مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (1) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (1) 2010

تطبيق البرمجة بواسطة القيود ضمن نظام المعلومات الجغرافي لتخطيط قطع الأراضي في محافظة مدينة دمشق

الدكتور غسان كويتر*

(تاريخ الإيداع 6 / 4 / 2009. قُبِل للنشر في 2/ 2 / 2010)

□ ملخّص □

تعاني طريقة التوزيع اليدوي المتبعة حالياً في تخطيط الأراضي في محافظة مدينة دمشق لتخصيص مالكي العقارات من مشاكل جمّة، أهمها الزمن اللازم للحصول على النتائج، وعدم الحصول على الحل الأمثل، وكون جميع العمليات الحسابية تتم يدوياً مما يعني إمكانية الحصول على نتائج خاطئة في عملية التوزيع.

في إطار التعاون بين كلية الهندسة المعلوماتية – قسم هندسة البرمجيات في كلية الهندسة المعلوماتية في جامعة دمشق ومديرية المعلوماتية في محافظة مدينة دمشق، وبهدف الإقلاع باتمتة أعمال المحافظة، نعرض في هذه الدراسة لنظام أتمتة تخطيط الأراضي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، والذي يتيح بواسطة خوارزمية *Forward Checking* المشتقة من منهجية حالّ القيود CSP بأتمتة عملية تخصيص المقاسم الجديدة على مالكي العقارات القديمة، وتزويد مدير النظام بالحل الأمثل، إضافة إلى تأمين العديد من ميزات عمليات الإدخال والتحديث والاستفسار التي تتم على الخارطة مباشرةً.

الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية، نظام تخطيط قطع الأراضي، حالّات القيود، خوارزمية البحث الأمامي.

* مدرس - قسم هندسة البرمجيات ونظم المعلومات - كلية الهندسة المعلوماتية - جامعة دمشق – دمشق -سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (1) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (1) 2010

Applying Constraint Programming in Gis for Parcel Mapping System in Damascus Governorate

Dr. Ghassan Kwaiter*

(Received 6 / 4 / 2009. Accepted 2 / 2 / 2010)

□ ABSTRACT □

The manual partitioning used for parcel mapping in Damascus Governorate suffers from several problems: the most important ones are: time consumption, optimal solution often unreachable, all the calculations are performed manually and consequently cause wrong results at mapping parcel distribution.

In this paper, a new Parcel Mapping System is presented, as a result of the cooperation between the IT department in the Faculty of Information Engineering and Damascus Governorate.

Basing on GIS, and utilizing a Forward Checking constraints solver derived from CSP approach, the new system can provide optimal solutions and provides the administrator with various specifications to interactively and directly add and update data on the digital map.

Key words: Geographical Information System, Parcel Mapping System, Constraints Solvers, Forward Checking algorithm.

***Assistant Professor, Department of Software Engineering and Information System, Faculty of Information Engineering, Damascus University, Damascus, Syria**

مقدمة:

تعرض علينا نظم المعلومات الجغرافيّة مفاهيم جديدة في دور الخارطة الرقمية وعملها، وآليّات جديدة في طرق التفكير والتحليل، ووسائل متقدِّمة في سبل إدارة الموارد والبُنى التحتيّة، وأدوات متطوِّرة في اتّخاذ القرار. من هنا يأتي دور مركز نظم المعلومات الجغرافية، المزمع إنشاؤه في محافظة مدينة دمشق، في تحقيق جملة أهداف أساسية مرجوة منه أهمها:

- ❖ تسهيل الأعمال اليومية في المحافظة وأتمتتها،
- ❖ تعزيز الاتصال بين المحافظة والقطاعات الخارجية،
- ❖ تعزيز الاتصال بين إدارات المحافظة فيما بينها،
- ❖ خفض الازدواجية في العمل وتكرار الجهود،
- ❖ خفض الأخطاء في العمل، وتنفيذ مهمات اكثر بوقت أقل.

كذلك من المأمول أن يكّون المركز مستقبلاً نواةً جوهرية لهيئة نظم المعلومات الجغرافية الوطنية تساعد في دعم التنسيق والتعاون المشترك البنّاء بين وزارات الدولة ومؤسساتها المختلفة بالمساعدة في:

- ❖ خلق استراتجيّات للعمل المشترك بين مختلف وزارات الدولة ومؤسّساتها،
- ❖ الزيادة من ديناميكيّة عمل الوزارات والمؤسّسات وتحسين فعاليّتها ومرودها،
- ❖ الحدّ من تشتّت الجهود والقوى البشريّة وتبعثرها في اتّجاهات متعدِّدة ،
- ❖ الاستفادة المُثلى من الموارد الطبيعيّة المتوافرة، ومراقبة أداء البُنى التحتيّة وتحسينه،
- ❖ استناد آليّات اتّخاذ القرار على أسس وأدوات علميّة متطوِّرة،
- ❖ زيادة إنتاجيّة البُنى التحتيّة، والإقلال من الهدر وتقليص الإنفاق العامّ.

حيث سيضم النظام مستقبلاً مجموعة من التطبيقات العامة المشتركة بين جميع الإدارات في المحافظة[1]:

❖ تطبيق *Adhoc*: يمكّن المستخدمين من تنفيذ العديد من الإستفسارات *Queries* المختلفة باستخدام المعلومات المكانية والوصفية، كما يتيح استعراض واستفسار المعلومات المتعلقة بالمعالم والمنشآت بالإضافة إلى تقديم آلية بحث *Search Engine* تتيح للمستخدم إمكانية تحديد استفساره الخاص اعتماداً على المعلومات المتاحة في قاعدة المعلومات الجغرافية، وعرض نتائج الاستفسارات على شكل مخططات وأشكال بيانية وتقارير.

❖ تطبيق إنتاج الخرائط *Map Production*: يقدم ادوات مختلفة لإنتاج الخرائط بنماذج وتصاميم محددة سلفاً.

❖ تطبيق تحرير الخارطة الأساسية *Basemap Editing*: يستخدم لغرض تحديث وصيانة بيانات الخارطة الأساس مع الحفاظ على تكامل معطياتها.

❖ الكاشف *Web Locator*: ويتيح للإدارات في المحافظة وقطاعات الخدمات والمرافق العامة استعراض واستفسار المعلومات الجغرافية من خلال نافذة استعراض شبكة الـ *Web*.

كذلك سيتضمن النظام أيضاً مستقبلاً جملة هامة من الأنظمة والتطبيقات الخاصة بكل إدارة على حدة ضمن المحافظة:

---

1 عن التقرير السنوي لمديرية المعلوماتية – قسم نظم المعلومات الجغرافية – محافظة مدينة دمشق.

❖ تخطيط قطع الأراضي *Parcel Mapping*: يوفر الأدوات اللازمة لإدخال التحديثات على تقسيمات الأراضي *Parcels* الحاصلة من جراء مختلف عمليات الأشغال على هذه التقسيمات، التغييرات على واقع مسح الأراضي، نقل ملكية الأراضي، وتراخيص البناء وعمليات التقسيم والفرز والضم المعتمدة.

