مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (27) العدد (3) 2005
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (27) No (3) 2005

القرار الهندسي والنمذجة الرياضية

الدكتور جمال عمران*

(قبل للنشر في 2005/8/22)

□ الملخّص □

يعرض هذا البحث مشكلة اتخاذ القرار الهندسي من حيث نوعية البيانات المتوفرة، ومن حيث البنية الأساسية لعملية التحليل والمعالجة، ويعتمد البحث على نظرية جبر المجموعات اللامحددة (Fuzzy Set Theory) في بناء نموذج رياضي ملائم، حيث إن لاموثوقية البيانات تشكل واحدة من أهم المشاكل التي نواجهها في التحضير للقرار الهندسي . الطريقة المبتكرة تعتمد على فكرة تصنيف المعايير تبعاً لمرحلة تأثيرها ومقدار المخاطرة المرافق لعملية اعتماد هذه المعايير في الاختيار، تم تطبيق ذلك على مجموعة من الحالات في مشاريع البنى التحتية، مثل شبكات المياه في المدن، ومنشأت تمديد الكبلات في المنشآت الصناعية.

* مدرس في قسم هندسة وإدارة التشييد –كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية –سوريا.

مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (27) العدد (3) 2005
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (27) No (3) 2005

Technical Decision and Mathematical Modeling

Dr. Jamal Omran*

(Accepted 22/8/2005)

□ ABSTRACT □

This paper presents the problem of the decision-making in Civil Engineering according to the quality of the available data and the basic structure of the analysis process .Fuzzy Set Theory is the most used tool to handle problems of uncertainty in the data especially in the decision-making . The new approach is based on the classification of the criteria's according to the phases and risks .Applications in infrastructure projects like water supply city networks and constructions for feeding cables in industry plant are presented.

***Assistant Prof, Department Of Construction Management, Civil Engineering Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

أهمية البحث وأهدافه:

تعتبر عملية تحضير القرار الهندسي من أكثر الأعمال الهندسية أهميةً لما لها من تأثيرفي تحديد ملامح المشاريع الهندسية. يجب أن نعترف بأن اتخاذ القرار من دون تحضير هي عملية محفوفة بمخاطر كبيرة وتؤثر بشكل حاسم على جميع المراحل الهندسية اللاحقة.إن عملية اتخاذ القرار من دون تحضير بالاعتماد على الحس الهندسي أو الرغبات يمكن أن تحرف المهندس عن الوصول إلى الإمكانية الأمثل. فالمهندس يستطيع أن يتابع بشكل حسي معيار واحد على الأكثر وعليه يتخذ قراره والمعايير الحقيقة المسيطرة تكون عادة بطبيعتها متناقضة (مثلاً : إن البديل الأعلى كلفةً هو الأفضل جودةً والأكثر مقاومةً للعوامل الطبيعية ....إلخ) وبواسطة النموذج الرياضي نستطيع أن نوجد النقطة المثالية التي ترضي جميع هذه المعايير في وقت واحد وهو ما ندعوه بالنقطة المثالية والحل المثالي الذي نبحث عنه.

يهدف هذا البحث إلى اقتراح منهج تحليلي رياضي في التعامل مع موضوع تحضير القرار الهتدسي وذلك من خلال أمثلة عملية .

طريقة البحث:

يعتمد هذا البحث منهجاً تحليلياً رياضيا في دراسة المشكلة تعتمد بشكل أساسي على نظريتي جبر المجموعلت اللامحددة (Fuzzy Set Theory) ونظرية الألعاب الاستراتيجية(Game Theory) للوصول إلى نموذج رياضي مبتكر يمكن أن ندعوه ال (Fuzzy Games) ويتم تطبيق ذلك على أمثلة عملية .

مقدمة:

في الواقع العملي هناك سوء فهم كبير يتعلق بتفسير مفهوم الجدوى الـ Feasibility إلى تعبير جدوى اقتصادية، حيث يتم اتخاذ القرار عادة على معيار الكلفة، وهذا ما ترسخه أشكال العقود والمناقصات التي لا تسمح إلا باعتماد الحل الأرخص (على الرغم من التقييم الفني الشكلي) والنموذج الرياضي سوف يوضح لنا فيما بعد أن المعايير متناقضة وأن اعتماد الكلفة الأولية المقدرة كمعيار وحيد هو أمر لن يؤدي بالضرورة إلى الحل الأمثل . ومن الشائع جداً أن البدائل المنخفضة الكلفة تكون ضعيفة المقاومة أمام العوامل الطبيعية المختلفة التي تؤثر على أداء المنشأ . قبل البدء بعملية تحضير القرار يمكن صياغة التساؤلات الآتية:

1. ما بنية الأهداف العامة الحاكمة باتخاذ القرار وكيف يمكن ترتيبها هرمياً؟
2. ما الأهداف الجزئية التي يجب التعرف عليها في هذه البنية ؟
3. ما مستوى المعلومات المتوفرة وفيما إذا كانت إحصائية أو تنبوئية؟
4. في حال كانت المعلومات تنبوئية وهل هناك فكرة عن الجهات التي قامت بالتنبؤ ؟
5. هل هناك عملية تقييم لمستوى هذه المعلومات والبيانات ودرجة وثوقيتها؟
6. هل هناك توثيق لعملية جمع المعلومات من حيث التاريخ والأشخاص؟

بعد الإجابة على هذه الأسئلة نكون قد قمنا بعملية التحليل الأولي لمسألة اتخاذ القرار الهندسي لتبدأ بعد ذلك عملية التحليل الفعلية التي تكون متزامنة مع عملية اختيار النموذج الرياضي الملائم .

