المجلة العربية للعلوم الادارية
مجلد ٧، عدد ٢، مايو ٢٠٠٠، ٢٩٣ – ٣١٨

نموذج متعدد الأهداف للتخطيط الأمثل لمواقع المستوصفات الطبية

مسعود عبدالله بدري
جمال محمد الهيري

جامعة الإمارات العربية المتحدة
دولة الإمارات العربية المتحدة

مصطلحات علمية

مواقع العمليات، البرمجة الخطية الهدفية، نماذج صفوف الانتظار، التكاليف الثابتة، التكاليف التشغيلية.

الملخص

يقدم البحث منهجية عامة لتحديد مواقع المراكز الطبية وكذلك تنسيب السكان في المناطق السكنية المختلفة في المدينة إلى هذه المراكز. ولقد اعتمدت المنهجية على البرمجة الهدفية الخطية ذات الأعداد الصحيحة. واشتمل النموذج على عدة معايير عملية، وبالتحديد المسافة بين المراكز والمناطق السكنية، والوقت بين المراكز والمناطق السكنية، والتكاليف الثابتة والتشغيلية من جراء إقامة المراكز في مناطق معينة، والطلب المتوقع من كل منطقة سكانية، والعدد المتوقع – «المرغوب» – للمراكز الطبية، والطاقة الاستيعابية المتوقعة لهذه المراكز. وتم تطبيق النموذج ميدانياً على مدينة العين في الإمارات العربية المتحدة. ولقد أبدى متخذو القرار ارتياحهم التام لأداء النموذج وقدرته على إتاحة الفرصة أمامهم لتفهم مشكلة الموقع والتنسيب بشكل أفضل.

مِنَ الأهداف العامة لتخطيط موقع مستوصف طبي تعظيمُ النفع العائد على المرضى الذين يعاودون هذه المستوصفات و«تدنية التكاليف» الناتجة من هذا التخطيط (Davies, 1977). ويذهب بعضهم مفسراً مفهوم تعظيم النفع العائد على المرضى بأنه «الضمان بأن يكون لدى جميع المستهلكين (المرضى وغير المرضى) في الدولة فرصة متساوية للاستفادة من أحدث الموارد الطبية وبشكل يدعو إلى الراحة» (Taket, 1989). ومن خلال هذه الأهداف العامة للتخطيط لموقع

* تم تسلمُ البحث في مارس ١٩٩٩، وأجيز للنشر في ديسمبر ١٩٩٩.
– تمت هذه الدراسة بتمويل من مجلس البحث العلمي/ جامعة الإمارات العربية المتحدة، منحة رقم (١٩٩٧/٢٩).

مستوصف طبي يمكن صياغة أهداف رئيسية أو فرعية على نحوٍ أكثر تفصيلاً، نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر ما يلي:

١ – المسافة (بين المستوصف وبين إقامة المريض).

٢ – الزمن (اللازم لوصول المريض من مركز إقامته إلى المستوصف).

٣ – التكاليف الثابتة (لإقامة مستوصف طبي في موقع معين).

٤ – التكاليف التشغيلية (وهي تختلف باختلاف الموقع).

٥ – أولويات متخذي القرار (في تفضيل بعض المواقع).

٦ – قيود فنية (في عدم تفضيل إقامة مستوصف في موقع معين)، ويمكن للنموذج أن يراعي وبكل سهولة عدم إقامة مستوصفين ضمن مسافة معينة من بعضهما وذلك باستخدام معادلة تضمن ذلك.

٧ – الطاقة الاستيعابية للمستوصف الطبي (تمثل طاقة العرض).

٨ – الكثافة السكانية في المناطق المختلفة (تمثل المتوقع من الطلب).

٩ – العدد المتوقع من المستوصفات لمواجهة التوسعات المستقبلية.

١٠ – التنسيب (تنسيب المرضى في مراكز سكانية معينة على مستوصفات طبية معينة).

من الواضح أن هذه الأهداف جميعها ترمي إلى تحقيق «النفع» الأمثل للمرضى وتحقيق «النفع» المناسب للقائمين على عمليات التخطيط ومتخذي القرار فتسعى إلى تدنية التكاليف وحسن تنظيم العمل في هذه المستوصفات (في ظل محدودية الموارد المتوفرة).

ومن الناحية العملية يُعْنى متخذو القرار في المدن الحديثة بشكل مباشر بتدنية «متوسط المسافة» بين مراكز إقامة المرضى (أو التجمعات السكانية) وبين مواقع المستوصفات الصحية. وتشير الدراسات النظرية السابقة إلى أن المسافة تُعَدُّ عنصراً مُهِمّاً جداً يعكس متغير «الراحة» بشكل رئيسي (Cross and Turner, 1974; Davies, 1977). وتذكر هذه الدراسات أن الزمن المستغرق للوصول إلى هذه المراكز الطبية له علاقة مباشرة بمتغير المسافة إلا أن ما يجب أن يؤخذ في الحسبان هو أن هذه العلاقة لا تكون في كثير من الأحيان مباشرة تماما نظراً للحركة المرورية بين منطقة وأخرى. وكثيراً ما نلاحظ أن متوسط المسافة قد لا يكون المؤشر الحقيقي لمدى قرب المريض أو بعده من المركز الطبي المطلوب؛ لأن متوسط المسافة في حقيقة الأمر هو عبارة عن متغير لا يهتم بكثافة الحركة بين المركز الطبي وبين مركز إقامة المريض، فقد يكون المريض مقيما على بعد كيلومترات معدودة من المركز إلا أنه قد يستغرق وقتا طويلا للوصول إليه وذلك لكثافة الحركة على المسار المؤدي من

محل إقامته إلى المركز الطبي، وهنا تأتي أهمية متغير «متوسط الزمن» اللازم لوصول المريض من محل إقامته إلى المركز الطبي، فيحاول الكثير من متخذي هذا القرار تقليل هذا الزمن ما أمكن.

ومن الجدير بالذكر أن هناك أسباباً عديدة تدعو إلى عدم إقامة المستوصفات الطبية في مراكز المدينة منها التكاليف الثابتة والتشغيلية لهذه المواقع إلى جانب الأسباب البديهية الأخرى مثل صعوبة الوصول إليها في أوقات الذروة. والتكاليف الثابتة تعبر عن تكاليف الأراضي في هذه المراكز التي يحبذ متخذو القرار في البلدات أن تستغل لاستخدامات تجارية أخرى بدلا من إقامة مستوصفات طبية عليها؛ أي أن الموقع الذي يكون قريبا من المريض ولا يستغرق سوى دقائق معدودة للوصول إليه ليس بالضروري هو الموقع العملي لإقامة مستوصف طبي، والمتغيرات التي تقيس مدى عملية أو عدم عملية اتخاذ مثل هذا القرار هي التكاليف الثابتة والتشغيلية من جراء اختيار هذه المواقع إلى جانب متغير «أولويات متخذي القرار»؛ لأن قراراتهم تعتمد في العادة على عوامل كثيرة كالخبرة الطويلة والتنبؤ بالعواقب المستقبلية التي تترتب على اتخاذ قرار معين.

ومن الناحية الفنية قد يرى متخذو القرار أيضا عدم إقامة مستوصفين طبيين ضمن قطر دائرة معين لإتاحة الفرصة أمام أكبر قدر من السكان للاستفادة من «الخدمة المريحة» من حيث المسافة. قد يرى متخذو القرار بالمنطق نفسه ضرورة إقامة أكثر من مستوصف واحد ضمن قطر دائرة معين، إذا كانت هذه المناطق السكانية تتصف بصفات معينة (مثل الكثافة السكانية) تجعلها تحتاج إلى أكثر من مستوصف واحد، ومن المتغيرات الفنية التي تؤخذ في الحسبان أيضا كيفية معاملة المناطق السكانية النائية التي تتصف بكثافات سكانية منخفضة؛ لأن إقامة مستوصف طبي في مراكز هذه المناطق لا يتيح الفرصة أمام السكان المتواجدين في مناطق سكانية أخرى للاستفادة من خدماتها لسبب بعد المسافة وطول الزمن اللازم للوصول إليها.

الخلفية الفكرية والحاجة إلى نموذج متعدد الأهداف

خلال العشرين سنة الماضية تم تطوير العديد من النماذج الرياضية لدعم القرارات الخاصة بمواقع العمليات التي تتصف بأنها «حيوية» مثل مراكز الدفاع المدني (ReVelle, 1993; ReVelle, *et al,* 1996; والمستشفيات (Badri *et al,* 1997*) ومواقع سيارات الإسعاف (Chaiken, 1978) (Goldberg *et al,* 1990; Brandeau and Larson, 1986; Marianov and Revelle, 1995; Repede *et al,* 1993). فعنيت هذه المحاولات بشكل مباشر بتحديد «المواقع المثلى – Optimal Locations» من خلال تصميم نماذج رياضية تأخذ في الحسبان العديد من المتغيرات التي تُعَدُّ حيوية لمثل هذه المواقع.

* هذا البحث بشكله العام والنموذج المقترح في وجه الخصوص هما صورة قريبة من بحث Badri *et al,* 1997 مع اختلاف نوعية التطبيق.

إن الهدف من تحديد الموقع (أو المواقع) الأمثل لعملية (أو عمليات) حيوية هو تحديد مراكز مثلى لهذه العمليات بحيث تكون الخدمة المقدمة للعميل (أو المستهلك) في مستوى عال من الكفاءة من الناحية التنظيمية من جهة ومن الناحية النفسية لمتلقي الخدمة من جهة أخرى، والمقصود عادة بالناحية النفسية لمتلقي الخدمة هو إدراكه النابع عن قناعة بأن الموقع الذي اختير لتقديم الخدمة هو الموقع «المناسب» له إذا أخذنا كافة القيود البيئية المختلفة في الحسبان (Mehrez *et al*, 1996).