❖ إدارة واستثمار الملكيات *Property Management and Investment*: يزوّد المستخدم بالأدوات اللازمة لإدارة الممتلكات الخاصة كالأراضي ومناطق العمل ومناطق التخزين والمباني والأكشاك ومباني المكاتب والمستودعات وورش العمل وغيرها.

❖ إدارة الصيانة *Maintenance Management*: يهدف لأتمتة وتبسيط معالجة انشطة الصيانة اليومية.

❖ متابعة تراخيص البناء والمخالفات وجدولة ومتابعة عمليات التفتيش والمعاينة *Construction Permits and Violations Tracking and Inspections Scheduling and Tracking*: يتألف التطبيق من ثلاث وحدات: وحدة متابعة التراخيص، ووحدة متابعة المخالفات، ووحدة جدولة زيارات التفتيش ومتابعة أنشطة المعاينة الميدانية والتفتيش.

❖ التخطيط والتصميم المدني *Planning and Urban Design*: ويساعد في تحديث بيانات ومعلومات تصنيف المناطق للمحافظة *Zoning*، وإنتاج المخططات وإتاحة تبادلها مع الجهات الأخرى المعنية.

إضافةً إلى مجموعة من التطبيقات والأنظمة المتفرقة كتطبيق محلل المساحة ***Survey Analyst***، ونظام الإسكان ***Housing System***، ونظام منح تراخيص العمل ***Job Permits System***، ونظام متابعة المشاريع ***Projects Tracking System*** ونظام تحديد المسارات ***Routing System***، وتطبيق اختيار المواقع ***Site Selection***.

نشرح في هذه المقالة نظام أتمتة تخطيط الأراضي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، والذي يمثل باكورة تعاون مثمر بين كلية الهندسة المعلوماتية – قسم هندسة البرمجيات في جامعة دمشق ومديرية المعلوماتية في محافظة مدينة دمشق.

بدايةً سنعرّف باهمية البحث وأهدافه من خلال شرح للمشكلة المطروحة، ومن خلال تبيان مساوئ سير الدورة المستندية اليدوية المستخدمة في مديرية تخطيط الأراضي التابعة للمحافظة وعملية التوزيع اليدوية المستخدمة. ثم نقدم لطريقة البحث ومواده بتعريف القيود وأنواع حالاّت القيود، موضحين كيفية أتمتة توزيع المقاسم الجديدة في المخطط التنظيمي الجديد على مالكي العقارات بتطبيق خوارزمية *Forward Checking* المشتقة من منهجية حالّ القيود CSP، ومن ثم نشرح تصميم النظام والتنجيز التقانات البرمجية المستخدمة.

أهمية البحث وأهدافه:

1-تعاريف ومصطلحات:

❖ المخطط العقاري: ويحتوي على العقارات القائمة في المنطقة العقارية ويتم الحصول عليه من مديرية المصالح العقارية.

❖ المخطط التنظيمي: ويحتوي على المقاسم في المنطقة المراد تنظيمها ويتم الحصول عليه من مديرية المصالح العقارية. يتضمن المقسم الحقول التالية:

- رقم المقسم .
- مساحة أرض المقسم.
- عامل البناء.
- المساحة الطابقية.
- مساحة إضافية (من دائرة الترخيص والبناء).
- عامل التسعير.
- المساحة الاعتبارية.
- سعر المتر الاعتباري.
- سعر المقسم الحقيقي.

كما يتضمن المخطط التنظيمي الطرقات والساحات والحدائق العامة والمشيدات العامة، والمقاسم المعدة للبناء، كما يبين الوجائب العمرانية ونظام البناء الذي تخضع له المنطقة.

❖ القيد العقاري: يحدد القيد العقاري رقم العقار ومساحة العقار وأسماء ملاك العقار وحصصهم السهمية من أصل 2400 سهم. ويحتوي على ما يلي:

- المنطقة العقارية.
- رقم العقار.
- أسماء المالكين.
- الحصة السهمية من أصل 2400 سهم.
- المساحة الإجمالية (بالمتر المربع).

❖ لجنة تخمين سعر العقار: وتقوم بتحديد السعر النهائي لكل عقار واقع ضمن المنطقة التنظيمية، ويساوي: سعر المتر المربع / السعر الإجمالي للعقار. تعمل اللجنة على:

- تحديد نوع العقار ونوع ملكية العقار (ملك / قرار تحكيم).
- تصنيف عوامل التأثير: يتم تحديد مجموعة من عناصر التأثير مثل: مسجد –مدرسة – حديقة – شارع رئيسي / فرعي ... وتصنف النسب والمسافات كما في الجدول (1):

الجدول (1): تصنيف عناصر التأثير ضمن مجالات لا تتجاوز الثلاث نسب التأثير والمسافة:

صنف عناصر التأثير	النسبة 1	المسافة 1	النسبة 2	المسافة 2	النسبة 3	المسافة 3
مسجد	% 2	100	% 5	200	% 3	300
مدرسة	% 2-	50	% 1-	100	% 1.5	160-200

- رسم عناصر التأثير ضمن المخطط التنظيمي وتحديد صنف كل عنصر.
- حساب عامل التسعير لكل مقسم بناءً على المسافة الشعاعية التي تفصله عن عناصر التأثير وفقاً للمعادلات التالية:

المساحة الطابقية للمقسم = مساحة المقسم × عامل البناء.
المساحة الاعتبارية للمقسم = المساحة الطابقية للمقسم × عامل التسعير.
قيمة المنطقة العقارية = مجموع قيمة سعر العقارات.
سعر المتر الاعتباري = قيمة المنطقة العقارية / مجموع المساحة الاعتبارية للمقاسم.
سعر المقسم الحقيقي = سعر المتر الاعتباري × المساحة الاعتبارية للمقسم.

- جمع ملكيات كل مالك في المنطقة العقارية القابلة للتوزيع (دون الحصة في المناطق الزراعية وما شابهها) ووضع جداول مرتبة وفقاً للترتيب الهجائي للمالكين حسب الكنية تحتوي على الحقول التالية[2]:
  - اسم المالك.
  - الحصة السهمية.
  - قيمة الحصة المالية.
  - رقم المحضر / المنطقة العقارية.
  - ملاحظات.

2-المشكلة المطروحة (سير الدورة المستندية اليدوي):

من أجل منطقة عقارية في محافظة مدينة دمشق تمّ سابقاً فيها بناء عدد من الأبنية المخالفة (مناطق سكن عشوائي)، حيث لا يوجد فيها في كثير من الأحيان شوارع عريضة تسمح بمرور السيارات باتجاهين، كما لا تتوافر فيها بشكل كاف المرافق العامة كالحدائق والمشافي والمدارس.

عندما يتم إتخاذ صدور مرسوم بتنظيم منطقة معينة، فإن المحافظة تشرع برسم مخطط تنظيمي تنفيذي جديد لهذه المنطقة يتضمن مجمعات سكنية، إضافةً إلى مدارس وحدائق وملاعب رياضية ومرافق عامة، تمهيداً لإزالة العقارات القديمة وتنفيذ المخطط التنظيمي الجديد على أرض الواقع.