عملية تحليل القرار الهندسي:

يمكن أن نلخص عملية التحليل بالخطوات الآتية:

- حصر جميع الأهداف العامة والمرحلية (Objectives, Targets) ووضع البنية الهرمية لهذه الأهداف .
- تحديد مجموعة البدائل أو الحلول الهندسية الممكنة.
- صياغة مجموعة المعايير والمحدادات التي تخص هذه البدائل.
- تحديد مسؤوليات إتخاذ القرار.
- ربط القرارات بالمراحل الزمنية المتعاقبة للمشروع .
- تحليل نتائج القرار بعد إعتماده وتحديد مستوى تحليل الحساسية اللازم.
- عملية اختيار النموذج الرياضي أو تصميمه .
- فحص درجة محاكاة النموذج الرياضي للواقع .

تبدأ عملية تحليل القرار مع تحديد حاجة اجتماعية اقتصادية ما مثلاً بناء جامعة أو مدرسة –بنى تحتية مختلفة – طرق شبكات جر مياه وصرف صحي سدود وشبكات ري ....الخ .إذا المنطلق الأساسي دائماً هو بروز حاجة، وهذه الحاجة يقوم بصياغتها متخذ قرار على سوية سياسية وإدارية تتناسب معها .هل هذه الحاجة هي حاجة ارتجالية أتت كرد على ظاهرة أو فعل ما أم هناك منظومة خطط شاملة تنطوي تحتها؟

الخطة الشاملة (Master Plan) تكون موضوعة على عدة مستويات، مثلاً هناك خطة شاملة للتنمية السكانية لها متطلباتها من مساكن و بنى تحتية وهناك خطط اقتصادية وخطط بيئية وخطط نقل شاملة جميعها يجب أن تترابط معاً . إن تحديد حجم وموقع ونوعية أي مشروع يكون منسجماً مع هذه الخطط ويحقق منظومة أهدافها.

منظومة الأهداف:

البنية الهرمية التفصيلية الشاملة لمنظومة الأهداف هي الشرط الأساسي لصياغة الخطط. صياغة الأهداف هي مسألة هامة وحاسمة في عملية صنع القرار. ولا تنفصل منظومة الأهداف عن منظومة الخطط الشاملة . نبدأ عادة بصياغة الهدف الاستراتيجي العام الذي هو عادةً عبارة عن عدة أهداف متكاملة يجب أن يتبعها تحديد للأهداف العملية في مستويات الهرم المنخفضة .

إذاً يجب المحافظة على البنية الهرمية في منظومة الأهداف بحيث يكون تحقيق الأهداف العملياتية في المستويات المنخفضة له انعكاس واضح على الأهداف الإستراتيجية.(مثال: تحقيق هدف تخفيض الضياع أو الفاقد في شبكة مياه الشرب لمدينة يسهم في تحقيق هدف حماية الموارد المائية لمنطقة).

البدائل الهندسية الممكنة:

إن تحديد مجموعة البدائل والحلول الهندسية الممكنة لا يمكن أن يتم بمعزل عما يسمى منظومة الخطط الشاملة (Integrated Master Plan) لأن مجموعة البدائل الممكنة تكون في الطبيعة عادةً كبيرة جداً ولكن تكامل الخطط

الشاملة سوف يفرض شروط وقيود تحصر البدائل الهندسية الممكنة بعدد محدود قابل للمعالجة مما يسَهل عملية تحضير وصنع القرار .

وبعد عملية تحديد البدائل الهندسية القابلة للدراسة نبدأ بتحويل الأهداف إلى معايير محددة مستقلة خطياً وقابلة للتعريف على جميع البدائل.كما أن تحليل نوعية بيانات هذه المعايير يلعب دوراً كبيراً في تحديد النمذجة الرياضية الملائمة .