وأكثر النماذج الرياضية شيوعا في تحديد المواقع «الحيوية» هي نماذج تغطية المجموعات – وهي سهلة غير معقدة تعتمد على البرمجة الخطية ذات الأعداد الصحيحة (أو نوع 1-0) في تحديد مواقع العمليات بحيث يكون بمقدور هذه المواقع تغطية مراكز الكثافات السكانية كافة ضمن زمن محدد أو ضمن مسافة معينة (Batta *et al*, 1989; Daskin, 1983; Church and ReVelle, 1974)، وهناك نماذج أخرى تعتمد أيضا على البرمجة الرياضية إلا أنها أكثر تعقيدا من محاولات التغطية وتعتمد على محاولة تدنية متوسط المسافة أو تعظيم عدد متلقي الخدمة (Church and Weaver, 1985).

إن نماذج صفوف الانتظار حظيت باستخدامات واسعة في مشكلات المواقع «الحيوية» (Benveniste, 1985; Berman al Larson, 1984; Larson 1974 and 1975; Berman *et al*, 1987). ويؤخذ عليها استخدامها لمعايير تجريبية – Heuristics في تحديد الموقع الأمثل. ويلاحظ عليها من ناحية أخرة أنها تعتمد على معادلات كثيرة ومعقدة يصعب أن يفهمها المدير العادي الذي يمتلك خبرة محدودة في مجال نظرية صفوف الانتظار (أو النماذج الأخرى من بحوث العمليات)، وهذا ما جعل هذه النماذج تبقى كدراسات نظرية لم يطبق منها عملياً إلا القليل (ReVelle *et al*, 1996).

وعلى الرغم من أن تلك النماذج قد عنيت عموماً بمواقع «العمليات الحيوية»، إلا أنها لم تتطرق بشكل مباشر لمواقع المستوصفات الطبية التي لها خواص معينة تختلف عن خواص مراكز الدفاع المدني أو المستشفيات أو سيارات الإسعاف، فمن البديهي أن يكون المستوصف الطبي اصغر حجما من المستشفى وأكثر عددا من ناحية عدد المواقع. ومن ناحية أخرى نلاحظ أن من أهداف المستوصف الطبي تخفيف العبء عن المستشفيات والقيام بتقديم الخدمة لأكبر شريحة ممكنة من السكان أينما كانت مواقع سكنهم، وبما أن سهولة الوصول إلى المستوصف الطبي هي من أهم المعايير في اختيار موقع المستوصف، فإن هذا يعني وبشكل غير مباشر أن هناك احتمال أكبر لذهاب المريض إلى إحدى المستوصفات في هذه الحالة مقارنة بالحالة التي يكون الوصول فيها إلى موقع المستوصف غير سهل.

ومن معايير الحكم على أداء المستوصفات الطبية معدل سرعةِ وصول المريضِ إليها في حالة احتياجه إلى الخدمة، وعليه فإن التخطيط المبدئي الجغرافي

لمواقع هذه المستوصفات الطبية يؤثر بشكل مباشر على كفاءتها في أداء عملها، إلا أن هناك جملة من التساؤلات التي يجب أن يرد عليها هذا التخطيط المبدئي ويوضحها، ومنها مثلاً: ما العدد المطلوب من هذه المستوصفات الطبية في مدينة معينة؟ لأن العدد المطلوب منها مرتبط بميزانية تلك المدينة، ومن هنا يكون الناتج عادة «أدنى» عدد من هذه المستوصفات بحيث تغطّي كافة مراكز الكثافات السكانية المحتملة. وهذا الحل الناتج قد يتطابق مع التكلفة المقترحة للنظام ككل أو يتعارض معها. ومن ناحية أخرى قد يكون الهدف هو «تغطية» أكبر عدد ممكن من مراكز الكثافات السكانية ضمن زمن محدد أو مسافة محددة، ومن هنا قد لا تكون بعض مراكز الكثافات السكانية ضمن حدود هذه التغطية، والخلاصة أن هناك نوعاً من المواءمة بين مدى هذه «التغطية» وبين التكلفة الناتجة من تخطيط مواقع هذه المستوصفات الطبية (ممثلة بالزمن أو المسافة). ويجب أن نضيف هنا أنه إذا كان الهدف هو تدنية المسافة بين هذه المستوصفات الطبية وبين مراكز الكثافات السكانية فإن هذا يتطلب موارد أكثر من النظام القائم بالتخطيط وهذا بالتالي سيرفع من تكلفة الخدمة المقدمة.

وإذا افترضنا أن المستوصف الطبي يعتبر مركزا حيويا، فإن مدى جدوى إغلاق بعض المستوصفات الطبية و«إعادة» مواقعها في أماكن أخرى من المدينة من المعايير الهامة أيضا في اختيار الموقع المناسب (Marianov and ReVell, 1995). ففي الوقت الذي يعطي فيه وجود مستوصف طبي ضمن مركز كثافة سكانية نوعاً من الأمان بالطمأنينة لسكان هذه المناطق، فإن إغلاقه قد يحرم سكان هذه المنطقة من هذا الشعور. ومن هنا فإن إغلاق (أو إعادة موقع) مستوصف طبي يعتبر قراراً استراتيجياً ويجب أن يكون مبنياً على أبحاث أخرى وتحاليل علمية سليمة تأخذ المتغيرات كافة والظروف كلها في الحسبان.

إن النماذج التي تم بيانها مسبقا كالنماذج المبنية على المعايير التجريبية تعتمد على وجود بيانات ضخمة يصعب الحصول عليها في معظم الحالات، أما النماذج التي تعتمد على صفوف الانتظار، فهي نماذج واقعية ولكن يصعب فهمها واستيعابها من قبل متخذي القرار لصعوبة المعادلات الرياضية المستخدمة فيها وتعقيدها. ومن ناحية أخرى تتطلب هذه النماذج عملاً مطولاً وشاقاً من حيث تجميع البيانات لكافة المتغيرات والثوابت التي تدخل ضمن هذا النظام. هذا ما يجعل التكلفة عادة عالية في مرحلة جمع البيانات. ومما يجب أن يكون واضحاً في هذا المجال هو أن من أهم العوامل اللازمة للتخطيط وجوب اعتماد النموذج الرياضي المقترح على بيانات يمكن الحصول عليها واقعيا ووجوب كونه نموذجاً «غير حساس» للأخطاء البسيطة التي قد تنجم من جمع البيانات (وهذا لا ينطبق على نماذج صفوف الانتظار).

من الناحية التنظيمية فإن مشكلة موقع مستوصف طبي تتطلب أيضا تحديد

التنسيب الأمثل لمتلقي الخدمة على مواقع معينة من هذه المستوصفات بحيث يقوم متلقي الخدمة بمراجعة المستوصف المنسوب إليه فقط (أو مراجعة مستوصف آخر غير منسوب إليه ولكن مع دفع غرامة معينة). وبالتالي تصدر بطاقات لهؤلاء السكان تبين عليها مركزهم السكاني والمستوصف المنسوب إليهم.

وعلى الرغم من أن هناك عدة أبحاث عنيت باستخدام نموذج متعدد الأهداف، مبني على البرمجة الهدفية في مجال التخطيط الصحي، إلا أن هذه الأبحاث لم تعالج مشكلة موقع المراكز الصحية. فبعض الأبحاث استخدمت البرمجة الرياضية لتقويم الأداء النسبي للمراكز الصحية (Huarg, 1989) واستخدم بعضها الآخر البرمجة الهدفية في التصريف الأمثل للموارد وخاصة الموارد المالية والموارد البشرية (Rifai and Pecenka, 1989). واتجه بعض الباحثين في تطبيق البرمجة الهدفية للتصريف الأمثل للوقت (أو الزمن) بين العمليات المختلفة في مركز صحي (Ghandforoush, 1995).

ومن الواضح إذاً أن هناك العديد من الأهداف (أو القيود) التي يجب أن تؤخذ في الحسبان عند التخطيط لمواقع المستوصفات الطبية والتخطيط ولتنسيب مراكز الكثافات السكانية على هذه المواقع. وبعض هذه الأهداف قد تكون متوافقة مع بعضها بعضاً أو متعارضة بشكل مباشر أو غير مباشر. ومن الواضح أيضاً أن سهولة استيعاب النموذج وإدراكه من قبل متخذي القرار يجب أن يكون معياراً أساسياً عند اقتراح نموذج موقع مستوصفات طبية وتصميمه.

فالعوامل هذه جميعاً تدعونا إلى الاتجاه نحو نموذج متعدد الأهداف بُنِيَ على البرمجة الهدفية لتمثيل الواقع أحسن تمثيل لوصف كافة الأهداف والقيود وصفاً شاملاً يسهل فهمه من قبل متخذي القرار. وسنقوم في هذا البحث بتقديم وصف شامل لهذا النموذج المقترح فضلاً عن عرض نبذة مختصرة عن تطبيق عملي للنموذج على مدينة العين في دولة الإمارات العربية المتحدة.

النموذج المقترح

في بناء نموذج لموقع مركز طبي يجب أن يحتوي هذا النموذج على متغيرات تعكس «مناسبة الموقع» التي تعود على المريض من جراء استخدامه لمركز طبي معين دون آخر، ومن ناحية أخرى يجب تحديد الكثافات السكانية (بعد تقسيمها) والتي ستحظى بدرجات متفاوتة من الراحة (عند قيام مركز كثافة سكانية معينة باستخدام مركز طبي دون آخر). والخلاصة أنه يجب تحديد معايير الراحة أولا ومن ثمَّ تحديد المجموعات السكانية المختلفة التي ستتمتع بدرجات متفاوتة من «الراحة» عند استخدامها لمركز طبي معين دون آخر.

إذا كانت الحالة تقتضي وجود عدة أهداف متضاربة مع بعضها بعضاً، فإن القرار العملي يكون هو ذلك القرار الذي يعتمد على نموذج يستطيع أخذ كافة هذه

الأهداف في الحسبان وهذا يعني أن البرمجة الخطية لا يمكن أن تستخدم تحت هذه الظروف. ومن المفيد أن يشار هنا إلى أن (Charnes and Cooper, 1961) قد قدّما نموذجاً ممتداً للبرمجة الخطية يمكنه أخذ عدة أهداف متضاربة في الحسبان بدلا من دالة واحدة للهدف، فسُمِّي هذا النموذج بالبرمجة الخطية الهدفية Linear Goal Programming؛ لأنه صُمِّمَ على نحوٍ يعطي متخذ القرار فرصة إشباع رغبته (Satisfies) فقط أو فرصة الوصول إلى حل أفضل أو أكثر إشباعاً في حالة تعدد الأهداف.