تقوم المحافظة بتوزيع العقارات في المقاسم الجديدة على المالكين بشكل يدوي: يتم التوزيع باختيار عقار معين وتخمين المقاسم الأقرب إلى هذا العقار، ثم التوزيع على هذا الأساس. يتم بعدها اختيار كل مالك من العقار بشكل يدوي وتخصيصه بحصة معينة من المقسم اعتماداً على حصته المالية من العقار المعتبر. تستمر هذه العملية حتى ينتهي مالكو العقار، أو يتم تخصيص كامل المقسم المختار. عندها يمكن البدء بمقسم جديد آخر قريب، وتوزيع باقي المالكين عليه. وهكذا حتى إنتهاء كافة المقاسم. تأخذ عملية التوزيع اليدوي بعين الاعتبار الأسس والمعايير التالية:

- أولوية المالكين ذوي الملكية المالية المساوية أو تزيد عن أصغر قيمة مقسم،
- أولوية المالكين ذوي الملكية المالية الأكبر ضمن المنطقة التنظيمية،
- اعتبار المالكين من كنية واحدة بمثابة مالك واحد عند التوزيع،
- تجميع كافة الملكيات الجزئية لعقارات المالك الواحد ضمن المنطقة التنظيمية على مقسم واحد إذا أمكن،
- تخصيص المالك بالمقسم الجديد الأقرب للعقار القديم الذي يملك فيه أكبر حصة مالية،
- تخصيص أحد المالكين بما لا يقل عن 50 % من قيمة المقسم،

[2] عند حصول خلافات قضائية حول الملكية يبت في أمرها قضائياً، وينتج عن حل هذه الخلافات أحكام تدرج في جدول حساب استحقاقات أصحاب الحقوق (المالكين) في المنطقة، ويحتوي هذا الجدول على أسماء الملاك (الأحدث) وحصصهم من العقار محسوبة من أصل 2400 سهم، وقيمة هذه الحصص المالية الفعلية.

عند انتهاء عملية التوزيع ينبغي أن تكون كافة الحصص المالية للمالكين في العقارات قد تم توزيعها على المقاسم، حيث سيحصل كل مالك من المقسم على نفس القيمة المالية التي كان يملكها من العقار قبل التنظيم، علماً أن هذه الملكية ستكون أصغر بالمساحة و ذلك لأن المقاسم الجديدة ذات قيمة مالية أكبر من العقارات.

تعاني عملية التوزيع اليدوي من جملة من المساوئ أهمها:

❖ تعتبر عملية التوزيع من العمليات ذات التعقيد الأسي *NP-Problem*، لذلك فإن معالجتها بالطرق اليدوية تحتاج إلى زمن طويل، ناتج من جهة عن وجوب تطبيق كافة المعايير والأسس السابقة قبل البدء بعملية لتخصيص، بالإضافة إلى أن ضخامة فضاء المسألة تجعل عملية البحث الشامل أمراً مكلفاً.

❖ لا تسمح دوماً بالحصول على الحل الأمثل، بل بالحصول على حل تقريبي.

❖ لا تؤمن سوى حل وحيد.

❖ العمليات الحسابية: جمع الملكيات، عمليات التسعير، الفرز، الإسناد، حسابات الحصص السهمية تتم جميعها يدوياً مما يعني إمكانية حصول أخطاء حسابية عند عملية التوزيع.

وبالتالي تتجلى الحاجة إلى تصميم وتنفيذ نظام برمجي جديد يحقق جملة من الخصائص تساعد المستخدم (مدير النظام) في تعديل وتحديث معلوماته وخاصةً أتمتة توزيع المقاسم الجديدة في المخطط التنظيمي الجديد على مالكي العقارات، وإلغاء عملية التخصيص اليدوي.

طرائق البحث ومواده:

1-القيود Constraints وحالّات القيود Constraints solvers:

يمكن التعبير عن العلاقات بين الأغراض[2] صراحةً *declaratively* (KWAITER ET AL., 2004) باستخدام القيود. يعبر القيد عن رغبة المستخدم الدائمة بتحقيقه والحفاظ على علاقة محددة بين غرضين أو أكثر. يمكن لغرض أن يكون متحولاً رقمياً، رمزياً، أو منطقياً، كما يمكن أن يمثل القيد؛ أي علاقة هندسية أو طوبولوجية أو فيزيائية أو علاقة زمنية معينة، أو أي معادلة رياضية، (معادلة مساواة أو لا مساواة) تربط عدداً محدوداً من المتحولات.

يقبل حالّ القيود *Constraint Solver* مجموعة منتهية من القيود ويحاول تحقيق *satisfy* هذه القيود جميعها. يمكن التفريق بين أنماط حالّات القيود وفق عدة معايير: مجال المتحولات، أنماط القيود المستخدمة (مساواة، لا مساواة)، طبيعة القيود (رقمية، منطقية، رمزية)، طبيعة الحالّ (ساكن، ديناميكي، متدرج،...). يمكن مقارنة الحالّات أيضاً حسب سلوكياتها (اتجاه وحيد، عدة اتجاهات، حلقي، حل وحيد، متعدد الحلول،...).

تلعب حالّات القيود حديثاً دوراً جوهرياً في العديد من التطبيقات التفاعلية والتصريحية للأسباب التالية:

تحرر المبرمج من مشكلة حل مجموعة من القيود باستخدام البرمجة الأمرية ***Imperative Programming*** التي قد تفشل في إيجاد أي حلول ممكنة لكافة القيود المطروحة، كما تسمح للمصمم بالتركيز على المسألة المطروحة والقيام بفرض قيود أكثر تعقيداً.

❖ تساعد حالّات القيود على تعريف وتقليص فضاء المتحولات، وتوجيه البحث، وإيجاد قيم المتحولات التي تحقق القيود: حل وحيد أو مجموعة محدودة من الحلول المحققة لكافة القيود.

---

2 في تطبيقنا المدروس تمثل المقاسم والعقارات والمالكين مجموعة من الأغراض، كذلك يتم تمثيل العلاقة بين كل غرضين بقيد.

❖ في حال إضافة أو حذف أو تعليق قيد، تعمل حالاّت القيود على إيجاد حلول تزايدة *Incremental Solutions* (VAN HENTENRYCK, 1990) إنطلاقاً من مجموعة حلول تمّ إيجادها سابقاً.

❖ حالاّت القيود بطبيعتها هي عامة مستقلة عن تطبيق معين، مما يُمكّن من استخدامها في تطبيقات متعددة.

❖ الترميز المستخدم في تطبيق معين يكون مبسطاً وسهل التعديل والفهم.

2-منهجيات حالاّت القيود Constraints Solver Methods:

تصنف المنهجيات المستخدمة في حل القيود عادةً وفقاً لنوع القيود، حيث يمكن تمييز عدد من المنهجيات الرئيسية:

❖ **المنهجيات الجبرية** *Algebraic Method*: وفيها يتم التعبير عن قيد معين بعلاقة جبرية (PRESS ET AL., 1992) (معادلة مساواة، لا مساواة) خطية أو لا خطية (SCHRIJVER, 1986)، ثم حل جملة المعادلات الموافقة لمجموعة القيود المعلنة. فمثلاً، يمكن استخدام خوارزميات *Simplex* (DANZIG, 1965) لحل مجموعة المعادلات الخطية. تقسّم المنهجيات الجبرية إلى ثلاثة صفوف رئيسية: المنهجية الرقمية، المنهجية الصورية، منهجية رياضيات المجالات.

