طبية جيدة ومتاحة، وتضمن توزيعا كفتا لمواردها.

وعليه نوصي سلطات مدينة المسيلة باعتماد هذه الدراسة التطبيقية لتوفير مراكز الرعاية الطبية حسب مسافة التغطية، والاستفادة منها مستقبلا اذا ما ارادت حتى انشاء مراكز طبية جديدة مستقبلا، كما يمكن تعميم هذه الدراسة على باقي ولايات الوطن.

- الإحالات والمراجع :

1. Yoo JH. (2020). The fight against the 2019-nCoV outbreak: an arduous march has just begun. *Journal of Korean Medical Science*, 35 (1). <http://dx.doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e5>
2. Website: Worldometer - real time world statistics, <https://www.worldometers.info/coronavirus/>, (20-04-2020).
3. The official website for the state of Masila, <http://www.wilaya-msila.dz/>, (01-04-2020).
4. Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C.S., Bergman, L. (1971). The location of emergency service facilities. *Oper Res*. 19: 1363–1373.
5. Church R., ReVelle C. (1974). The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association*. 32(1): 101–118.
6. Chekuri, C., & Kumar, A. (2004). Maximum Coverage Problem with Group Budget Constraints and Applications. *Lecture Notes in Computer Science*. 3122: 72–83. doi:10.1007/978-3-540-27821-4_7
7. Chanta, S., Mayorga, M., and Mclay, L. (2011). " Improving Emergency Service in Rural Are: a Bi-Objective Covering Location Model for EMS Systems". New York: Springer. Published on line: 27 September 2011.
8. Jia, H., Ordonez, F., Dessouky, M. M. (2007) Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies. *Computers & Industrial Engineering* 52: 257–276.
9. Huang, R., Kim, S., & Menezes, M. B. C. (2010). Facility location for large-scale emergencies. *Annals of Operations Research*, 181(1): 271–286. doi:10.1007/s10479-010-0736-8
10. Rabello, A., Vallim, A., and Mota, I. (2012). Optimization Models in the Location of Healthcare Facilities: a Real Case in Brazil. *Journal of Applied Operational Research*, vol. 4, No. 1, pp 37-50.
11. Amponsah S., Amoaka G., Darkwah K., Agyeman E. (2011). Location of Ambulance Emergency Medical Service in the Kumasi Metropolis, Ghana. *African Journal of Mathematics and Computer Science Research*. 4(1): 18-26.
12. Afshari H., Peng Q. (2014). Challenges and Solutions for Location of Healthcare Facilities. *Industrial Engineering & Management*, 03(02). doi:10.4172/2169-0316.1000127
13. Karatas, M., Razi, N., Tozan, H. (2016). A comparison of p-median and maximal coverage location models with Qcoverage requirement. *Procedia Engineering*. 149: 169 – 176.
14. Farahani, R. Z., Asgari, N., Heidari, N., Hosseininia, M., & Goh, M. (2012). Covering problems in facility location: A review. *Computers and Industrial Engineering*. 62: 368–407.
15. Toro-Diaz, H., Mayorga M. E., Chanta S., McLay L. A. (2013). Joint location and dispatching decisions for Emergency Medical Services. *Computers & Industrial Engineering*. 64: 917–928

16. Bo Zhang, Jin Peng, Shengguo Li, Covering location problem of emergency service facilities in an uncertain environment, Applied Mathematical Modelling 51 (2017) 429–447
17. Storbeck, J.E. (1988). The spatial structuring of central places. Geogr Anal 20(2): 93–110.
18. Ceria, S, Nobili, P, Sassano A. (1998). A Lagrangian-based heuristic for large-scale set covering problems. Math Program 81(2): 215–228.
19. Dwyer, F.P, Evans, J.R. (1981). A branch and bound algorithm for the list selection problem in direct mail advertising. Manag Sci 27(6): 658–667.
20. Vasko, F.J., Wolf, F.E., Stott, K.L. (1989). A set covering approach to metallurgical grade assignment. Eur J Oper Res. 38(1): 27–34.
21. Feo, T.A., Resende, M.G.C. (1989). A probabilistic heuristic for a computationally difficult set covering problem. Oper Res Lett. 8: 67–71
22. Li, X., Zhao, Z., Zhu, X., & Wyatt, T. (2011). Covering models and optimization techniques for emergency response facility location and planning: A review, Mathematical Methods of Operations Research, 1–30.
23. Guzman, V. C., Pelta, D. A., Verdegay J. L. (2016). An approach for solving maximal covering location problems with fuzzy constraints. International Journal of Computational Intelligence Systems. 9(4): 734-744.
24. White, J. and Case, K. (1974). On covering problems and the central facility location problem. Geographical Analysis. 281.
25. Balas, E. and A. Ho (1980). Set covering algorithms using cutting planes, heuristics, and subgradient optimization: a computational study. Math Programming Study. 12: 37-60.
26. Adenso-Diaz, B. and F. Rodriguez.(1997). A simple search heuristic for the MCLP: Application to the location of ambulance bases in a rural region. Omega. International Journal of Management Science. 25: 181-187.
27. Cohen, R., Katzir, L. (2008). The Generalized Maximum Coverage Problem". Information Processing Letters. 108: 15–22. doi:10.1016/j.ipl.2008.03.017.
28. de Smith, M.J., Goodchild, M.F., Longley, P.A. (2007). Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools. Leicester: Matador.