Journal of Engineering Sciences and Information Technology
Volume (5), Issue (5): 30 Dec 2021
P: 78 - 91

ISSN: 2522- 3321

مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات
المجلد (5)، العدد (5): 30 ديسمبر 2021م
ص: 78 - 91

Determining the best strategy to reduce losses in Banias water network, based on the Analytical Hierarchy Process AHP

Jamelah Mouhammad Salman

Abbas Abdulrahman

Faculty of Civil Engineering || Tishreen University || Syria

Abstract: The study aims to choose the best strategy for reducing Water losses in Banias City Water Distribution network, that reaches a large percentage about 65%, based on the Analytical Hierarchy Process (AHP).

The strategies (alternatives), the main and secondary criteria necessary to reach the construction of the decision matrix and the development of the final strategies for the work of the Establishment in accordance with it, based on the opinions of experts in the Banias Water Establishment, in addition to references and previous studies in the field of research.

The necessary questionnaire was prepared and then distributed to a group of experts (30 experts) of engineers and technicians working in Banias Water Establishment, and thus conducting comparison process between the main criteria, the sub- criteria, and the alternatives for the sub- criteria.

The Expert Choice Software Which is based on AHP method, is used, and It automatically performs mathematical processes and calculates final relative weights to obtain the final decision matrix. The results showed that the strategy of dividing the network into district metered areas ranked first, with the highest rating of 27.8%, followed by the strategy of control and pressure management with 13.6%, while the strategy of replacing meters came last with 3.5%.

Keywords: Water losses, Multi- criteria Decision Analysis MCDA, Analytical Hierarchy Process (AHP), Expert Choice.

تحديد الاستراتيجية الأفضل لتخفيف الفواقد في شبكة مياه مدينة بانياس بالاعتماد على طريقة التحليل الهرمي Analytical Hierarchy Process (AHP)

جميلة محمد سلمان

عباس عبد الرحمن

كلية الهندسة المدنية || جامعة تشرين || سوريا

المستخلص: هدفت الدراسة إلى اختيار أفضل استراتيجية لتخفيف فواقد المياه في شبكة مياه بانياس باعتبارها تبلغ نسبة كبيرة حوالي 65%، وذلك بالاعتماد على طريقة التحليل الهرمي AHP.

تم اقتراح البدائل والمعايير الرئيسية والفرعية اللازمة للوصول إلى بناء مصفوفة القرار ووضع الاستراتيجيات النهائية لعمل المؤسسة وفقها، وذلك بالاعتماد على آراء الخبراء في مؤسسة مياه بانياس، بالإضافة إلى المراجع والدراسات السابقة في مجال البحث. تمّ إعداد الاستبانة اللازمة ومن ثم توزيعها على مجموعة الخبراء (30 خبيراً) من المهندسين والفنيين العاملين في مؤسسة مياه بانياس، وبالتالي إجراء عملية المقارنة بين المعايير الرئيسية، المعايير الفرعية، وكذلك بين البدائل بالنسبة للمعايير الفرعية. استخدم برنامج Expert Choice والذي يعتمد على طريقة AHP، حيث يقوم تلقائياً بإجراء العمليات الحسابية وحساب الأوزان النسبية النهائية للتوصل إلى مصفوفة القرار النهائية. أظهرت النتائج أن استراتيجية تقسيم الشبكة إلى مناطق قياس قطاعية District metered areas(DMAs) قد

حازت على المرتبة الأولى، وذلك بحصولها على أعلى نسبة تقييم 27.8%، تليها استراتيجية التحكم وإدارة الضغط بنسبة 13.6%، بينما جاءت استراتيجية استبدال العدّادات في المرتبة الأخيرة بنسبة 3.5%.

الكلمات المفتاحية: فواقد المياه، تحليل القرار متعدد المعايير MCDA، طريقة التحليل الهرمي AHP، Expert Choice.

مقدمة.

يعتبر ارتفاع معدلات الهدر في شبكات المياه من أهم المشاكل والتحديات التي تواجه مؤسسات المياه في العالم، وبحسب دراسة البنك العالمي 2006، فإنّ ما يقارب 32 مليار متر مكعب من المياه تضيع على شكل فواقد وتسربات، بينما 16 مليار متر مكعب تصل إلى المستهلك [8]، الأمر الذي يتطلّب من مؤسسات المياه مزيداً من العمل من أجل تحسين كفاءة خدمات المياه وتحليل الفواقد وحسن إدارتها، وكذلك وضع الاستراتيجيات المناسبة والبحث عن حلول جديدة في هذا المجال.

درس العديد من الباحثين مشكلة الفواقد وناقشوا الاستراتيجيات المختلفة المستخدمة في تخفيفها، ولعلّ أبرزها تقسيم الشبكة إلى مناطق قياس قطاعية District metered areas(DMAs) [13]، إدارة الضغط [12]، تحسين سرعة وجودة الإصلاحات [5] وغيرها من الاستراتيجيات [6] [10].

يلعب القرار الهندسي الدور الأكبر من حيث تحديد الخيار الأفضل من ضمن الاستراتيجيات المختلفة، وهذا القرار يجب أن يكون مبنياً على أسس علمية، بالإضافة إلى الخبرة الشخصية، هذا وتعتبر عملية تحضير القرار الهندسي من أكثر الأعمال الهندسية أهميةً، لما لها من تأثير في تحديد ملامح المشاريع الهندسية [21].