❖ **المنهجيات الهندسية** *Geometric Method*: غالباً ما تستخدم هذه المنهجيات لحل جملة من القيود الهندسية والمعبر عنها من خلال مجموعة من القواعد باستخدام لغة برمجة كالـ *Prolog* وتطبق عادةً في التطبيقات البيانية الثنائية البعد (BRUDERLIN, 1986). تقسّم المنهجيات الجبرية إلى صفين رئيسيين: المنهجية الاستنتاجية والمنهجية البنائية.

❖ **منهجية النشر المحلي** *Local Propagation Method*: في هذه المنهجية يتم إسناد إجرائية *method* أو أكثر إلى قيد معين (SANNELLA, 1994). كل *method* تمثل إجرائية تعمل على حساب قيم متحولات الخرج بدلالة متحولات الدخل. في كل مرة يقوك المستخدم بإضافة أو حذف قيد، فإنه يتم نشر هذه المتغيرات محلياً باتجاه القيود التي تتقاسم نفس المتحولات. يمكن أن نميز عدة تقنيات مستخدمة في هذه المنهجية: تقنية نشر النزاع، تقنية نشر درجة الحرية، تقنية خلايا القيود.

❖ **منهجية الغربلة** *Refinement Method*: تستند هذه المنهجية إلى تقنيات تحقيق القيود *CSP (Constraints Satisfaction Problem)* المشتقة من الذكاء الصنعي (MACKWORTH, 1977)، وهي تقدم إطاراً عاماً مستقلاً تماماً عن التطبيق يسمح بصياغة وتمثيل أنماط عديدة من المسائل التراكيبية *combinatorial problem* والتي من الممكن أن يكون لها أكثر من حل *NP- Problem* .

تعرّف CSP حسب (MONTANARI, 1974) و (MACKWORTH, 1977) كالتالي:

$$\boldsymbol{P} = (V, D, C, R)$$

- $V=\{V, \ldots, V_n\}$ تمثل مجموعة المتحولات.
- $D=\{D, \ldots, D_n\}$ تمثل مجموعة المجالات لكل متحول.
- $C=\{C, \ldots, C_m\}$ تمثل مجموعة القيود.
- $R=\{R, \ldots, R_m\}$ تمثل مجموعة من العلاقات التي تحوي تراكيب القيم التي تحقق القيود.
- يمكن تمثيل p أيضاً ببيان تمثل عقدة المتحولات ومستقيماته القيود بين المتحولات.

الحل في CSP : يتم تعريفه على النحو التالي:

$C=(V,V_1,\ldots,V_n)$ قيد على عدة متحولات $\forall$ $\forall v \in D_V, \exists (v_1,\ldots,v_n) \in D_1\times\ldots\times D_n$ هي محققة $C=(v,v_1,\ldots,v_n)$.

تعتبر خوارزمية الـ *Backtrack* (SOLOMON ET AL. 1965) من خوارزميات البحث التراجعي التي تعمل على CSP. في هذه الخوارزمية، عندما يتم إعطاء متحول قيمة معينة، فإنه يتم اختبار إمكانية تحقق القيود المرتبطة بهذا المتحول. في حال تحقق هذه القيود تعمل الخوارزمية على إعطاء قيم لمتحول جديد. في حال إعطاء كافة المتحولات قيماً تحقق كافة القيود تعتبر المسألة محلولة. بالعكس، إذا لم تحقق قيمة معينة للمتحول قيداً ما، فتعمل الخوارزمية على اختيار كافة القيم للمتحول المدروس. في حال لم تحقق أي قيمة للمتحول المدروس القيود المتعلقة، تقوم الخوارزمية بخطوة تراجعية بهدف إعاد دراسة باقي القيم المحتملة للمتحول السابق الذي تمت دراسته.

تعتبر هذه الخوارزمية مكلفة زمنياً (ذات تعقيد أسي) خاصةً عند البحث عن كافة الحلول المتوافرة، كون هذه الخوارزمية تعيد اكتشاف نفس الحالات (نجاح أو فشل) خلال البحث من جهة، وكونها تعتمد على ترتيب المتحولات وترتيب القيم التي يأخذها كل متحول من جهة أخرى. مع ذلك يمكن تحسين هذه الخوارزمية باستخدام تقنيات متعددة تعمل على تقليص فضاء البحث كتقنية الفلترة، وتقنية *Look-Back* والتي تضم خوارزمية الـ *Backjambing* (DECHTER, 1986)، وتقنية *Look-Ahead* (WALTZ, 1975) والتي تضم خوارزميات البحث الأمامي *Forward Checking* (HARALICK ET AL., 1980) وخوارزميات *Real Full Look-Ahead*.

3-تطبيق خوارزمية Forward Checking في أتمتة توزيع المقاسم الجديدة:

تجمع خوارزمية الـ *Forward Checking* بين منهجة الغربلة ومنهجية النشر المحلي. تعتمد هذه الخوارزمية على إختبار التماسك *Consistency* بشكل مسبق عند إسناد قيمة جديدة لمتحول معين v مع باقي القيم للمتحولات المستقبلية *Future Variables* المرتبطة به[3]. فهي تعمل، ومن أجل قيمة معينة للمتحول v ، على إلغاء قيم من المجال D لكافة المتحولات المستقبلية والتي تجعل القيود غير متماسكة *inconsistent*. عند إلغاء كافة القيم من المجال D لكافة المتحولات المستقبلية تعود الخوارزمية *Backtrack* إلى قيم جديدة للمتحول v.

تساعد خوارزمية *Forward Checking* إلى حد كبير في تقليص فضاء البحث، وإلغاء اختبارات تماسك متعددة مكررة لا داعي لها، واكتشاف حالات عدم بشكل مبكر جداً، وبالنتيجة الحصول على حل أو مجموعة حلول تحقق القيود كافةً ضمن زمن تنفيذ محدود.

تتم أتمتة توزيع المقاسم الجديدة في المخطط التنظيمي الجديد على مالكي العقارات بتطبيق خوارزمية *Forward Checking*، التي تزود مدير النظام بالحل الأمثل الذي يعني إعطاء صاحب كل عقار، بدلاً من حصته القديمة، حصة مساوية تماماً في أقرب مقسم مبني حديثاً في نفس المنطقة.

بعد إدخال كافة المعلومات المتعلقة بالمقاسم والعقارات والمالكين، تقوم الخوارزمية بما يلي:

1. حساب القيمة المالية الإجمالية لملكيات كل مالك.
2. ترتيب أسماء المالكين حسب القيمة المالية التي يملكونها بشكل تنازلي.
3. تجميع المالكين ذوي الكنية الواحدة في مجموعات منفصلة لإعطائهم ملكيات في مقسم واحد.