تحليل طبيعة المعلومات المتوفرة:

بشكل عام يمكن تقسيم المعلومات إلى صنفين أساسيين الأول وهو المعلومات والبيانات الإحصائية التي تكون جمعت عادةً عن فترات زمنية سابقة والصنف الثاني هو المعلومات التنبوئية التقديرية وهي تكون عبارة عن عملية استقراء للمستقبل . ويسود الاعتقاد أن المعلومات الإحصائية الدقيقة والشاملة والمعتمدة على التقنيات الرقمية الحديثة مثل قواعد البيانات العلائقية تسهم بشكل كبير في الحصول على نوعية معلومات تنبوئية متميزة ومشابهة للواقع . وهذا الأمر يقود إلى عملية تحضير قرار بمستوى نوعي عالٍ، وكما للأهداف بنية هرمية، فأن لعملية بناء قواعد البيانات أيضاً بنية هرمية وعلاقات يجب تحليلها والتعرف عليها في مرحلة مبكرة وفي سياق عملية تحضير القرار.

التعامل مع المعلومات الإحصائية يقود بشكل طبيعي إلى إستخدام نماذج رياضية إحصائية تساعد على معالجة البيانات وتسخيرها ولقد تم إنجاز هذا الجانب بشكل جيد جداً حتى الآن، حيث قدمت النماذج الإحصائية نتائج باهرة في هذا المجال . وتأتي ربما نماذج الذكاء الصنعي مثل النظم الخبيرة والشبكات العصبونية وحديثا الهندسة الجينية كمثال على هذه النماذج .

في حين لاتزال عملية معالجة البيانات التنبوئية هي عملية تحمل في طياتها الكثير من المخاطر .ولقد ثبت أن الطرق الإحصائية غير كافية في معالجة هذه البيانات ،كما ظهرت في السنوات الأخيرة تطبيقات هامة على نظرية جبر المجموعات اللامحددة (Fuzzy Set Theory).

جبر المجموعات اللامحددة:

شكل ظهور نظرية جبر المجموعات اللامحددة (FUZZY SET THEORY) في عام 1965 على يد Zadeh ثورة كبيرة في تطوير الجبر الكلاسيكي والارتقاء به إلى مستوى أعلى بحيث أصبح من الممكن أخذ المعلومات والمعطيات غير المحددة في عملية النمذجة الرياضية [1] الأمر الذي فرض إمكانية استيعاب معلومات وبيانات أكثر في وضع النموذج الرياضي لمشكلة ما، على الرغم من أنه حصل في البداية سوء فهم في عملية التفريق بين المنطق اللامحدد ومنطق علم الاحتمالات .

شهدت هذه النظرية استخداماً واسعاً في مجالات متعددة ليس فقط على مستوى إنجاز الطرائق الرياضية والبرمجيات بل على مستوى العتاد والصناعات الإلكترونية أيضاً حتى إن اليابانيين أطلقوا FUZZY كعلامة تجاريه على منتجاتهم المختلفة من كاميرات للتصوير أو أدوات منزلية أو تجهيزات إلكترونية خاصة مستخدمة في مجالات الأجهزة الطبية وغيرها والميزة الأساسية لهذه الأجهزة أنها تتمييز بالذكاء الصنعي والدقة في العمل والتخديم السهل والبسيط .

لقد أثبت مجموعة من التطبيقات العملية في مجال إدارة أعمال البناء أن نظرية جبر المجموعات اللامحددة تساعد في تحضير القرارات الهندسية المثلى على مختلف المستويات وخصوصاً بعد الاستخدام المكثف للكمبيوتر في الإدارة. تأتي أهمية هذه النظرية في أنها تتيح لواضع النظام الرياضي الإداري (محلل النظام) مراعاة كم كبير من المعلومات المتعلقة بالعملية الإنشائية. علماً أنه في النماذج الرياضية الكلاسيكية يبقى على الغالب كم ليس بالقليل من المعلومات من دون معالجة لعدم التمكن من محاكاتها رياضياً.

إن مفهوم الـ Fuzzy Set theory قد تم نقله إلى اللغة العربية بعدة مصطلحات فهناك من يتكلم عن المنطق المشوش، وهناك من أطلق عليه اسم منطق الضجيج أو لنظرية الضبابية، ولكن التعبير الحقيقي عن هذا المفهوم هو المصدر الألماني حيث تأتي الترجمة الحرفية على تعبير جبر المجموعات اللامحددة، وهي أكثر الترجمات قرباً من جوهر هذا المنطق الرياضي الجديد والهام. لقد تشعبت وتعددت استخدامات جبر المجموعات اللامحددة في مجالات مختلفة، ولكن استخدامه في مجال هندسة الإنشاء والهندسة المدنية لا يزال حتى الآن قليلاً جداً ، ونريد هنا أن نبرز الحاجة والإمكانية في استخدامه وعلى وجه الخصوص في مجال إتخاذ القرار الهندسي لإدارة أعمال التشييد.