وأما دورنا في هذا العمل فإنه يرمي إلى إعطاء شرح مفصل عن هذا النموذج المقترح من خلال تطبيقه عملياً على مشكلة مواقع العمليات الصحية/ وتنسيب المرضى بالتطبيق على مدينة العين في دولة الإمارات العربية المتحدة.

أولا: البرمجة الخطية الهدفية – نبذة مختصرة

تفترض نماذج البرمجة الخطية وجود هدف واحد مثل تعظيم الأرباح أو العوائد أو تدنية التكاليف، إلا أن هذا الفرض ليس عمليا في الواقع لوجود مجموعة أخرى من الأهداف تحاول المنظمة في العادة تحقيقها (إلى جانب الأرباح أو التكاليف مثلا) ومن هذه الأهداف تدنية درجة التلوث في الجو، أو الاحتفاظ بنسبة معينة من الأرباح، أو تعظيم الحصة السوقية، أو تنمية القوة العاملة وتطويرها وتدريبها، أو تعظيم السمعة السوقية للمنظمة وهكذا. والبرمجة الهدفية تُعَدُّ من النماذج التي تستطيع أخذ مجموعة من الأهداف في الحسبان وفي آن واحد.

والطريقة الأساسية في البرمجة الهدفية هي تحقيق هذه الأهداف عن طريق صياغة دالة منفصلة لكل هدف، وإعطاء كل منها قيمة رقمية (في الطرف الأيمن من المعادلة) في محاولة للتوصل إلى هذا الهدف الرقمي. والهدف العام هو محاولة التوصل إلى حل يؤدي إلى تدنية مجموع الانحرافات الناتجة من تحقيق الأهداف المختلفة (وقد يكون هذا المجموع مرجحا – Weighted) وهناك عادة ثلاثة أنواع من الأهداف:

١ – هدف مع حد أدنى (lower, one-sided goal)، حيث يتم تحديد حد أدنى للهدف (ويمكن أن نتعدى هذا الحد الأدنى).

٢ – هدف مع حد أعلى (upper, one-sided goal)، حيث يتم تحديد حد أعلى للهدف (ويمكن أن نتعدى هذا الحد الأعلى).

٣ – هدف مع حد أعلى وأدنى (a two-sided goal)، حيث يتم تحديد هدف في طرفي المعادلة لا نريد أن نتعداها.

ويمكن أن تكون هذه الأهداف متساوية (non - preemptive goal programming) أو غير متساوية في أهميتها (Preemptive goal Programming). وفي الحالة الثانية يتم وضع أولويات لكل هدف (عن طريق متخذي القرار) عن طريق

إدراج متغيرات معينة (متغيرات الانحراف، Deviational Variables) في كل هدف ومن ثم إعطاء هذا الانحرافات أوزاناً مختلفة في دالة الهدف. وعادة ما تكون دالة الهدف عبارة عن مجموع الانحرافات المختلفة، وبالتالي فإن الهدف الأعظم لهذه الدالة هو تدنية مجموع هذه الانحرافات.

وللاطلاع بشكل أعمق في البرمجة الخطية الهدفية يرجى مراجعة بعض الكتابات السابقة (Lee, 1972; Ignizio, 1976; Zeleny, 1982; Shniederjans, 1995).

ثانياً: الرموز المستخدمة والمتغيرات والثوابت في النموذج

يعتبر النموذج المقترح في هذه الدراسة عاما جدا بحيث يمكن استخدامه في عدة مجالات، وفي تطبيقات مختلفة، سواء كان ذلك في مشكلات الموقع/والتنسيب (Location/Allocation) أو مشكلات أخرى لها الصفات نفسها. أما المؤشرات والمتغيرات والثوابت المستخدمة في النموذج فهي كما هو مبين في الجدول (١).

ثالثا: أهداف النموذج الرياضي في شكل معادلات خطية

أ – تدنية التكاليف الثابتة

لعل من الأهداف الشائعة لدى التخطيط لمواقع «حيوية» تدنية التكاليف الثابتة من جراء إقامة مركز صحي في موقع معين (Tsourous and Satrazemi, 1994). فمن المعادلة رقم (١) نلاحظ أن (B) هو الحد الأقصى للتكاليف الثابتة.

$$\sum_{j=1}^{m} C_j Y_j + d_1^- - d_1^+ = B \qquad (1)$$

ب – تدنية التكاليف التشغيلية السنوية

والتكاليف التشغيلية عادة تعكس حجم الميزانية السنوية المخصصة للمراكز الصحية وذلك حسب توزيعها الجغرافي، وحسب المتوقع من الطلب عليها. من المعادلة (٢) يلاحظ أن (O) هو الحد الأقصى للتكاليف التشغيلية.

$$\sum_{j=1}^{m} O_j Y_j + d_2^- - d_2^+ = O \qquad (2)$$

ج – تغطية الطلب المتوقع من كل مركز كثافة سكانية

لا بد للنموذج من أن يراعي حجم الطلب المتوقع من الخدمات الصحية لكل منطقة من المناطق السكانية للمستقبل؛ ولهذا فإن اتخاذ قرارات الموقع يُعَدُّ من القرارات الاستراتيجية، ومن الممكن في هذا الباب الاستعانة بالوزارات والبلديات المعنية لتعرّف حجم الطلب المستقبلي. ومن المعادلة رقم (٣) نلاحظ أن هناك معادلة منفصلة لكل منطقة سكانية فيصبح الهدف بناء عليها إعطاء نظرة شمولية للمناطق السكانية دون إعطاء أولوية لمنطقة سكانية معينة أو مركز طبي معين.

$$\sum_{j=1}^{m} X_{ij} + d_{3i}^- - d_{3i}^+ = R_i \text{ for } i = 1, 2, 3, \ldots, n \qquad (3)$$

ولعل هذا هو الهدف المتبع أيضاً في نماذج الموقع التي تعتمد على الطرق التقليدية كطريقة مركز الجانبية Center of Gravity التي تأخذ الطلب المتوقع في الحسبان.

د – تدنية متوسط الزمن اللازم للوصول من المركز السكاني إلى المركز الصحي

إن معيار متوسط الزمن اللازم للوصول ورد في معظم البحوث المعنية بمواقع العمليات «الحيوية». وبما أن الهدف هو تدنية الزمن الكلي من جراء اتخاذ القرار الشامل لمواقع المراكز الصحية، فإننا قد نطلب من النموذج أن يجعل قيمة الطرف الأيمن من المعادلة رقم (٤) مساوياً الصفر، علماً بأن هذا الرقم يستحيل الحصول عليه، إلا أن النموذج سيراعى على الأقل الاقتراب من الصفر ما أمكن وهذا هو المطلوب. وتوضح المعادلة أن هناك معادلة واحدة فقط في الواقع تمثل كافة المناطق السكانية، ويلاحظ أن وجود T_{ij} في المعادلة هو بمثابة ضريبة تزيد في القيمة إذا زاد الزمن اللازم للوصول من مركز سكاني إلى مركز طبي، وبما أن مساواة المعادلة بالصفر غير مفضل؛ لأنه سوف يعطي الحلول المنتكسة الفرصة للظهور بكل مشاكلها (Degeneracy Solutions)، فإننا نقترح مساواة الطرف الأيمن للمعادلة برقم صغير جداً مثل ε.

$$\sum_{i=j}^{n}\sum_{j=1}^{m} T_{ij}X_{ij}Y_j + d_4^- - d_4^+ = \varepsilon \qquad (4)$$

هـ – تدني متوسط المسافة المقطوعة بين المركز السكاني والمركز الصحي

إن تدنية متوسط المسافة تُعَدُّ معيارا شائعا أيضا عند تخطيط مواقع العمليات «الحيوية»، فتتبع هذه المعادلة المنطق العلمي نفسه المتبع عند تدنية متوسط الزمن اللازم.

$$\sum_{i=j}^{n}\sum_{j=1}^{m} D_{ij}X_{ij}Y_j + d_5^- - d_5^+ = \varepsilon \qquad (5)$$

ويجب أن نضيف هنا أن البحث يركز على حل مشكلة داخلية، ولهذا فقد قمنا بقياس المسافة الحقيقية بين المواقع أولاً، وأخذ الزمن اللازم للوصول في أزمنة مختلفة ومتعددة ثانياً، ومن ثم حساب المتوسط ثالثاً.

ويجب أن نذكر في هذا المجال أن هناك أبحاثاً سابقة قد قامت أيضا بتمثيل متوسط الزمن أو المسافة بمعادلة واحدة فقط دون أي نظر في معادلات منفصلة لكل منطقة سكانية (Badri *et al,* 1997). والهدف من تلك المنهجية هو أن الانحراف الناتج من عدم التوصل إلى الصفر بالنسبة إلى الزمن اللازم أو المسافة اللازمة عادة يعكس الانحراف الكلي الناتج من التحليل. وهنا نلاحظ أيضا أن D_{ij} يمثل ضريبة تزيد قيمتها كلما زادت المسافة بين المركز السكاني والمستوصف الطبي.

و – تلبية الحاجة إلى العدد المتوقع من المستوصفات الطبية

وبناء على قرارات التنبؤ يحبِّذُ متخذو القرار عادة أن يكون هناك عدد معين من هذه المراكز الصحية كحد أقصى، فيحاول النموذج التوصل إلى هذا العدد ما أمكن. والمعادلة رقم (٦) تقرر أن الطرف الأيمن للمعادلة يساوي العدد المتوقع من هذه المراكز ويمكن أيضاً جعل

هذه المعادلة جامدة بحيث تحذف متغيرات الانحراف مرغماً وذلك بتساوي الطرفين الأيمن والأيسر.

$$\sum_{j=1}^{m} Y_j + d_6^- - d_6^+ = L \qquad (6)$$

وهذا القيد يمثل الجانب الاقتصادي عند التخطيط لمراكز المستوصفات. أما من الناحية «الأخلاقية» حيث ترتبط المشكلة بحياة الناس، فإنه لا يجوز أن نضع حداً أقصى لعدد المراكز، وأما من الناحية العملية والاقتصادية فلا بد من التقيد بحدود متاحة للصرف المالي حيث إن العدد الأكبر من المراكز يعني بطبيعة الحال تكلفة أعلى.