[3] **تسمى خوارزمية *Forward Checking* أيضاً بخوارزمية المنع *preclusion***

4. من أجل كل مالك ينتمي إلى نفس المجموعة الواحدة تحاول الخوارزمية:

a. إسناد ملكية معينة لمالك عقار ما في المقسم الجديد

5. عند النجاح في إسناد ملكيات لكافة المالكين في المجموعة الواحدة في المقسم الجديد:

a. تعديل الحصة المالية لكافة المالكين في المجموعة الواحدة بطرح قيمة الحصة المسندة لكل منهم من حصته الكاملة.

b. تعديل القيمة المالية للمقسم بطرح قيمة الحصة التي أعطيناها للشخص من القيمة المالية الكاملة للمقسم .

6. عند الفشل في تحقيق الشرط 5، يتم إلغاء القيم المسندة للمتحولات (الحصص) لهؤلاء المالكين، والتراجع إلى الخلف نحو المالك الأول في نفس المجموعة، وإعادة المحاولة من جديد من أجل مقسم جديد آخر مجاور، ومن أجل كل المالكين في نفس المجموعة.

ويكون شبه الرماز الموافق:

```
For each district do
  For each cadastral do
    Sort owners according to the family name
    Sort owners according to the Share_Money in the cadasrtral.
    Get the nearest parcel to the current cadastral (get the
parcels which are contained in or intersected or touched the
cadastral).
     If (the parcel not in pricing factor) then
        For each owner do
          Give the owner a share in the parcel that match his
          money share in the cadastral.
           remove the current owner from the current cadastral.
           Add the current owner to the current parcel.
     If  (count of cadastral's owner  = 0) then
       Tag the current cadastral as finished.
     else
       Tag the current parcel as distributed.
   else
    For each owner do
      For each parcel do
         If(there is an enough money share) then
           Give the owner a share in the parcel that match hi
money share in the cadastral.
         else
            Search in another parcel.
```

4-تصميم النظام:

يتألف النظام من مجموعة من الكيانات أهمها:

❖ **الكيان** Cadastrals: يمثل العقارات ويحوي على الواصفات التالية:

- Cad_num: يدل على رقم العقار.

- DS_id : يدل على رقم المنطقة التنظيمية.
- Cad_District: يدل على اسم المنطقة التنظيمية.
- Cad_area_bond: يدل على مساحة العقار.
- Cad_unit_price: يدل على سعر المتر الواحد.
- Cad_Total_Price: يدل على سعر العقار كاملاً ويساوي سعر المتر الواحد * مساحة العقار *عامل التسعير.
- Cad_Type: يدل على نوع العقار، هل هو زراعي ام بناء: في حال كون العقار زراعياً، فإنه لا يعطى حصة بالمقسم.

❖ الكيان Owners: يمثل المالكين، ويحوي على الواصفات التالية:

- Own_num: يدل على رقم المالك
- Own_FrstName: يدل على الاسم الأول للمالك.
- Own_LstName: كنية المالك.
- Own_FathName: اسم الأب.
- Own_MothName: اسم الأم.
- Own_State: في حال تم تخصيص المالك بإعطائه ملكية بالمقسم أم لا.
- Total_own_share: الحصة الكاملة للمالك من كل المنطقة التنظيمية.
- Remain_share: الحصة المتبقية من العقار بعد التنظيم.

❖ **الكيان** Owner_cadastrals: يمثل بيانات العقار بالنسبة لكل مالك ويحوي على الواصفات التالية:

- Cad_num: يمثل رقم العقار.
- Own_num: يمثل رقم المالك.
- Own_Share_Cad: الحصة المالية للمالك.
- Own_Share24_Cad: حصة المالك من اصل 2400 سهم.

❖ الكيان Parcels: يمثل المقاسم التي نريد توزيع العقارات عليها وتحوي الواصفات التالية:

- Parcel_num: وتمثل رقم المقسم.
- Area: تمثل مساحة المقسم.
- Unit_Price: تمثل سعر المتر الواحد من المقسم.
- Total_Price: تمثل سعر المقسم كاملاً.
- Parcel_State: تمثل حالة المقسم إن اكتمل توزيعه أم لا.
- Dividend_remain: يمثل القيمة المالية المتبقية من المقسم بعد التوزيع.
- Par_District: تمثل اسم المنطقة.
- Price_factor: يمثل عامل التسعير.

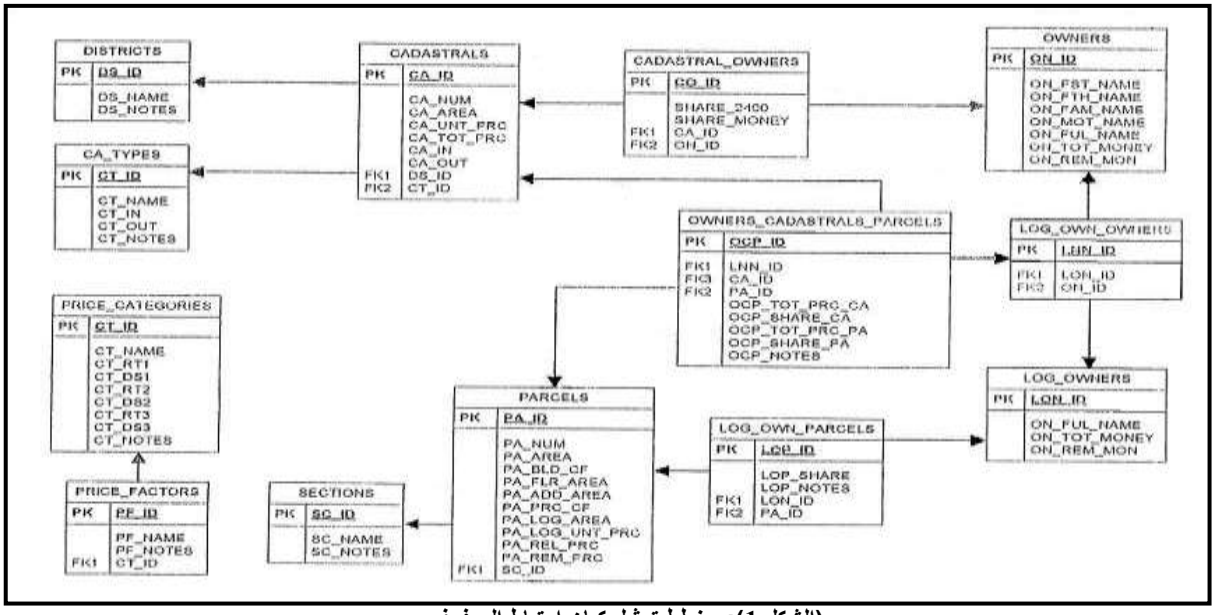
❖ **الكيان** Price_Factors: يمثل عامل التسعير المتعلق بالقيمة المالية لكل مقسم، ويحسب بناء على المسافة الشعاعية التي تفصله عن عناصر التأثير، وهي (مسجد – مدرسة – حديقة – شارع .....إلخ) . ويحوي الواصفات التالية:

- PF_ID: وتمثل مفتاحاً رئيسياً للجدول.
- PF_Name: وتمثل اسم عنصر التأثير.
- PF_Notes: وتمثل الملاحظات.

❖ الكيان Districts: يمثل المناطق العقارية المراد تنظيمها ويحوي على الواصفات التالية:

- DS_ID: رقم المنطقة العقارية، ويمثل مفتاحاً رئيسياً للجدول.
- DS_Name: ويمثل اسم المنطقة العقارية.
- DS_Notes: وتمثل الملاحظات.