يقوم جبر المجموعات اللامحددة على فكرة إزالة حدود المجموعة بمنطق جبر المجموعات الكلاسيكي، والذي يقول إن المجموعة تحتوي على عدد محدد من العناصر وكل عنصر لا ينتمي إلى هذه المجموعة لا يمكن أن يمت إليها بأية صلة ، الأمر الذي يتناقض غالباً مع الطبيعة و السلوك البشري. أن تجريد كل شيء حولنا بشكل رياضي كان في السابق ضرورياً للتمكن من القيام بعملية المحاكاة الرياضية للظواهر التي نرغب بمعالجتها والسيطرة عليها، ولكن يبدو أنه مع تراكم العلوم والمعلومات والاكتشافات أصبح لدى الإنسان الرغبة في توسيع التجريد الرياضي والجنوح إلى محاولة محاكاة الظواهر كما هي في الطبيعة والابتعاد عن التجريد طلباً للسهولة والتبسيط، وهنا جاءت فكرة اللاتحديد في التعبير عن المجموعات كمخرج من مأزق المحاكاة المحدودة للظواهر. فبدل أن نعبر بأن عنصراً ينتمي إلى مجموعة بجواب نعم أو لا أصبح لدينا سؤال نطرحه الآن إذا كان العنصر ينتمي إلى مجموعة فما درجة انتمائه ، ودرجة الانتماء هذه هي الطيف الواقع بين القيمتين واحد وصفر بمعنى أخر هناك تابع يمكن أن يعرّف هذه القيم أطلق عليه تعبير **تابع الانتماء (Membership function)** . أصبح الآن بالإمكان اعتبار منطق نعم أو لا– صح أو خطأ– أبيض أسود حالة خاصة من المساحات الرمادية المتدرجة في السواد أو البياض التي تقع بينهما، ومن هنا جاءت التسمية الإنكليزية Fuzzy .

أن مفهوم اللاتحديد Fuzziness يتيح لنا توسيع المحاكاة الرياضية للظواهر ، فعندما نعرّف آليات مشروع ما بطريقة محددة كلاسيكية نكون قد خرجنا بمقولة واحدة فقط تعطي فكرة عن عدد هذه الآليات ، ولكن عندما أحاول أن أعرف مجموعة الآليات الجاهزة فنياً وميكانيكياً للعمل، فإننا سوف نقع في مأزق القسوة في الحكم على الانتماء إلى هذه المجموعة أو عدمه ، فمن الثابت هندسياً أن جاهزية آلية ما هي قضية متعلقة بكمية كبيرة من المعايير التي يختلف تأثيرها بتغير الظروف والأوضاع ، فكيف لنا أن نصيغ هذه المجموعة ضمن منطق نعم– لا، إن هذا المثال يظهر لنا الضرورة الحتمية لأخذ اللاتحديد بعين الاعتبار وتمثيله . إن الهدف الأساسي لنظرية جبر المجموعات اللامحددة ليس إزالة اللاتحديد إنما الاعتراف بوجوده وإدخال تأثيره على النموذج الرياضي .

في البدايات كان هناك خلط بين علم الاحتمالات ومفهوم اللاتحديد، وذلك بسبب تشابه بين توابع التوزيع وتوابع الانتماء لذا يجب الانتباه إلى الفرق الكبير بين المفهومين . في حين أننا من خلال الإحصاءات نحاول أن نقوم بالتنبؤ

عن المستقبل، وذلك بالبحث عن القيم الأكثر تكراراً ، نقوم بواسطة محاكاة اللاتحديد بالكشف عن عناصر النموذج الرياضي التي ليس لها انعكاس رقمي وتعريفها على شكل مجموعة لامحددة .

نقول عن مجموعة إنها لامحددة Fuzzy A في X ويعبر عنها بالشكل التالي :

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \qquad (1)$$

حيث إن $\mu_A(x)$ هي درجة الانتماء للعنصر x إلى المجموعة اللامحددة A التي تقع قيمها في المجال [0,1]

ومن المألوف رياضياً أن نبحث لكل مجموعة عن تابع الانتماء الخاص بها ،حيث إن لشكل وطبيعة تابع الانتماء تأثيراً كبيراً في تعريف المجموعة، وهنا يبدأ العنصر الذاتي بالتدخل في المسألة، وللتخفيف منه يجب مراعاة ما أمكن من المعايير المتاحة التي تؤثر في تشكيل تابع الانتماء .

يمكن بشكل عام أن نميز نوعين من التوابع خطية و لاخطية، في الحالة اللاخطية يكون لتقعر أو تحدب المنحي دور في التعبير عن التفاؤل أو التشاؤم في عملية التقييم التي نقوم بها بالمحصلة من خلال النموذج الرياضي.

نظرية اتخاذ القرار وجبر المجموعات اللامحددة:

في العام 1970 قدم العالمان Zadeh & Bellmann مقالا عرضا فيه لأول مرة إمكانية تطبيق جبر المجموعات اللامحددة في مجال طرق اتخاذ القرار [2]، وظهر بعد ذلك عدد كبير جداً من التطبيقات التي أثبتت فاعلية هذا المنطق الحديث. تفسير القرار المثالي وفق الطرق الكلاسيكية ينطوي دائماً على خطورة كبيرة، لأن الفصل القاسي والحاد بين مثالي وغير مثالي يجلب معه في أغلب الأحوال نتائج لا نستطيع أن نتعامل معها على أنها واقعية . لقد أعطى مبدأ اللاتحديد للمثلوية إمكانية محاكاة التصرف البشري والأشياء المحسوسة التي يصعب أحياناً التعبير عنها بشكل رقمي، الأمر الذي سمح لنا مراعاة كم إضافي من المعايير والتأثيرات التي كنا نقوم سابقاً بإهمالها نظراً لعدم التمكن من محاكاتها.