ز – عدم تعدي الطاقة الاستيعابية للمراكز الصحية

يبدي متخذو القرار في المراكز الصحية رغبة في تقديم خدمات منتظمة ضمن الموارد المتاحة للمركز، وبالتالي وإن أمكن عدم تعدي عدد المراجعين للطاقة الاستيعابية المتوقعة للمركز. وتمثل مجموعة المعادلات في (٧) في الطرف الأيمن لها الطاقة الاستيعابية السنوية لكل مركز صحي.

$$\sum_{i=j}^{n} X_{ij} Y_j + d_{7j}^- - d_{7j}^+ = S_i \text{ for } j = 1, 2, 3..., m \qquad (7)$$

والمعادلة بهذه الصياغة تضمن توزيع تجمعات المرضى على المراكز بشرط عدم تعدي إمكانيات المراكز الصحي والموارد المتاحة فيه.

ح – القيود الفنية

هناك الحاجة عادة إلى ربط المتغير (Y_j) مع المتغير (Y_{ij}) بشكل مباشر لكي يتم تأمين عدم تنسيب سكان من مناطق مختلفة على مراكز طبية إلا إذا كانت هذه المراكز الطبية موجودة فعلاً، وبمعنى آخر، إذا قرر النموذج الرياضي عند الحل أن المركز الصحي الثالث يجب أن يغلق (أي أن صفر = Y_3) فإنه بالتالي يجب أن لا ينسب أي مريض إلى هذا المركز وإلا فإن النموذج لا يمثل الواقع العملي الذي صمم من أجله. ولتأمين ذلك ثَمَّةَ دراسات عديدة استخدمت المعادلة كما في رقم (٨) للتأكد من هذا القيد أو هذا الشرط (Lee and Granz, 1979; Green *et al*, 1981; Lee *et al*, 1981). حيث إن الرقم M في المعادلة يمثل رقما كبيراً جداً.

$$\text{for } X_{ij} \geq \phi \text{ (and integer)}$$

$$\sum_{i=j}^{n} X_{ij}\, MY_j \leq \phi \text{ for } j = 1, 2, 3..., m \qquad (8)$$

ط – قيود أخرى

يرغب بعض متخذي القرار في عدم إقامة مستوصفات ضمن قطر دائرة معين، أو في عدم وجود عدة مراكز طبية ضمن قطر دائرة معين، وصياغة هذه المعادلات عادة تكون سهلة وتخص هذه المراكز الطبية المعنية فقط. ويتوقف عدد هذه المعادلات على عدد هذه الحدود [انظر المعادلة رقم (٩)].

$$\sum_{j=1}^{m} Y_j + d_8^- - d_8^+ = A \quad \text{(مراكز تشملها القيود)} \quad (9)$$

حيث إن A تمثل رقماً صحيحاً حسب الغاية منه. فمثلاً إذا كان الشرط هو اختيار مستوصف واحد فقط من بين Y_1 و Y_2، يمكن كتابة القيد كالتالي:

$$(Y_1 + Y_2 + d_8^+ = 1) \quad (10)$$

رابعا: دالة الهدف

تحاول دالة الهدف المتمثلة بالمعادلة رقم (١١) تدنية الانحرافات الناتجة من عدم تحقيق الهدف المرجو (أو الأهداف المرجوة). والرمز (P) في دالة الهدف يجب أن يعكس الأولويات التي يضعها متخذ القرار لكل هدف من هذه الأهداف.

$$\begin{aligned} \text{Minimiez } Z = {} & P_1(d_1^- + d_1^+) + P_2(d_2^- + d_2^+) \\ & P_3 \sum_{i=j}^{m} (d_3^- i + d_3^+ i) + P_4(d_4^- + d_4^+) \\ & P_5(d_5^- + d_5^+) + P_6(d_6^- + d_6^+) + P_7 \sum_{i=j}^{m} \\ & (d_{7i}^+ + d_{7i}^-) + P_8 \sum_{i=j}^{m} (d_{8i}^+ + d_{8i}^-) \end{aligned} \quad (11)$$

وفي حالة تكرار الأولوية الواحدة لأكثر من قوس، فإنه يجب أن يكون هناك ترجيح باستخدام أوزان معينة (W_k).

التطبيق العملي للنموذج

أولا: مدينة العين – نبذة

وقّعت دولة الإمارات العربية المتحدة مع مجموعة الدول الأعضاء في منظمة الصحة العالمية بروتوكول «آلماتا» في سبتمبر من سنة ١٩٧٨ في الاتحاد السوفييتي، وقد نص هذا البروتوكول على ان الرعاية الصحية الأولية الشاملة هي المدخل الأول والأساسي للرعاية الصحية لكل مستوياتها، وأسلوب لتحقيق الصحة للجميع قبل سنة ٢٠٠٠. ومن الجدير بالذكر أن السياسة الصحية الأولية لدولة الإمارات قد اعتمدت على العديد من الأهداف منها توفير أفضل حد من الرعاية الصحية بمستوياتها الأولية والتخصصية للسكان كلهم.

ويتبع إدارة الرعاية الصحية الأولية العديد من المراكز الصحية المنتشرة في مختلف مناطق الدولة والتي تقدم الخدمات العلاجية والوقائية لكافة السكان، وبما أننا بصدد تطبيق النموذج المقترح على مدينة العين، فإنه من الضروري إعطاء نبذة مختصرة عن هذه المستوصفات الصحية في العين، فهناك ٢٠ مركزاً صحياً قائماً حالياً في مدينة العين، والمراكز الصحية هي مركز الموظفين (يوجد في مستشفى العين)، ومركز المدينة، ومركز المسعودي، ومركز الهيلي، ومركز المويجعي، ومركز زاخر، والمركز الحديث (وهو معروف بعود التوبة)، ومركز النيادات، ومركز المقام ومركز مزيد، ومركز اليحر، ومركز رماح، ومركز الشويب، ومركز الفقع، ومركز الوجن، ومركز القوع ومركز الخزنة، ومركز سويحان. ومن جهة أخرى فإن هناك مراكز مقترح إقامتها وهي: مركز الهيلي، ومركز العوهة، ومركز فلج هزاع، ومركز مريفيعة. ويعمل في المركز الصحي التابع لمدينة العين من الأطباء والممرضات والكتبة والضباط الإداريين وفنيي الصيدلة والمختبرات. ولقد بلغ إجمالي عدد القوى

جدول ١
المؤشرات والمتغيرات والثوابت في النموذج

المؤشر أو المتغير أو الثابت	الشرح والملاحظات
I	مؤشر (Index) لمركز كثافة سكانية يقوم بتلقي الخدمات الصحية
J	مؤشر (Index) لموقع مركز صحي يقوم بخدمة مراكز الكثافات السكانية
N	الحد الأقصى لعدد مراكز الكثافات السكانية المختلفة في المدينة
M	الحد الأقصى لعدد المراكز الصحية المقترح إقامتها (أو المتواجدة) في المدينة
Y_j	يساوي واحداً صحيحاً إذا تم اختيار الموقع j لإقامة مركز صحي ويساوي صفراً إذا لم يتم اختيار الموقع (متغيرات يجب تعرفها من النموذج)
X_{ij}	عدد المرضى (السكان) من مركز الكثافة السكانية i والمنسبين إلى الموقع j الصحي (المتغيرات التي يجب تعرفها من النموذج)
C_j	التكلفة الثابتة من جراء إقامة مركز صحي في الموقع j
B	الحد الأقصى للتكلفة الثابتة المصرح بها لإقامة كافة المستوصفات الطبية
R_i	الطلب السنوي للخدمات الصحية المطلوبة من قبل المركز السكاني i
D_{ij}	متوسط المسافة بين المركز السكاني i والمركز الصحي j
M	عدد كبير جدا موجب
T_{ij}	متوسط الزمن اللازم للانتقال من المركز السكاني i إلى المركز الصحي j
S_j	الطاقة القصوى للمركز الصحي j (عدد المرضى في السنة)
O_j	التكلفة التشغيلية من جراء إقامة مركز صحي في الموقع j
L	العدد المرغوب من المراكز الصحية
ε	عدد صغير جدا
A	عدد صحيح يساوي العدد من المراكز الطبية ضمن قطر دائرة معين
d_1^+, d_1^-	الانحراف الموجب والسالب من عدم تحقيق هدف تدنية التكاليف الثابتة
d_2^+, d_2^-	الانحراف الموجب والسالب من عدم تحقيق هدف تدنية التكاليف التشغيلية السنوية
d_3^+, d_3^-	الانحراف الموجب والسالب من عدم تحقيق هدف تغطية الطلب المتوقع
d_4^+, d_4^-	الانحرافات الموجبة والسالبة من عدم تحقيق هدف تدنية متوسط الزمن اللازم
d_5^+, d_5^-	الانحرافات الموجبة والسالبة من عدم تحقيق هدف تدنية متوسط المسافة اللازمة
d_6^+, d_6^-	الانحراف الموجب والسالب من عدم تحقيق هدف العدد المتوقع من المراكز الصحية
d_7^+, d_7^-	الانحراف الموجب والسالب من عدم تحقيق هدف الطاقة الاستيعابية للمراكز الصحية
d_8^+, d_8^-	الانحراف الموجب والسالب من عدم تحقيق هدف عدد معين للمراكز الطبية ضمن قطر دائرة معين

العاملة من هذه الفئات حوالي ٣٤٦ في نهاية ١٩٩٥ (بزيادة ٦٧% على ١٩٩٤). وبلغ إجمالي عدد القوى العاملة من هذه الفئات حوالي ٤١٦ في نهاية ١٩٩٦ (أي بزيادة ٢٠% على ١٩٩٥). ويمكن إرجاع هذه الزيادة الواضحة في عدد القوى العاملة إلى زيادة عدد السكان في كل منطقة من مناطق العين وبالتالي زيادة الحاجة إلى إقامة مراكز صحية جديدة تتطلب أعداداً أخرى من القوى العاملة. هذا بالإضافة إلى التنمية الشاملة التي تعم الدولة في شتى المجالات ولا سيما الصحة، ومن هذه الزيادة الواضحة في حجم القوى العاملة وعدد السكان يتوقع المسؤولون زيادة في عدد المراكز الصحية المطلوبة.