يبين الشكل (1) مخطط تمثيل كيان ارتباط للصفوف *ERD (Entity Relationship Diagram)* في النظام:



(الشكل 1): مخطط تمثيل كيان ارتباط الصفوف

5-التنجيز والتقانات البرمجية المستخدمة:

تطبق مديرية المعلوماتية في محافظة مدينة دمشق حالياً نظام تخطيط قطع الأراضي من خلال نظام المعلومات الجغرافي [4] والذي يسمح لمدير النظام وفريق عمله بالقيام بجملة ما يلي:

- إدخال المخططات التنظيمية والعقارية: سحب ضوئي *Scanning* ، ضبط الإحداثيات وترقيم المقاسم والعقارات *Registration and Digitizing* وحفظها في طبقات متعددة *Layers*.

[5] **Developer Documentation Of The Geomedia Professional**

- تسجيل بيانات المقاسم والعقارات *Cadastre Data and Parcels Data* في قاعدة المعطيات *Data Warehouse* من نوع زبون–مخدّم *Client-Server* التي تتيح التعامل مع قاعدة المعطيات العلاقاتية *Relational Databases (Microsoft SQL Server)*.
- تسجيل بيانات المناطق التنظيمية وإدخال أصناف عناصر التأثير.
- تسجيل بيانات المناطق التنظيمية وإدخال أصناف عناصر التأثير.
- تسجيل بيانات مالكي العقارات وحصصهم *Owners Data and Share*.

بعد تحقيق الدراسة التحليلية والتصميمية للنظام، تمتّ كتابة الترميز البرمجي وتصميم واجهات التخاطب البيانية باستخدام لغة البرمجة *Visual Basic for Application* التي تسمح لمدير النظام بالتعامل مع:

❖ العقارات:

- إضافة عقار: يتم تحديد رقم عقار معين، ومن ثم يتم إضافة معلوماته الوصفية وحفظها في قاعدة المعطيات وربطها مع المعلومات المكانية.
- تعديل بيانات عقار: يتم تحديد رقم عقار معين، ومن ثم يتم تعديل بياناته الوصفية على قاعدة المعطيات.
- البحث عن عقار معين: بعد تحديد رقم العقار، يقوم النظام بعرض وإظهار كافة معلوماته المكانية والوصفية على الخارطة.
- الاستعلام عن مالكي عقار معين: بعد تحديد رقم العقار يقوم النظام بعرض المعلومات الوصفية لمالكي العقار والحصص المالية لكل منهم.

❖ المالكون:

- إدخال وتحديث معلومات ملاك العقار: يقوم المستخدم بإدخال وتحديث البيانات الوصفية لمالك (إضافة عقار، تعديل الحصة السهمية،...).
- حذف مالك: يتم تحديد مالك معين ثم حذفه (وتوزيع حصته السهمية على باقي المالكين بإستخدام واجهات مناسبة).
- البحث عن مالك معين: بعد تحديد المنطقة العقارية، يتم إدخال اسم المالك فيقوم النظام بإظهار المقاسم والعقارات التي للمالك حصة فيها، والحصة المالية الإجمالية فيها، وعرض كافة المعلومات الوصفية لعقارات المالك[5].
- الاستعلام عن مالكي عقار معين: يتم إدخال رقم عقار، أو تحديد العقار المطلوب على الخارطة، ومن ثم يقوم النظام بعرض معلومات عن كافة مالكي العقار.
- إظهار بيانات المقاسم التي لدى المالك حصة فيها: يتم إدخال رقم العقار و اسم المالك ، فيقوم النظام بعرض بيانات المقاسم التي للمالك حصة فيها.

❖ المقاسم:

- عرض معلومات مقسم معين: يتم تحديد مقسم محدد من خلال رقمه أو مباشرةً من الخريطة، ثم عرض معلوماته.

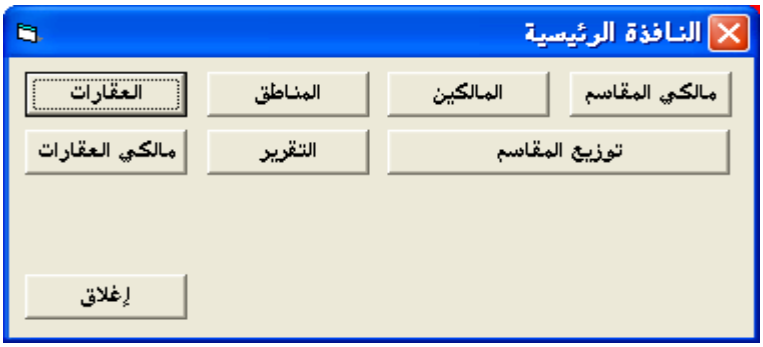
6 في حال إدخال رقم عقار أو اسم مالك غير متوفر في قاعدة المعلومات الوصفية، فإنه يتم تزويد مدير النظام برسائل خطأ مناسبة.

- عرض مالكي المقسم: يتم تحديد مقسم ثم عرض أسماء المالكين الذين تم توزيعهم على هذا المقسم .
- الاستعلام عن العقارات التي وزِّع مالكيها على المقسم: يتم تحديد المقسم وعرض أرقام العقارات التي تم توزيع مالكيها على هذا المقسم.

النتائج والمناقشة:

نبين وبشكل موجز بعض واجهات النظام:

❖ **الواجهة الرئيسية:** والتي تتيح جملة من الخيارات التالية:

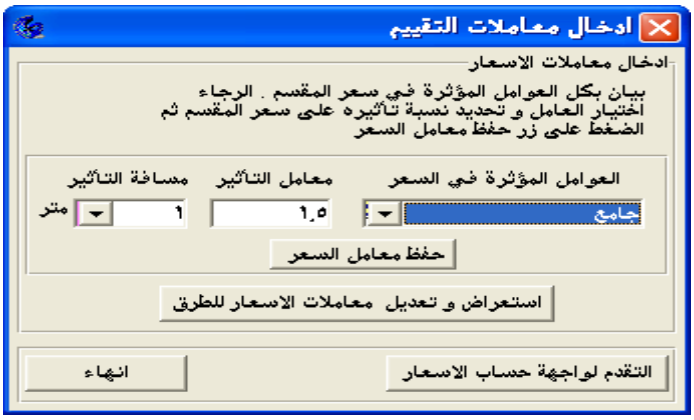


❖ **عرض معلومات العقارات:** إنطلاقاً من الواجهة الرئيسية يمكن عرض معلومات عن كافة العقارات إضافةً إلى تحديدهاعلى الخارطة مباشرةً عند الإنتقال.

❖ **عرض معلومات مالكي العقارات:** إنطلاقاً من الواجهة الرئيسية يمكن عرض معلومات عن وضع ملاك العقارات وحصتهم المالية قبل التقسيم.

❖ **عرض معلومات المقاسم:** انطلاقاً من الواجهة الرئيسية، يمكن عرض معلومات عن كل مقسم ومالكيه، مع حصة المالك المالية وقيمة المقسم المالية مع إمكانية التنقل من المقسم إلى كل عقار فيه .