عملية **صنع القرار** تتطلب دراسة جميع الإمكانيات أو الحلول أو البدائل في كل المراحل (التصميم والتنفيذ والاستثمار) حيث نقف دائماً أمام كم هائل من الخيارات التي يجب أن نوجد لها المعايير الدالة بالمحصلة على الأهداف الأساسية للمشروع للوصول إلى حالة مثالية عامة.

بشكل عام يمكن أن نميز شكلين رئيسين للنماذج الرياضية لطرق اتخاذ القرار تحت عدة معايير MCDM:

- MADM (Multiple Attribute Decision Making) اتخاذ القرار تحت عدة معايير بشكل صفاتي ، حيث نتعامل في هذه الطريقة مع مجموعتين

1- مجموعة الخيارات أو البدائل وهي جملة الحلول التي سيتم من بينها اختيار الحل ويجب أن يتوفر على الأقل بديلين.

2- مجموعة الأهداف ويعبر عنها بشكل رياضي من خلال المعايير التي يتم تحديدها لتقييم البدائل،

هاتين المجوعتين هما على الغالب من النوع المحدد ونتيجة للجداء الديكارتي للمجموعتين نحصل على مجموعة أخرى نعبر عنها بشكل مصفوفي ويدعى التابع الذي ينتج بتابع المنفعة (Utility Function)

$$U_{ij} = A_i X C_j \qquad (2)$$

والذي يمثل بشكل مصفوفي أيضاً

- MODM (Multiple Objective Decision Making) اتخاذ القرار تحت عدة معايير بشكل مستمر، يكون لدينا هنا مجموعة من المتغيرات المطلوب إيجاد القيمة العددية المثالية لها، وذلك تحت جملة من الأهداف، مجموعة الأهداف التي تصاغ بتابعية هذه المتغيرات ويكون لهل توجهان إما .Max أو .Min ، ومجموعة الشروط المقيدة للمسألة.

لقد شهدت السنوات الماضية استخدامات متعددة لمنطق اللاتحديد في كلا الأسلوبين المذكورين ، وكانت نتائج تحليل الحساسية للنتائج تدلل على مدى أهمية استخدام Fuzzy في طرق اتخاذ القرار:[8] :[9] [3],[4],[5].

في محاولة لنمذجة مسألة اتخاذ القرار في عمليات انتقاء الحلول الهندسية الأولية للإنشاءات بشكل عام قدم المؤلف الصيغة الرياضية الآتية التي تمثل اللعبة الاستراتيجية المفسرة بجبر المجموعات اللامحددة ال FUZZY GAMES :

$$\Gamma_{\mu} = \left\{\left(X_i, \mu_i\right);\left(Y_j, \mu_{ij}\right);\left(a_{ij}, \mu^{*}_{ij}\right)\right\} \text{for} \begin{cases} (i = 1, \ldots, m) \\ (j = 1, \ldots, n) \end{cases} \qquad (3)$$

وتنطوي المحاولة على تفسير المشكلة الهندسية وفق نظرية الألعاب الاستراتيجية أي اعتماد مبدأ أن المهندس من خلال تصميمه للمنشآت هو واقع تحت تأثير الظروف الطبيعية والبيئية التي تتحكم بشكل أساسي بانتقاء الحل الهندسي المثالي أي يمكن النظر للمسألة على أنها لعبة الشخصين ذات المجموع الصفري . دخول منطق اللاتحديد إلى المسالة يساعد في تجاوز مشكلة صياغة المعايير وعمليات التقييم التي تنتج عنها، وفي إجراء عمليات التطبيع على القيم الغير متجانسة من حيث الوحدة التي تشكل المصدر الأساسي للعنصر الذاتي السلبي في عمليات التقييم الهندسي الكلاسيكية المألوفة، والذي يؤدي بنا إلى وضع افتراضات لا تنسجم مع الواقع المحيط للمشكلة الهندسية .