ويعاني المسؤولون أيضا عدم وجود ميكانيكية واضحة لتنسيب السكان في مدينة العين على مراكز صحية معينة، ويدرك هؤلاء المسؤولون تماما أنه في وجود تنسيب للسكان على مراكز صحية قد تكون هناك حاجة إلى زيادة عدد المراكز الصحية، بل لا بد من إعادة النظر في مواقع المراكز الصحية الحالية لإعادة توزيعها أو إغلاقها بشكل نهائي.

كما ذكرنا مسبقا فإن المراكز الصحية في مدينة العين يبلغ عددها ٢٠ بنهاية عام ١٩٩٦ موزعة على مختلف مناطق المدينة، وبعض هذه المراكز تبعد مسافات كبيرة عن مركز المدينة، ففي جهة الشمال يقع أبعد المراكز الصحية في منطقة الفقع، أما في جهة الجنوب فهناك مركز القوع، ويقع أبعد مركز صحي من جهة الغرب في منطقة الخزنة. ويوضح الشكل رقم (١) خريطة مدينة العين وتوزيع المراكز الصحية عليها. ويلاحظ أيضا من الجدول رقم (٢) أن أكبر عدد من المترددين على المراكز الصحية لسنة ١٩٩٦ كان على مركز اليحر حيث بلغ عدد المترددين على هذا المركز ٤٩,٩١٧ شخصاً. كما نجد أن أقل عدد من المترددين على مركز الفقع حيث بلغ عددهم ٤,٤٤٤ شخصاً. ومن هنا نجد أن الكثافة السكانية لها دور كبير في رفع أعداد المترددين على المراكز الصحية. ولقد لوحظ تراجع نسبة المترددين على المراكز الطبية بنسبة ٨,٢ في المئة في ١٩٩٦ مقارنة بعام ١٩٩٥. ويذكر المسؤولون أن السبب يرجع إلى اتجاه عدد أكبر من المرضى إلى المستشفيات حيث قامت دائرة الصحة بإلزام مراجعي المراكز الطبية بدفع رسوم مقابل الخدمة المقدمة. وهذا ما خفف بالتالي العبء على هذه المراكز من جهة بينما زاد العبء على المستشفيات من جهة أخرى؛ أي أن حل مشكلة معينة جزئيا أدى إلى خلق مشكلة أخرى أكبر.

ويلاحظ من الجدول أن الأرقام متفاوتة جدا من مركز إلى مركز مما يسبب مشكلات للعملية التنظيمية في هذه المراكز. فاكتظاظ المرضى في بعض المراكز أدى إلى اتجاههم إلى المستشفيات (علماً بأن المستشفيات لها دور رئيسي آخر)، ويرى المسؤولون ضرورة ترغيب المرضى في التوجه إلى المراكز ولكن مع مراعاة ضوابط من شأنها أن تسهل مراجعة هؤلاء المرضى للمراكز. ويرون أيضا أن تنسيب الكثافات السكانية إلى مراكز طبية معينة من شأنه أن يرفع من الكفاءة الإدارية لهذه المراكز لكي تؤدي عملها على وجه أفضل.

جدول ٢
عدد المراجعين للمراكز الطبية في مدينة العين

X_i	المركز	عدد المراجعين		
		١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦
١	الموظفين	٧,٢٣٩	٦,٢٩٥	٦,١٦١
٢	المدينة	٢٧,٣٩٧	٢١,٤٠٩	١٧,٣٤٨
٣	المسعودي	٨٠,٨١٩	٥٣,٣١٥	٣٨,١٥٣
٤	الهيلي	٤٤,٢٠١	٢٣,١٠٧	٣٦,١٩٢
٥	المويجعي	٦٠,٠٨٦	٤٣,٢٧٣	٣٥,٠٨٢
٦	زاخر	٤٦,٨٨٠	٤٦,١٣٠	٤٠,٦٣٢
٧	الحديث	٧١,٦١٢	٥٧,٨٩٦	٤٧,٠٣٨
٨	النيادات	٥٧,٩٩٢	٤٥,٥٦٠	٣٣,٢٧٥
٩	المقام	٣٣,١٤٦	٤٠,٠٧٩	٤٠,٢٣٩
١٠	الخبيصي	(لم يبن بعد)	٣٤,٢٢٠	٤٢,٥٣٥
١١	مزيد	٥٣,٩٥٨	٥١,٥٨١	٤٧,٧٠٢
١٢	البحر	٥٢,١٣٩	٤٩,٥٨٣	٤٩,٩١٧
١٣	رماح	١٦,٢٣٥	١٢,٠٤٦	١٠,٤٦٢
١٤	الهير	١٤,١٥٣	١٢,٧٥٥	٩,٦١٠
١٥	الشويب	٦,٣٥٦	٦,٦٨٨	٥,٩٦٠
١٦	الفقع	٤,٥٨٠	٥,١١٤	٤,٤٤٤
١٧	الرصف	٢٣,٦٦٨	٢١,٩٥٨	٥,٠٠٨
١٨	القويم	١٦,٠٢٦	١٤,٦٩٢	١٤,٦٦٩
١٩	الخزنة	١٦,٧٠٢	٩,٣٦٠	٨,٩٥٤
٢٠	سويحان	١٢,٨٠٥	٩,٤٨٨	٩,٩٨٦
	المجموع	**٦٤٦,٠٢٠**	**٥٦٤,٥٤٩**	**٥١٨,٠٤٧**

ثانيا: جمع البيانات

لقد تم تقسيم مدينة العين إلى مناطق سكانية للتسهيل من عملية التقويم، وتمت الاستعانة ببلدية العين في موضوع تقديم التخطيط المتوقع للمدينة في سنة ٢٠٠٠، كما تمت الاستعانة بدائرة الصحة في مدينة العين لتقديم البيانات المتوقعة عن المراكز الصحية حاليا ولسنة ٢٠٠٠.

ويضاف إلى هذا أنه قد تم تشغيل فريق مكون من عشرين باحثا لقياس المسافات بين المناطق السكانية والمناطق المقترحة لإقامة المستوصفات الطبية وحساب الأزمنة بينها استغرقت عملية القياس هذه ثلاثة أشهر. وقامت دائرة الصحة في مدينة العين عن طريق سجلاتها بتقديم كافة البيانات الخاصة بالتكاليف الثابتة

والتشغيلية المتوقعة للمستوصفات الطبية حسب مواقعها، وقدمت الدائرة أيضا أرقاما عن عدد المراجعين في كل مستوصف طبي وعن موقع إقامة كل مراجع وذلك للسنوات العشر الأخيرة (بالأشهر). وكذلك قامت هذه الدوائر بتزويد الفريق البحثي بالحد الأقصى للطاقة المرغوبة في جميع المراكز الطبية، وتم استخدام برنامج مطور للتنبؤ هو (EDSSF) للتنبؤ بالطلب المستقبلي (Badri *et al*, 1997) وللتنبؤ بحجم الطلب على كل مركز لعام ٢٠٠٠. (وبناء على رغبة دائرة الصحة في مدينة العين ستبقى الأرقام المستمدة منها سرية ولأغراض البحث العلمي فقط).

ثالثاً: تطبيق النموذج متعدد الأهداف

إن اتخاذ قرار موقع مركز طبي يعتبر عادة قراراً استراتيجياً لا يمكن تغييره بسهولة بعد اتخاذه وهذا ما يدعو متخذي القرار في مدينة االعين إلى التفكير بشكل علمي تام عند اتخاذ قرار من هذا القبيل. ويجب على القرار أن يأخذ في الحسبان كافة المتغيرات التي تؤثر في العملية التنظيمية للخدمة الصحية المقدمة من جهة وكافة المتغيرات التي تؤمن الراحة واليسر لمتلقي الخدمة الصحية من جهة أخرى.

إن متخذي القرار في مدينة العين بيّنوا أن مناطق العين جميعها يمكن أن تكون مرشحة لإقامة مراكز صحية بها مما يؤكد الرغبة في عدم استبعاد أي منها عند تصميم النموذج الرياضي وتحليله؛ هذا النموذج الذي حلّل عدة مرات بوجود متخذي القرار حيث قاموا بتحليل النتائج أولاً بأول وطرحوا أسئلة أخذت صيغة «ماذا لو كان كذا وكذا؟ – What if?» وهذه الأسئلة أو الاستفسارات كانت بمثابة تحليل للحساسية للمشكلة التي أمامنا.

المعادلة رقم (١) مثلت هدف تدنية التكاليف الثابتة، وكتحليل للحساسية طلب متخذو القرار تغيير الطرف الأيمن للمعادلة عدة مرات للتعرف القريب على تأثير ذلك في الحلول المقترحة من قبل النموذج الرياضي المصمم وذلك عند إعطاء أولوية عالية (قيمتها P_1) لهذه التكاليف الثابتة. والمنطق نفسه تم اتباعه عند النظر في المعادلة رقم (٢) في شأن التكاليف التشغيلية لكل مركز طبي، وعكست المعادلة رقم (٣) حجم الطلب السنوي لكل منطقة سكانية؛ هذا الطلب الذي يجب تلبيته بواسطة المراكز الطبية المقترحة.