❖ **عملية التسعير:** بعد ادخال العوامل المؤثرة في السعر يتم تحديد معامل التأثير ومسافة التأثير.

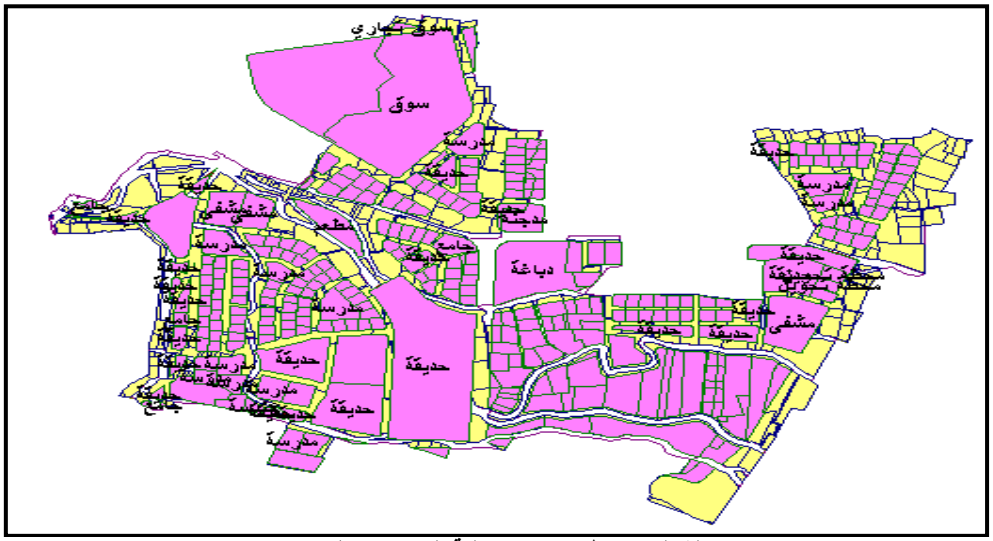


من أجل كل مقسم نحدد العامل المؤثر على سعره (جامع،حديقة،دباغة،مدرسة، ...) حيث يمكن تحديد اكثر من عامل للتسعير.

عندها يتم حساب وحفظ اسعار المقاسم حسب هذه المعاملات، وفق العلاقات المذكورة سابقاً.

❖ توزيع المقاسم: من أجل منطقة عقارية معينة في محافظة مدينة دمشق (الشكل 2)[6]، وعند طلب إجرائية التوزيع، تظهر لنا الواجهة التالية لتحديد المنطقة المراد تنظيمها.

بعد التنفيذ يعاد إظهار المنطقة العقارية من جديد مبيناً فيها نتيجة أتمتة التخصيص.

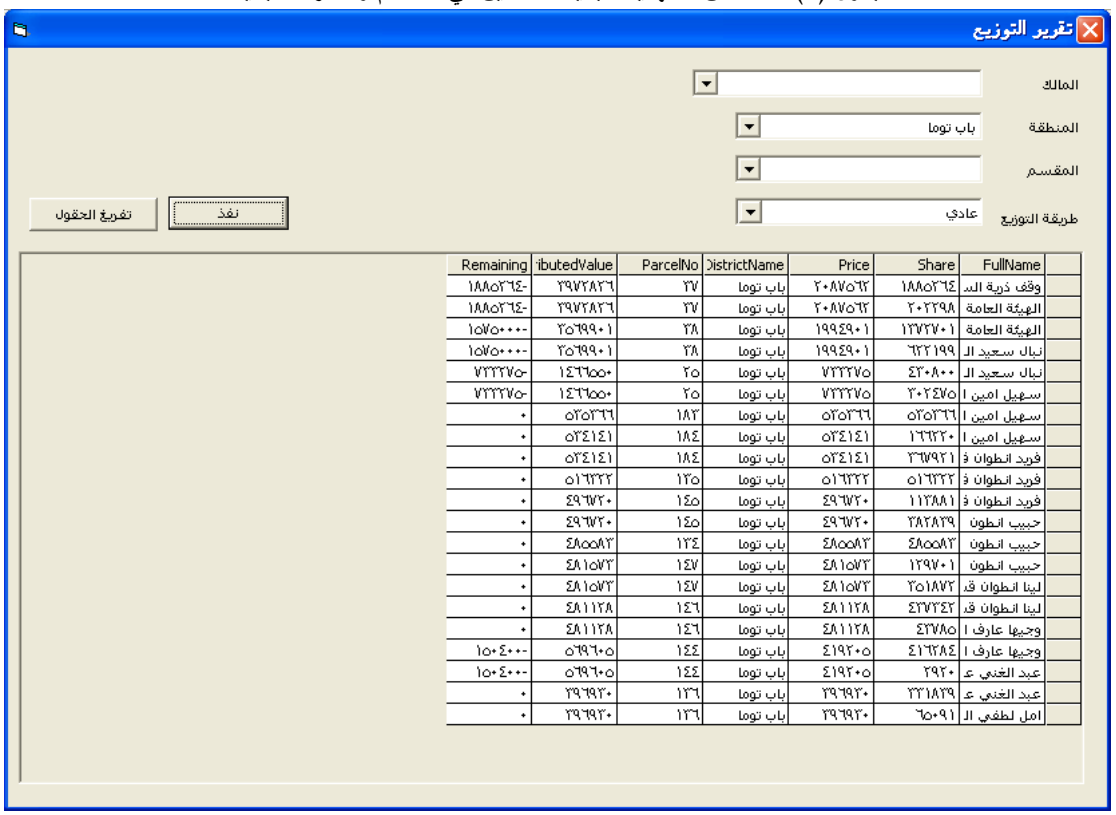


(الشكل 2): إظهار نتائج عملية التخصيص المؤتمت

7 **يمثل الشكل السابق، على سبيل المثال لا الحصر، خارطة للمناطق العقارية والمرافق العامة في (باب توما) المراد تنظيمها.**

كذلك يمكن دوماً توليد جداول باسماء المالكين وحصصهم السهمية في المقاسم والعقارات الجديدة، كما هو مبين في الجدول (2).

الجدول (2): الحصص السهمية الجديدة للمالكين في المقاسم والعقارات الجديدة.