الفرق الأساسي بين نموذج اللعبة الاستراتيجية تحت الجبر الكلاسيكي واللعبة وفق جبر المجموعات اللامحددة، يكمن في تحديد وحساب توابع الانتماء لعناصر اللعبة الثلاثة : اللاعب الأول واللاعب الثاني وتابع النتيجة أو تابع محصلة الاستراتيجيات ، بعد القيام بعملية تحليل دقيقة لسلوك توابع الانتماء تم التوصل إلى اقتراح الصيغة اللاخطية الآتية :

$$\mu(a) = \begin{cases} 0 & a \le a_0 \text{ for} \\ Aa^3 + Ba^2 + Ca + D & \text{for } a_0 \le a \le a_D \\ Ea^3 + Fa^2 + Ga + H & \text{for } a_D \le a \le a_M \\ 1 & \text{for } a_M \le a \end{cases} \qquad (4)$$

إن هذا التابع المعروف باسم Cubic Spline Function يحاكي السلوك الطبيعي عندما يكون في مجال القيم الدنيا مقعراً و في مجال القيم العليا محدب ونقطة الانعطاف هي نقطة قريبة من نقطة وسطية ، بالإضافة إلى خيار تابع الانتماء تبقى هناك مسالة تفعيل القيم من خلال معامل Operator لقد تم اعتماد العلاقة العامة الآتية :

$$\mu = \left(\sum_{i=1}^{m} (\mu_i)^p \right)^{1/p} \qquad (5)$$

مراحل تطبيق النموذج:

المرحلة الاولى : يتم من خلالها تحديد صفات استرتيجيات اللاعب الأول وهي عبارة عن مجموعة المعايير الداخلية التي يمكن تمثيلها عن طريق تعيين مجموعة المعايير التي توصف الحل الهندسي (مثل الكلفة– زمن التنفيذ – الظروف التكنولوجية للتنفيذ –الإنتاجية– توفر التقنيات –الخبرات التكنولوجية – ظروف الموقع – التقاطعات – الصعوبات المتعلقة بالمنشآت الجاورة .....إلخ) يتم وضع قيم هذه المعايير المختلفة ضمن مصفوفة ثم نعرف بعد ذلك المجموعات اللامحددة لكل معيار على حدة بالاعتماد على توابع الإنتماء المختلفة ونطبق عليها العلاقة الآتية:

$$\mu_{1i} = 1/L \Sigma \mu_{iL}$$

المرحلة الثانية : يتم في هذه المرحلة استيعاب العوامل الخارجية كافة أو ما يمكن أن نطلق عليها العوامل التي لايمكن للمهندس أن يتدخل في حدوثها أو عدمه .

وتأخذ هذه المرحلة شكلها عبر المصفوفة التي تعبر عن تلاقي الاستراتيجيات من الطرفين وفق الصيغة الآتية:

	S_{21}	S_{22}	…	S_{2j}	… S_{2n}
S_{11}	μ_{11}	μ_{12}	…	μ_{1j}	… μ_{1n}
S_{12}	μ_{21}	μ_{22}	…	μ_{2j}	… μ_{2n}
…	…	…	…	…	… …
S_{1i}	μ_{i1}	μ_{i2}	…	μ_{ij}	… μ_{in}
…	…	…	…	…	… …
S_{1m}	μ_{m1}	μ_{m2}	…	μ_{mj}	… μ_{mn}

المرحلة الثالثة حيث يتم فيها دمج المرحلتين الأولى والثانية واستخدام معامل Minفي تحديد قيم توابع الإنتماء لمصفوفة هذه المرحلة $(\mu_{IJ})^*=MIN(\mu_{1J}\ ,\ \mu_{IJ})$ ليطبق بالمحصلة ومرة أخرى مبدأ MIN-MAX وذلك بحثاً عن نقطة التوازن. هذا ما نسميه عادة بمنطق نظرية الألعاب الاستراتيجية ب الـ Saddle Point في هذه الحال نكون قد طبقنا المعامل الحذر MIN مرتين مما يدعو للاعتقاد أن الحذر ومراعاة المخاطر قد طبقت في هذا النموذج الرياضي المبتكر.

تم استخدام هذه الطريقة في إيجاد الحل المثالي لمنظومة مياه الشرب لمدينة دمشق في سياق عملية إعادة تأهيل وتوسيع الشبكة حتى العام 2040 مع الأخذ بعين الاعتبار عملية جر المياه من الساحل. حيث كان في البداية الخيار بين حل حلقي حول المدينة وأخر تم اعتماده من خلال اختراق وسط المدينة بخطوط رئيسة كبيرة ومحاولة الاستفادة من فرق المنسوب بين المصادر ونقاط التوزيع في المدينة، حيث تم أخيراً الاستغناء عن معظم محطات الضخ التي كانت تستخدم سابقاً واختصارها إلى محطة واحدة .