وكتحليل للحساسية تم تغيير الطرف الأيمن للمعادلة والذي يمثل حجم الطلب السنوي المتوقع عدة مرات لتعرّف تأثير ذلك في الحلول المقترحة، وهذا النوع من التحليل أتاح الفرصة لمتخذي القرار وغير الواثقين بأرقام التنبؤ أن يثقوا على نحو أكبر بنتائج النموذج متعدد الأهداف.

وأما المعادلة رقم (٦) فقد مثّلت العدد المتوقع من المستوصفات الطبية لسنة ٢٠٠٠م. وقد طلب متخذو القرار أن يحلَّ النموذج المشكلة ولكن مع عدم وجود متغيرات الانحراف (d_6^+, d_6^-) للإبقاء على عدد ثابت وأكيد من المستوصفات الطبية (القيمة الأولية كانت عشرة مراكز طبية).

بما أن متخذي القرار هم الذين قاموا بإعطاء أولويات معينة لكل هدف من الأهداف المرغوب في تحقيقها، فإنه كان لا بد من تغيير بعض الأولويات لتعرّف تأثير ذلك في الحل الشامل، وكما ذكرنا سابقا فإن هناك مواءمة بين هذه الأهداف بعضها بعضاً، وإعطاء أولوية لهدف معين منها من شأنه أن يغير من الحل تماما إذا لم تكن هذه الأولوية موجودة.

لقد تم تصميم النموذج باستخذام برنامج خاص بالبرمجة الخطية؛ وهو برنامج LINDOO وتم تشغيله في محيط Windows 95 باستخدام جهاز Pentium 100 مع 16 MB-RAM وأكثر من 1-MB-Hard Desk. واستغرق استخراج نتائج كل سيناريو ٢٠ ثانية تقريبا، ويعتمد البرنامج في حل البرمجة الهدفية في وجود أولويات Preemptive على طريقة Lexico-optimization حيث يتم السماح لمتخذ القرار بإعطاء قائمة من الأهداف بعد ترتيبها حسب الأولوية. ويقوم بالتالي بإيجاد القيمة المثلى للهدف الأول، وفي ظل هذه القيمة المثلى يحاول أن يجد القيمة المثلى للهدف الثاني وهكذا إلى أن يتم إيجاد القيم المثلى لكافة الأهداف ولكن بشكل متسلسل.

أ – عدم وجود أولويات

بداية قمنا بتشغيل النموذج في حالة عدم وجود أولويات في دالة الهدف حيث إن $(P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8)$. وحيث طلب متخذو القرار أن تتساوى الطاقات الاستيعابية للمراكز الطبية (٦٦,٠٠٠ مراجع سنويا) وأن يحدد العدد المتوقع من هذه المراكز ليكون

جدول ٣

سيناريو (١): (في حالة عدم وجود أولويات والطاقات الاستيعابية تساوي ٦٦,٠٠٠ لكل مركز)

الانحراف عن التكاليف الإجمالية	التنسيب المقترح لكل مركز طبي وإعداد التنسيب	المواقع العشرة المقترحة
انحراف سالب بمقدار ٣٠ مليون درهم	X_{14} (٤,٧٤٥) , X_4 (٤٧,٠٥٠) , X_3 (١٤,٢٠٥)	Y_4 (الهيلي)
	X_5 (٤٥,٦٠٧) , X_3 (١٢,٣٨٣) , X_6 (٨,٠١٠)	Y_5 (المويجعي)
	X_{18} (٦,٦٦٨) , X_{17} (٦٥١٠) , X_6 (٥٢,٨٢٢)	Y_6 (زاخر)
	X_7 (٦١,١٤٩) , X_3 (٤,٨٥١)	Y_7 (الحديث)
	X_8 (٤٣,٢٥٨) , X_3 (١٨٩) , X_2 (٢٢,٥٥٣)	Y_8 (النيادات)
	X_{18} (٨,٤١٥) , X_9 (٥٢,٣١١) , X_3 (٥,٢٧٤)	Y_9 (المقام)
	X_{10} (٥٥,٢٩٦) , X_3 (١٠,٧٠٤)	Y_{10} (الخبيصي)
	X_{18} (٣,٩٨٧) , X_{11} (٦٢,٠١٣)	Y_{11} (مزيد)
	X_{12} (٦٤,٨٩٢) , X_3 (١,١٠٨)	Y_{12} (البحر)
	X_{15} , X_{14} (١٢,٤٩٣) , X_{13} (١٣,٦٠١) , X_3 (٨٨٥)	Y_{20} (سويحان)
	X_{20} (١٢,٩٨١) , X_{19} (١١,٦٤٠) , X_{16} (٥,٧٧٧) , (٧,٧٤٨)	

عشرة فقط (في هذه الحالة نلاحظ أن ١٠= L في المعادلة رقم ٦، وتم حذف متغيرات الانحراف من المعادلة).

الجدول رقم (٣) يبين نتائج هذا السيناريو من حيث المواقع المقترحة والتنسيب المقترح. ويوضح أيضا مقدار الانحراف المتوقع في التكاليف من جراء تطبيق هذا السيناريو.

إن الحل الموضح في الجدول لم يبد مناسبا لمتخذي القرار لعدة أسباب منها: أن المنطقة السكانية الثالثة (المسعودي = X_3) تم تنسيب السكان فيها على ثمانية مراكز طبية.

وهناك مناطق سكانية أخرى أيضا تم تنسيبها إلى أكثر من مركز طبي، ويبدو من الحل أيضا أن هناك حوالي ثلاثين مليون درهم لم يتم استغلالها في هذا الحل.

ومن تحليل الحساسية (Sensitivity Analysis) للطرف الأيمن للمعادلة الأولى والثانية الخاصتين بالتكاليف يبدو أن التكاليف الثابتة يمكن أن تخفض بمقدار ١١ مليون درهم وتخفَّض التكاليف التشغيلية بمقدار ١٩ مليون درهم دون أي تأثير في الحل بهذه الصورة الموضحة من خلال السيناريو رقم ١.

ب – زيادة الطاقة الاستيعابية للمراكز الطبية

للتعرف الأكثر على مدى تأثير الطاقة الاستيعابية في مواقع العمليات ومقدار التنسيب تم حل النموذج بجعل الطرف الأيمن للمعادلة رقم (٧) عدداً كبيراً جداً بافتراض عدم وجود طاقة استيعابية قصوى للمراكز الطبية فيلاحظ من خلال السيناريو رقم (٢) أن الحل يختلف تماما عن الحل المقترح من خلال السناريو رقم (١).

جدول ٤

سيناريو (٢): (في حالة زيادة الطاقة الاستيعابية للمراكز الطبية إلى ما لا نهاية)

الانحراف عن التكاليف الإجمالية	التنسيب المقترح لكل مركز طبي وعدد التنسيب	المواقع العشرة المقترحة
انحراف سالب	X_{16} (٥٧٧٧) , X_{15} (٧,٤٨٧) , X_{14} (١٢,٤٩٣) , X_4 (٤٧,٠٥٠) , X_3 (١٤,٢٠٥)	Y_4 (الهيلي)
بمقدار ٤٣	X_5 (٤٥,٦٠٧) , X_1 (٨,٠١٠)	Y_5 (المويجعي)
مليون درهم	X_6 (٥٢,٨٢٢)	Y_6 (زاخر)
	X_8 (١٦,٢٩٧) , X_7 (٦١,١٤٩) , X_2 (٢٢,٥٥٣)	Y_7 (الحديث)
	X_{19} (١٣,١١٥) , X_9 (٥٢,٣١١)	Y_9 (المقام)
	X_{10} (٥٥,٢٩٦) , X_3 (٤٤,٧٠٣)	Y_{10} (الخبيصي)
	X_{11} (٦٢,٠١٣) , X_{12} (٢٦,٩٦١)	Y_{11} (مزيد)
	X_{19} (٨,٥٢٥) , X_{13} (١٣,٦٠١) , X_{12} (٦٤,٨٩٣)	Y_{12} (اليحر)
	X_{18} (١٩,٠٧٠) , X_{17} (٦,٥١٠)	X_{18} (القوع)
	X_{20} (١٢,٩٨١)	Y_{20} (سويحان)

يلاحظ من الجدول أن بعض المراكز الطبية المقترحة قد تم تنسيب عدد كبير من السكان إليها (مثل مركز الهيلي حيث تم تنسيب ٧٧,٩٦٤ من السكان إليه والمركز الحديث حيث تم تنسيب ٩٩,٩٩٩ من السكان إليه ومركز اليحر حيث تم تنسيب ٨٧,٠١٨ من السكان إليه). ومن ناحية أخرى يلاحظ عدم استغلال حوالي ٤٣ مليون درهم مخصصة لهذا الغرض. والشيء الإيجابي في هذا السيناريو هو أن الموقع السكاني الثالث (المسعودي) قد تم تنسيبه على مركزين طبيين فقط مقارنة بالسيناريو الأول عندما تم تقسيم سكان المسعودي على ثمانية مراكز طبية.

ج – تثبيت الطاقة الاستيعابية للمراكز الطبية وزيادة عددها

طلب متخذو القرار بعد مناقشات طويلة رفع الطاقة الاستيعابية للمراكز الطبية كحد أقصى ليصبح ثمانين ألف في السنة الواحدة، وكذلك زيادة العدد المقترح من المراكز الطبية إلى ١١ مركزاً طبياً بدلاً من عشرة مراكز. والجدول رقم (٥) يبين نتائج هذا السيناريو (رقم ٣).

ويبدو من هذا السيناريو أيضا مدى حساسية المركز السكاني رقم (٣) وهو المسعودي حيث تم تنسيبه على ٣ مراكز طبية وهو الأمر الذي استدعى نقاشاً واسعاً من متخذي القرار وخاصة حين يؤخذ في الحسبان أنه من المتوقع أن يقطن هذه المنطقة أكثر من ٥٠ ألف نسمة بحلول سنة ٢٠٠٠.