FullName	Share	Price	DistrictName	ParcelNo	ibutedValue	Remaining
وقف ذرية الد	١٨٨٥٢٦٤	٢٠٨٧٥٦٢	باب توما	٢٧	٢٩٧٢٨٢٦	١٨٨٥٢٦٤-
الهيئة العامة	٢٠٢٢٩٨	٢٠٨٧٥٦٢	باب توما	٢٧	٢٩٧٢٨٢٦	١٨٨٥٢٦٤-
الهيئة العامة	١٢٧٢٧٠١	١٩٩٤٩٠١	باب توما	٢٨	٢٥٦٩٩٠١	١٥٧٥٠٠٠-
نبال سعيد ال	٦٢٢١٩٩	١٩٩٤٩٠١	باب توما	٢٨	٢٥٦٩٩٠١	١٥٧٥٠٠٠-
نبال سعيد ال	٤٣٠٨٠٠	٧٢٢٢٧٥	باب توما	٢٥	١٤٦٦٥٥٠	٧٢٢٢٧٥-
سهيل امين ا	٣٠٢٤٧٥	٧٢٢٢٧٥	باب توما	٢٥	١٤٦٦٥٥٠	٧٢٢٢٧٥-
سهيل امين ا	٥٢٥٣٦٦	٥٢٥٣٦٦	باب توما	١٨٣	٥٢٥٣٦٦	٠
سهيل امين ا	١٦٦٣٢٠	٥٢٤١٤١	باب توما	١٨٤	٥٢٤١٤١	٠
فريد انطوان ف	٣٦٧٩٢١	٥٢٤١٤١	باب توما	١٨٤	٥٢٤١٤١	٠
فريد انطوان ف	٥١٦٣٢٢	٥١٦٣٢٢	باب توما	١٢٥	٥١٦٣٢٢	٠
فريد انطوان ف	١١٢٨٨١	٤٩٦٧٢٠	باب توما	١٤٥	٤٩٦٧٢٠	٠
حبيب انطون	٢٨٢٨٢٩	٤٩٦٧٢٠	باب توما	١٤٥	٤٩٦٧٢٠	٠
حبيب انطون	٤٨٥٥٨٣	٤٨٥٥٨٣	باب توما	١٣٤	٤٨٥٥٨٣	٠
حبيب انطون	١٢٩٧٠١	٤٨١٥٧٣	باب توما	١٤٧	٤٨١٥٧٣	٠
لينا انطوان ق	٣٥١٨٧٢	٤٨١٥٧٣	باب توما	١٤٧	٤٨١٥٧٣	٠
لينا انطوان ق	٤٢٧٣٤٢	٤٨١١٢٨	باب توما	١٤٦	٤٨١١٢٨	٠
وجيها عارف ا	٤٢٧٨٥	٤٨١١٢٨	باب توما	١٤٦	٤٨١١٢٨	٠
وجيها عارف ا	٤١٦٢٨٤	٤١٩٢٠٥	باب توما	١٤٤	٥٦٩٦٠٥	١٥٠٤٠٠-
عبد الغني ع	٢٩٢٠	٤١٩٢٠٥	باب توما	١٤٤	٥٦٩٦٠٥	١٥٠٤٠٠-
عبد الغني ع	٢٣١٨٢٩	٢٩٦٩٣٠	باب توما	١٣٦	٢٩٦٩٣٠	٠
امل لطفي ال	٦٥٠٩١	٢٩٦٩٣٠	باب توما	١٣٦	٢٩٦٩٣٠	٠

الاستنتاجات والتوصيات:

لقد سمح نظام تخطيط قطع الأراضي، بشكل خاص، مستفيداً من نظم المعلومات الجغرافية ومن تطبيق خوارزمية *Forward Checking* المشتقة من منهجية حالّ القيود CSP بأتمتة عملية توزيع المقاسم الجديدة على مالكي العقارات القديمة، وتزويد مدير النظام بالحل الأمثل إضافةً إلى مجموعة من الحلول المتعددة، بعد أن كان التوزيع يتم سابقاً بشكل يدوي. كما بيّن النظام، بشكل عام، أهمية استخدام نظم المعلومات الجغرافية في مثل هذا النوع من التطبيقات من خلال:

❖ **عمليات الإدخال والتحديث:** والتي تهتم برقمنة المخطط العقاري والمخطط التنظيمي وإدخال المعلومات الوصفية المتعلقة بالمناطق التنظيمية والمقاسم والعقارات والمالكين وأصناف عناصر التأثير، وربطها بالمعلومات المكانية، إضافةً إلى القيام بعمليات تعديل وتحديث المعلومات الوصفية المتاحة.

❖ **عمليات الاستفسار والإظهار والطباعة:** والتي تقوم بإظهار المعلومات المكانية للعقارات القديمة التي تم تخصيص مالكيها بالمقاسم الجديدة على الخارطة، وإظهار المعلومات المكانية للعقارات الجديدة المقابلة لحصص المالك من المقاسم الجديدة على الخارطة وطباعة جدول بأسماء المالكين وأرقام المقاسم المسندة لهم ومقارنتها مع نتائج التوزيع اليدوي من جهة أخرى. حيث يمكن للمستخدم عرض النتائج بطريقتين: واجهات تخاطب، وإظهار بياني

للمعلومات المكانية المطلوبة على الخارطة الرقمية مباشرةً، عن طريق التفاعل المباشر مع الخارطة الرقمية والاستغناء قدر الإمكان عن الإستفسار بالطرق التقليدية، مع إمكانية طباعة كافة المعلومات الوصفية المرتبطة.

المراجع:

1. BRUDERLIN, B. *Constructing Three-Dimensional Geometric Objects Defined By Constraints*. Acm Workshop on Interactive 3d Graphics Proceedings, 1986, 111-124.
2. DANZIG, G. B. Linear Programming and Extensions. Princeton University Press, 1965, 202.
3. DECHTER, R. Learning While Searching In Csp. Removing Redundancies In Constraint Networks. In Proceedings Of The 5th National Conference on Artificial Intelligence, Aaai'86, Philadelphia, 1986, 105-109.
4. HARALICK, R. M.; ELLIOT, G. L. Increasing Tree Search Efficiency For Constraint Satisfaction Problems. Artificial Intelligence, Vol. 14, N°. 3, 1980, 263-313.
5. KWAITER, G.; GAILDRAT, V; CAUBET, R. Integrating An Incremental Constraint Solver With A High Declarative Modeler For 3d Graphics Applications. In Practical Application of Constraint Technology Proceedings, Pappact'98, London Uk, 2004, 475-483.
6. MACKWORTH, A. K. Consistency In Networks of Relations. Artificial Intelligence, Vol. 8, N°. 1, 1977, 99-118.
7. MONTANARI, U. Networks of Constraints : Fundamental Properties and Applications In Picture Processing. Information Science, Vol. 7, N°.9, 1974, 719-728.
8. PRESS W. H.; TEUKOLSKY S.A.; VETTERLING W.T.; FLANNERY, B. P. Numerical Recipes in C. The Art Scientific Computing, Cambridge University Press, Second Edition, 1992, 335.
9. SANNELLA, M. SKYBLUE: A Multi-Way Local Propagation Constraint Solver For User Interface Construction. Acm Siggraph Symposium on User Interface Software And Technology Proceedings, California, November 1994, 116-123.
10. SCHRIJVER, C. A. 1986. Theory of Linear and Integer Programming. Wiley-Interscience Series In Discrete Mathematics, 1986, 802-809.
11. SISTARE, S. A Graphical Editor For Constraint-Based Geometric Modeling. Ph.D. Thesis, Dep. of Computer Science, Harvard. Published As Technical Report Tr-06-91, December 1992, 125.
12. SOLOMON, W. GOLOMB and LEONARD, D. Baumert. Backtrack Programming. Journal of The Association For Computing Machinery, Vol. 12, N°.6, 1965, 516-524.
13. Van Hentenryck, P. Incremental Constraint Satisfaction In Logic Programming. Iclp, 1990, 189-202.
14. WALTZ, D. Understanding Line Drawings of Scenes With Shadows. The Psychology of Computer Vision, 1975, 19-27.