ونستعرض هنا مثال عددي لجزء من الشبكة حيث تم دراسة 9 بدائل للوصل بين نقطتين ذلك بعد تقسم المعايير المؤثرة إلى معايير داخلية ومعايير خارجية :

البديل الاول : خط بالإسالة باقطار 800 مم+1000مم فولاذ مع العزل

البديل الثاني خط بالإسالة باقطار 800 مم+1000مم فونط مرن مع العزل

البديل الثالث خط بالإسالة باقطار 800 مم+1000مم فولاذ

البديل الرابع خط مضغوط /مضخة/ قطر 800 من الفونط المرن

البديل الخامس خط مضغوط /مضخة/ قطر 800 من الفولاذ مع العزل

البديل السادس خط مضغوط/مضخة / 800 مم +1000مم من الفولاذ

البديل السابع :خط مضغوط /مضخة/ 600+800+1000 مم من الفولاذ والفونت

البديل الثامن : خط مضغوط /مضخة/ 600+800+1000 مم من الفولاذ مع العزل

البديل التاسع: خط مضغوط /مضخة/ 600+800+1000 مم من الفولاذ

في كل بديل يكون هناك مسارات مختلفة تبعاً لطبيعة المنطقة واتساع الشوراع . يتم بعد ذلك تحديد المعايير المطلوبة للتقييم بعد تصنيفها إلى خارجية وداخلية وهي :المساحات اللازمة–إمكانية تنويع مراحل التمديد–الاستثمار– استهلاك الفولاذ –أوزان الأنابيب– المكقومة والديمومة–كلفة الأنابيب– كلفة التشغيل – الجدول الآتي يعطي التوصيف الداخلي للمعايير على البدائل التسعة :

البديل	C1	C2	C3	C4	C5
A1	133.81	1.14	150.9	2946.1	671.29
A2	110.64	1.1	161.6	9651.4	306.33
A3	110.64	1.0	153.39	9651.4	248.75
A4	130.25	1.14	146.11	2550.9	582.82
A5	107.09	1.1	155.40	7760	245.6
A6	108.03	1.0	151.72	7760	212.88
A7	131.83	1.14	142.63	2233.2	604.83
A8	109.73	1.1	152.65	8182.8	259.3
A9	110.16	1.0	144.7	8413.1	216.83

الجدول الآتي يوصف المعايير الخارجية:

البديل	Y1	Y2	Y3
A1	9	2.5	850.0
A2	2	2.68	850.0
A3	3	4.07	850.0
A4	8	2.42	1333.9
A5	3	2.58	1333.9
A6	4	4.05	1333.9
A7	7	2.36	1013.2
A8	4	2.53	1013.2
A9	5	3.86	1013.2

وبتطبيق المرحلة الاولى من النموذج وبعد حساب قيم توابع الانتماء بواسطة تابع Spline نحصل على المصفوفة الأولى الآتية:

البديل	C1	C2	C3	C4	C5	$\mu_{1i} = 1/L\Sigma\mu_{iL}$
A1	0	0.008116416	0.453811242	0.965327952	0.007437676	0.286939
A2	0.92733984	0.5	0.001655808	0	0.865651181	0.458988

A3	0.92733984	1	0.233635177	0	0.979324133	0.628119
A4	0.022974088	0.008116416	0.884606678	0.993186392	0.118283728	0.405433
A5	1	0.5	0.444871845	0.133925628	0.982898767	0.612339
A6	0.997722849	1.0	0.375920566	0.133925628	1	0.701514
A7	0.004175312	0.008116416	1	1	0.078944148	0.418247
A8	0.962170836	0.5	0.293179312	0.080834698	0.96511287	0.56026
A9	0.947069537	1.0	0.962816424	0.057226764	0.999935416	0.79341

الجدول الآتي يوضح حسابات توابع الانتماء للعوامل الخارجية:

البديل	Y1	Y2	Y3
A1	0.022897142	0.966012635	1
A2	0.943347205	0.851613147	1
A3	0.798628797	0.003814934	1
A4	0.088691427	0.99227610	0.005327304
A5	0.798628797	0.923570449	0.005327304
A6	0.603704744	0.005951164	0.005327304
A7	0.193037141	0.999837438	0.0.624490863
A8	0.603704744	0.951857136	0.0.624490863
A9	0.5	0.049276661	0.366356641

وبتطبيق العلاقة $(\mu_{IJ})^*=MIN(\mu_{1J}\ ,\ \mu_{IJ})$ نكون قد أنجزنا المرحلة الثانية لكي نصل أخير إلى المصفوفة التلية التي تعبرجوهر اللعبة الاستراتيجية وذلك بعد تطبيق مبدأ Min-Max:

البديل	Y1	Y2	Y3	Min-Max
A1	0.022897142	0.286939	0.286939	0.022897142
A2	0.458988	0.458988	0.458988	0.458988
A3	0.628119	0.003814934	0.628119	0.003814934
A4	0.088691427	0.405433	0.005327304	0.005327304
A5	0.612339	0.612339	0.005327304	0.005327304
A6	0.603704744	0.005951164	0.005327304	0.005327304
A7	0.193037141	0.418247	0.418247	0.193037141
A8	0.56026	0.56026	0.56026	**0.56026**
A9	0.5	0.049276661	0.366356641	0.049276661

وبالنتيجة يتم اختيار البديل الثامن كأفضل بديل ممكن .