د – تثبيت المسعودي كمركز طبي، وإعطاء الأولوية للتكلفة ثم للمسافات

لتعرّف كيفية الحل والتنسيب لدى تثبيت مركز المسعودي كمركز طبي [من خلال إضافة معادلة وهي ($Y_3 = 1$)] وكذلك

جدول ٥

سيناريو (٣): زيادة الطاقة الاستيعابية وعدد المراكز الطبية إلى ١١

الانحراف عن التكاليف الإجمالية	التنسيب المقترح لكل مركز طبي وعدد التنسيب	المواقع المقترحة
انحراف سالب	(X_{16} (٥,٧٧٧) , (X_{15} (٧,٧٤٨) , (X_{14} (١٢,٤٩٣) , (X_4 (٤٧,٠٥٠) , (X_3 (٦,٩٣٢)	(Y_4) (الهيلي)
بمقدار ٢٠	(X_5 (٤٥,٦٠٧) , (X_1 (٧,١٢٢)	(Y_5) (المويجعي)
مليون درهم	(X_6 (٥٢,٨٢٢)	(Y_6) (زاخر)
	(X_7 (٦١,١٤٩) , (X_3 (١٧,٩٦٣) , (X_6 (٨٨٨)	(Y_7) (الحديث)
	(X_8 (٤٣,٢٥٨) , (X_2 (٢٢,٥٣٣)	(Y_8) (النيادات)
	(X_9 (٥٢,٣١١)	(Y_9) (المقام)
	(X_{10} (٥٥,٢٩٦) , (X_3 (٢٤,٧٠٤)	(Y_{10}) (الخبيصي)
	(X_{11} (٦٢,٠١٣)	(Y_{11}) (مزيد)
	(X_{20} (١٢,٩٨١) , (X_{12} (٦٤,٨٩٢)	(Y_{12}) (اليحر)
	(X_{19} (١١,٦٤٠) , (X_{13} (١٣,٦٠١)	(Y_{13}) (رماح)
	(X_{18} (١٩,٠٧٠) , (X_{17} (٦,٥١٨)	(X_{18}) (القوع)

إعطاء الأولوية للتكاليف الثابتة ثم التشغيلية ثم للمسافات (من خلال دالة الهدف $P_1 > P_2 > P_4$) نلاحظ أن الحل يؤدي إلى انحراف سالب في التكاليف الإجمالية بمقدار ١٧ مليون درهم ويؤدي كذلك إلى تنسيب كافة القاطنين في المسعودي على المركز الطبي في المنطقة نفسها بدلاً من توزيعهم على مراكز طبية في مناطق أخرى حسب السيناريوهات السابقة.

لقد أجريت بعد ذلك عدة اختبارات مع تغيير بعض الأولويات والطاقات المتوقعة للطلب للمراكز السكانية وكذلك الاستيعاب لهذه المراكز الطبية. ويمثل السيناريو الأخير خلاصة النقاش الطويل المرهق في محاولة للتوصل إلى حل يرضي الجميع سواء كانوا من متخذي القرار أو من السكان الذين سيتأثرون تأثراً مباشراً باتخاذ أي قرار استراتيجي كهذا القرار.

هـ – السيناريو الأخير

استقر القرار عند السيناريو الأخير الذي اقترح رفع الطاقة الاستيعابية للمراكز الطبية وتثبيتها عند ٨٠,٠٠٠ نسمة، وكذلك تثبيت مركز المسعودي الطبي ورفع العدد المتوقع للمراكز الطبية إلى ١٢ مركزاً طبياً. ومن حيث الأولويات رأى المسؤولون إعطاء الأولوية العظمى للمسافة ومن ثم التكاليف الثابتة والتشغيلة ومن ثم الطلب المتوقع. والجدول (٧) يبين نتيجة هذا السيناريو الختامي.

وكتحليل للحساسية، وكناتج لهذا السيناريو تم النظر في المدى المسموح به للتغير في الطرف الأيمن في المعادلات الخاصة بالأهداف (أو بالقيود) وذلك من دون إحداث أي تغيير في نتائج هذا السيناريو. والجدول رقم (٨) يبين نتائج تحليل الحساسية للطرف الأيمن من الأهداف.

جدول ٦

سيناريو (٤): (عدد المراكز يساوي ١١ مع تثبيت مركز المسعودي وإعطاء الأولوية للتكاليف)

الانحراف عن التكاليف الإجمالية	التنسيب المقترح لكل مركز طبي وعدد التنسيب	المواقع المقترحة
انحراف سالب	X_3 (٤٩,٥٩٩)	Y_3 (المسعودي)
بمقدار ١٧	X_{16} (٥,٧٧٧) , X_{15} (٧,٧٤٨) , X_{14} (١٢,٤٩٣) , X_4 (٤٧,٠٥٠)	Y_4 (الهيلي)
مليون درهم	X_5 (٤٥,٦٠٧)	Y_5 (المويجعي)
	X_6 (٥٢,٨٢٢)	Y_6 (زاخر)
	X_7 (٦١,١٤٩) X_2 (١٠,٨٤١) , X_1 (٨,٠١٠)	Y_7 (الحديث)
	X_8 (٤٣,٢٥٨) , X_2 (١١,٧١٢)	Y_8 (النيادات)
	X_{19} (١١,٦٤٠) , X13 (١١,٤٧٤) , X_9 (٥٢,٣١١)	Y_9 (المقام)
	X_{10} (٥٥,٢٩٦)	Y_{10} (الخبيصي)
	X_{11} (٦٢,٠١٣)	Y_{11} (مزيد)
	X_{20} (١٢,٩٨١) , X_{13} (٢,١٢٧) , X_{12} (٦٤,٨٩٢)	Y_{12} (اليحر)
	X_{18} (١٩,٠٧٠) , X_{17} (٦,٥١٠)	X_{18} (القوع)

جدول ٧
السيناريو الأخير

الانحراف عن التكاليف الإجمالية	التنسيب المقترح لكل مركز طبي وعدد التنسيب	المواقع المقترحة
انحراف سالب بمقدار ١ مليون درهم (تشغيلة)	X_3 (٤٩,٥٩٩)	Y_3 (المسعودي)
	X_4 (٤٧,٠٥٠) , X_{14} (١٢,٤٩٣) , X_{15} (٧,٧٤٨) , X_{16} (٥,٧٧٧)	Y_4 (الهيلي)
	X_5 (٤٥,٦٠٧)	Y_5 (المويجعي)
	X_6 (٥٢,٨٢٢)	Y_6 (زاخر)
	X_1 (٨,٠١٠) , X_2 (١٠,٨٤١) , X_7 (٦١,١٤٩)	Y_7 (الحديث)
	X_2 (١١,٧١٢) , X_8 (٤٣,٢٥٨)	Y_8 (النيادات)
	X_9 (٥٢,٣١١)	Y_9 (المقام)
	X_{10} (٥٥,٢٩٦)	Y_{10} (الخبيصي)
	X_{11} (٦٢,٠١٣)	Y_{11} (مزيد)
	X_{12} (٦٤,٨٩٢) , X_{20} (١٢,٩٨١)	Y_{12} (اليحر)
	X_{13} (١٣,٦٠١) , X_{19} (١١,٦٤٠)	Y_{13} (رماح)
	X_{17} (٦,٥١٠) , X_{18} (١٩,٠٧٠)	X_{18} (القوع)

وأهمية الجدول (٨) تكمن في أنه يمكننا من تعرّف تأثير زيادة الطلب المتوقع في بعض المناطق السكانية في الحلول الاستراتيجية المقترحة من حيث مواقع المراكز الطبية وكذلك من حيث تنسيب السكان إلى هذه المراكز. ويلاحظ في المناطق السكانية كلها أنه من الممكن أن تطرأ تغيرات كبيرة في حجم الطلب المتوقع دون أن يؤثر ذلك في الحل المقترح من قبل النموذج متعدد الأهداف. والمناطق الوحيدة التي يجب أن لا يطرأ فيها تغيرات كبيرة في حجم الطلب المتوقع هي المنطقة رقم (٢٠) وهي سويحان وكذلك المنطقة رقم (١٢) وهي اليحر حيث إنه يجب ألا يزيد الطلب المتوقع على أكثر من ١٢٧،٢ فقط وإلا فإن الحل المستمد من هذا النموذج سيطرأ عليه بعض التغيرات.

وبعد مناقشات مطولة رأى متخذو القرار أن هذه النقطة مقبولة لديهم، ويوضح الجدول أيضاً أن الانحراف المسموح به في التكاليف لا يزيد على مليون درهم بالموجب ودون السماح بأي نقص سواء في التكاليف الثابتة أو التشغيلية. ويوضح الجدول أيضاً أن حدوداً دنيا لا يمكن تجاوزها بالنسبة إلى الطاقات الاستيعابية للمراكز الطبية المفترضة في حين أن ١١ منطقة طبية لا تؤثر زيادة طاقاتها الاستيعابية في الحلول المقترحة.