كما كان قد تم اختبار هذه الطريقة في عملية اختيار المنشاة الهندسية المثلى لحمل مجموعة كبيرة من الكابلات بلغ عددها في بعض المسارات حتى 70 كابلاً في منشأة بونا الألمانية الكيميائية ، ولهذه الكابلات حساسية تشغليه عالية حيث انقطاعها أو تخريبها يؤدي في بعض الأحيان إلى توقف العمل تماماً ، لقد تم دراسة تسعة أشكال مختلفة من الحلول بدأت بالطمر العادي إلى الأقنية المفتوحة والمطمورة، وانتهت بحلول معقدة بإنشاء جسور معدنية أو أنفاق تحت أرضية معزولة ، وتبين بعد الدراسة أن هناك على الأقل سبعة عشر معياراً مؤثراً على عملية الانتقاء، ولقد تم تصنيف هذه المعايير في البداية إلى معايير خارجية ومعايير داخلية بما ينسجم مع النموذج الرياضي المقترح الذي يجعل المعايير تؤثر على عملية الاختيار بشكل متفاوت دون اللجوء إلى عمليات التثقيل المتبعة في الطرق الكلاسيكية[6]

أظهرت هذه التطبيقات فاعلية كبيرة لاستخدام جبر المجموعات اللامحددة في عمليات اتخاذ القرار الهندسي.

الواقع الحالي لعملية تحضير القرار:

إن الواقع السائد للمشاريع الكبرى في القطر العربي السوري فيما يخص عملية تحضير القرار لا يرضي على الإطلاق، بل يمكن الجزم بأن عملية التحضير لا تتعدى كونها بعض المشاورات والقرارات الإدارية التي تعتمد بشكل أساسي على الحدس والخبرة وتتأثر إلى حد كبير بالعوامل الذاتية . وقد تكون هناك بعض الجزر الإيجابية، ولكن عملية التحضير كما أوضحنا تعتمد على الخطط الشاملة المتكاملة. لا يمكن بأي حال تحديد الهدر الحاصل من غياب عملية تحضير القرار الموضوعية فهو بالتأكيد كبير جداً . ولا يعتقد أن تحديد هذا الهدر يمكن أن يؤدي إلى إزالته، وعملية تصحيح هذا الواقع هو برنامج وطني كبير تشارك فيه الفعاليات كافة، وفي الفقرة الآتية نقدم بعض الحلول الممكنة والتوصيات .

الحلول الممكنة والتوصيات:

يمكن أن نلخص هنا أهم التوصيات التي يمكن أن تسهم في تحسين عملية تحضير القرار الهندسي:

- تأسيس مركز دعم قرار هندسي يقوم بالأعمال الآتية:
  - تصحيح الالتباس الحاصل في فهم الـ Feasibility
  - مسح اجتماعي اقتصادي بيئي بغية تهيئة البيانات اللازمة لصنع القرار
  - توضيح هرمية القرارات الهندسية وتحديد المسؤوليات
  - وضع معيارية لدراسات الجدوى وعملية اتخاذ القرار
- توطين المراحل الهندسية للتصميم في قانون يحكم المشاريع الكبرى
- تأسيس لثقافة اتخاذ القرار وإقناع المديرين وأصحاب القرار بالاعتماد على إعطاء الشرعية والقانونية لمراكز دعم القرار في صناعة القرار .
- تقسيم الدراسات الهندسية إلى مراحل واضحة كما هو مألوف عالمياً والتركيز على المراحل الاولى وبشكل خاص عملية اتخاذ القرار.

المراجع:

[1]: Zadeh, L.A. " Fuzzy sets" Information and Control 8 , 1965 p. 338-353

[2]: Bellmann,R.E./ Zadeh, L.A. " Decision-making in a fuzzy envirnoment" Management Science , 17, 1970) 4, p.B141-B164

[3]: Leberling H. "On finding compromise solutions in multicriteria problems using the fuzzy mini-operator"in FSS , Fuzzy sets and systems 6 ,1981 p. 105-118

[4] ” Zimmermann, H.J. Fuzzy programming and linear programming with several objective functions “:FFS , Fuzzy sets and systems 1 ,1978 p. 45-55

[5]: Werners,B. “Interaktive Entscheidungsunterstuetzung durch ein flexibles mathematisches Muenchen , Minerva Publikation ,1984 " programmierungssystem

[6] Omran , Peldschus “Entscheidungen mit unscharfen Spielen “ Wissen. Berichte 9/1989 TH Leipzig Heft 6 .

[7]: Omran J. “Entscheidungsunterstuetzende Methoden in der bautechnologischen Vorbereitung unter Beruecksichtigung von unscharfen Spielen FUZZY GAMES“ Diss A TH Leipzig 9/1988

[8]: Klauer.B., Drechsler.M. Messner.F. "Multicriteria analysis under uncertainty" UFZ Center for Enviromental Research Department of Economics, Sociology and law (OEKUS) Department of Ecological Modeling 2002

[9]: Matue.V.A. "Multiple criteria decsion making method for heterogeous data sets" Test doctoral ,lecture de desmber de 2002