جدول ٨
تحليل الحساسية للطرف الأيمن من معادلات الأهداف (أو القيود)

القيمة المسموح بها بالنقص	القيمة المسموح بها بالزيادة	القيمة الحالية	الطرف الأيمن
٠,٠٠٠	ما لا نهاية	١٨٠,٠٠٠,٠٠٠	مجمل التكاليف الثابتة
٠,٠٠٠	١,٠٠٠,٠٠٠	١٦٠,٠٠٠,٠٠٠	مجمل التكاليف التشغيلية
٨,٠١٠	١٠,٨٤١	٨,٠١٠	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (١)
١١,٧١٢	٢٥,٠٣٠	٢٢,٥٥٣	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (٢)
٤٩,٥٩٩	٣٠,٤٠١	٤٥,٥٩٩	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (٣)
٤٧,٠٥٠	٦,٩٣٢	٤٧,٠٥٠	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (٤)
٤٥,٦٠٧	٣٤,٣٩٣	٤٥,٦٠٧	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (٥)
٥٢,٨٢٢	٢٧,١٧٨	٥٢,٨٢٢	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (٦)
١١,٧١٢	١٠,٨٤١	٦١,١٤٩	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (٧)
٤٣,٢٥٨	٢٥,٠٣٠	٤٣,٢٥٨	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (٨)
٥٢,٣١١	٢٧,٦٨٩	٥٢,٣١١	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (٩)
٥٥,٢٩٦	٢٤,٧٠٤	٥٥,٢٩٦	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (١٠)
٦٢,٠١٣	١٧,٩٨٧	٦٢,٠١٣	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (١١)
٦٤,٨٩٢	٢,١٢٧	٦٤,٨٩٢	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (١٢)
١٣,٦٠١	٥٤,٧٥٩	١٣,٦٠١	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (١٣)
١٢,٤٩٣	٦,٩٣٢	١٢,٤٩٣	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (١٤)
٧,٧٤٨	٦,٩٣٢	٧,٧٤٨	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (١٥)
٥,٧٧٧	٦,٩٣٢	٥,٧٧٧	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (١٦)
٦,٥١٠	٥٤,٤٢٠	٦,٥١٠	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (١٧)
١٩,٠٧٠	٥٤,٤٢٠	١٩,٠٧٠	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (١٨)
١١,٦٤٠	٥٤,٤٢٠	١١,٦٤٠	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (١٩)
١٢,٩٨١	٢,١٢٧	١٢,٩٨١	الطلب المتوقع للمنطقة السكانية (٢٠)
٨٠,٠٠٠	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (٢)
٣٠,٤٠١	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (٣)
٦,٦,٩٣٢	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (٤)
٣٤,٣٩٣	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (٥)
٢٧,١٧٨	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (٦)
١٠,٨٤١	١١,٧١٢	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (٧)
٢٥,٠٣٠	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (٨)
٢٧,٦٨٩	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (٩)
٢٤,٧٠٤	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (١٠)
١٧,٩٨٧	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (١١)
٢١٢٧	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (١٢)
٥٤,٧٥٩	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (١٣)
٥٤,٤٢٠	ما لا نهاية	٨٠,٠٠٠	الطاقة الاستيعابية للمنطقة الطبية (١٨)

المناقشة والخلاصة

هدفت هذه الدراسة إلى إيجاد منهجية عامة لتحديد مواقع المراكز الطبية ولتنسيب السكان في المناطق السكنية إلى هذه المراكز الطبية فتم تحديد عدة معايير مهمة صِيغَت ضمن نموذج للبرمجة الهدفية، واشترك في صياغة المشكلة وتحليل النتائج ومناقشتها فريق كامل من متخذي القرار المعنيين في هذه المراكز الطبية مما جعل هذا النموذج في درجة عالية من المصداقية العملية.

لقد قدمت الدراسة مثالاً عملياً على مدى فعالية نماذج الموقع في اتخاذ قرارات استراتيجية مهمة في ظل أهداف متضاربة كالتكلفة من جهة والمنفعة من جهة أخرى، وركز النموذج على عنصرين مهمين في النظام الطبي المدعوم بالحكومة وهما العنصر الداخلي التنظيمي الذي يراعي حسن سير العمليات، والعنصر الخارجي والخاص براحة متلقي الخدمة الطبية من حيث مسافة المراكز الطبية والزمن اللازم للوصول إليها عند الحاجة. بمعنى آخر فإن تدني التكاليف الإجمالية (تكاليف ثابتة وتكاليف تشغيلية) وتعظيم النفع العائد على متلقي الخدمة من حيث الراحة واليسر في الوصول إلى هذه المراكز (عنصري المسافة والزمن) من الأمور الهامة في اتخاذ قرار موقع مركز طبي.

المراجع

Badri, M., Al-Mutawa, A., Davis, D. and Davis D. 1997. EDSSF: A Decision Support System (DSS) for Electricity Peak-Load Forecasting. *The International Journal,* 22(6): 570-589.

Badri, M., Mortagy, A. and Al-Sayed, A. 1997. A multi-objective Model for Locating Fire Stations. *European Journal of Operational Research,* 110 (2): 187-222.

Batta, R.; Dolan, J. and Krishnamurthy, N. 1989. The Maximal Expected Covering Location Problem Revisited. *Transportation Seience,* 23: 277-287.

Benveniste, R. 1985. Solving the Combined Zoning and Location Problem for Several Emergency Units. *Journal of the Operational Research Society,* 36: 433-450.

Berman, O. and Larson, R. 1982. The Median Problem with Congestion. *Computers and Operations Research,* 21: 207-216.

Brandeau, M. and Larson, R. 1986. Extending and Applying the Hypercube Guessing Model to Deploy Ambulances in Boston. *TIMS Studies in the Management Sciences,* 22: 121-153.

Chaiken, J. 1978. Transfer of Emergency Service Deployment Models to Operation Agencies. *Management Science,* 24: 719-731.

Charnes, A. and Cooper W. 1961. *Management, Models and Industrial Applications of Linear Programming*, Wiley, New York.

Church, R. and ReVelle, C. 1974. The Maximal Covering Locational Problem. *Papers of the Regional Science Association*, 32: 101-118.

Church, R. and Weaver, J. 1985. A Median Location Model with Non-Closest Facility Service. *Transportation Science*, 19: 58-74.

Cross, K.W. and Turner, R.D. 1974. Patient Visiting and Sitting of Hospitals in Rural Areas, *British Journal of Preventice Social Medicine*, 28: 276-280.

Daskin, M. 1983. A Maximal Expected Covering Locational Model: Formulation, Properties, and heuristic solution. *Transporatition Scince*, 17: 48-69.

Davies, R. 1977. Location Problems in the Planning of In-Patient Facilities in the Health Services. *Operations Research Quarterly*, 28(4): 939-952.

Ghandforoush, P. 1993. Optional Allocation of Time in a Hospital Pharmacy Using Goal Programming. *European Journal of Operational Research*, 70: 191-198.

Goldberg, J., Dietrich, R., Chen, M., Mitwasi, M., Valenzuela, T. and Criss, E. 1990. Validating and Applying a Model for Locating Emergency Medical Units in Tucson. *European Journal of Operational Research*, 72(3): 113-126.

Huarg, Y. 1989. Usnig Mathematical Programming to Asses the Relative Performance of the Health Care Industry. *Journal of Medical Systems*, 13(5).

Ignizio, J. 1976. *Goal Programming and Extensions*, Lexington, Mass.: Lexington Books.

Laeson, R. 1974. A Hypercube Queuing Model for Facility Location and Re-Sub-Areaing in Urban Emergency Services. *Computers and Operations Research*, 1: 67-95.

Laeson, R. 1975. Approximating the Performance of Urban Emergency Service Systems. *Operations Research*, 23: 845-868.

Lee, S. 1972. *Goal Programming for Decision Analysis*, Philadelphia: Auerbach Publishers.

Marianov, V. and ReVelle, C. 1995. *Emergency Services*. In: Zvi Drezner (Ed.), Facility Location: A Survey of Applications and Methods. Springier, New York, 199-223.

Mehrez, A., Sincuany-Stern, Z., Arad-Geva, T. and Binyamin, S. 1996. On the Implementation of Quantitative Facility Location Models: The Care of a Hospital in a Rural Region. *Journal of the Operational Resreach Society*,47(5): 612-625.

Repede, J.; Jeffries, C. and Hubbard, E. 1993. ALIAS: A Graphical User Interface for an Ambulance Location Model. *International Journal of Operations and Production Management*, 13(12): 36-46.

ReVelle, C., 1993. Facility Sitting and Integer-Friendly Programming. *European Journal of Operational Research*, 65: 147-158.

ReVelle, C.; Schweitzer, K. and Snyder, S. 1996. The Maximal Conditional Covering Problem, *INFOR*. 34(2): 77-91.

Rifai, A. and Pecenka, O. 1989. An Application of Goal Programming in Healthcare Planning. *International Journal of Operations and Production Management*, 10(3): 28-37.

Shniederjans, M. 1995. *Goal Programming: Methodology and Application*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Taket, A. 1989. Equity and Access: Exploring the Effects of Hospital Location on the Population Served A Case Study in Strategic Planning, *Journal of the Operations Research Society*, 40(11): 100-1010.

Tsourous, C. and Satrazemi, M. 1994. Supply Centers Allocation under Budgeted Restrictions Minimizing the Longest Delivery Time. *International Journal of Production Economics*, 35 (1-3): 373-377.

Zeleny, M. 1982. Multiple Criteria Decision Making, New York: McGraw-Hill.

ABSTRACT

A MULTI-OBJECTIVE MODEL FOR LOCATING IN-PATIENT FACILITIES

MASSOD A.BADRI
JAMAL M. AL-MEHAIRI
United Arab Emirates University

The paper provides a comprehensive methodology for locating medical facilities and for allocating people from various districts to these facilities. The methodology is based on linear Integer goal programming. The model considers many criteria for the location-allocation problem. The factors include, the minimization of average distance and time, the minimization of fixed and operating costs, the satisfaction of the number of facilities desired for future planning and expansion, and the satisfaction of demand and supply of medical services. The model is applied to the City of Al-Ain in the United Arab Emirates. Through continuous interaction with authorities and decision-makers, the model is seen to be a valid representation of the location-allocation problem. In addition, decision-makers asserted that the model has provided them with an opportunity to better understand the problem and the interaction of factors considered in real-life situations.

مسعود عبدالله بدري (دكتوراة في إدارة الإنتاج، جامعة مسيسبي، الولايات المتحدة الأمريكية، ١٩٩٠) أستاذ، قسم إدارة الأعمال، كلية الإدارة والإقتصاد، جامعة الإمارات العربية المتحدة. له اهتمامات بحثية تشمل دراسة دراسات الموقع والجودة، ودراسات محاكاة العمليات، والبرمجة الهدفية والشبكات العصبية والجينات الإجرائية.

جمال محمد المهيري (دكتوراه الفلسفة في الآداب، جامعة ديرهام، ١٩٩٣)، مدرس، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الإمارات العربية المتحدة، حاليا وكيل وزارة التربية والتعليم بدولة الإمارات العربية المتحدة، له اهتمامات بحثية في مجال جغرافيا النقل، والدراسات البيئية، والجغرافيا الاقتصادية، ونماذج البرمجة الرياضية، ودراسات الموقع.

ملحق

شكل ١

مدينة العين وتوزيع المراكز الصحية فيها