إنّ تحليل القرار المتعدد المعاييرMulti- criteria Decision Analysis (MCDA) ، هي عبارة عن أداة تمّ تطويرها من أجل حلّ المشاكل البحثية العلمية مع عدد محدد من الخيارات، بناءً على مجموعة من معايير التقييم [7]، أي توفّر طرق صنع القرار متعددة المعايير أدوات فعالة للتعامل مع المشاكل البحثية العملية، والتي لها أكثر من معيار أو هدف، هذا وقد تمّ حلّ العديد من المشاكل البحثية المتعلقة بإدارة مصادر المياه، باستخدام تقنيات القرار المتعدد المعايير مثل PROMETHEE, FUZZYTOPICS, ELECTERY, AHP وغيرها [1].

الدراسات السابقة:

تم استخدام طريقة التحليل الهرمي AHP في العديد من المجالات، وعلى النحو الآتي:

- ففي عام 2008 قام إياد الشويكي بتطبيق هذه الطريقة، وذلك من أجل اختيار أفضل المكاتب الاستشارية في قطاع غزة ومن أجل ذلك تم تصميم الاستبيانات اللازمة، والتي تم من خلالها تحديد المعايير الرئيسة والفرعية اللازمة في عملية اختيار المكاتب الاستشارية في قطاع غزة، ومن ثم توزيعها على الخبراء، وذلك للحصول على أوزان المعايير المهمة والأهمية النسبية لها، وقد توصل في النهاية إلى تحديد أهمية كل المعايير الرئيسة والفرعية من خلال هذه الدراسة، والوصول إلى النموذج العام للاختيار [17].
- وفي سوريا قام الدكتور عادل عوض وباحثون آخرون بمراجعة نظرية لطريقة التحميل الهرمي AHP ومن ثم قاموا بتطبيق عملي لها في تحديد المواقع الملائمة لتوزيع مياه الجفت OMWW، بالاستعانة بصانع قرار وحيد وفي النهاية تم عرض بعض الاستنتاجات والتوصيات وبعض الاتجاهات المستقبلية للبحث [2].
- وكان لطريقة التحليل الهرمي نصيب في العديد من المجالات الهندسية نظراً لفاعليتها في اتخاذ أفضل القرارات، حيث قام Evangelos Triantaphyllou وStuart H. Mann في عام 1995 بنشر بحث تطرقوا من خلاله إلى استخدامها في القطاعات الهندسية وبعض التحديات التي تعترضها [14].كما أجرى في عام 2015 كل من Julia

Brown وباحثون آخرون دراسة كان الهدف منها تقييم مدى مرونة وفعالية طريقة التحليل الهرمي، وذلك في مجال إدارة النفايات الصلبة في نيجيريا، حيث تم تحديد البدائل والمعايير وتم استخدام برنامج EXPERT CHOICE وكانت النتائج جيدة [3].

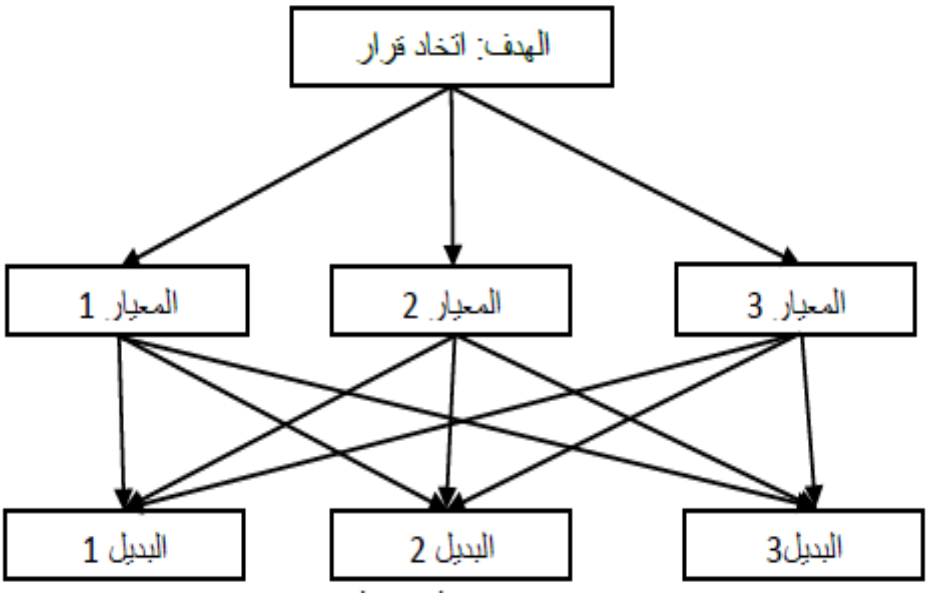
- بالإضافة إلى رسالة دكتوراه قام بها Harrison.E. Mutikanga وذلك في عام 2012، بعنوان "طرق ومنهجيات إدارة الفواقد في البلدان النامية" وقد تطرق إلى طرق اتخاذ القرار المتعدد المعايير وأهميتها في مجال إدارة الفواقد، حيث قام باستخدام طريقة PROMETHEE من أجل تحديد أفضل استراتيجية لتخفيف الفواقد وذلك في شبكة مياه كامبالا في(يوغندا)، فتم تحديد مجموعة البدائل(الاستراتيجيات) وكذلك المعايير، ومن ثم تم توزيع الاستبيانات وقد أعطت الطريقة أن تخفيض الضغوط هي الاستراتيجية الأفضل في حين كانت السيطرة على الوصلات غير الشرعية هي الأقل أهمية، هذا وقد أوصى الباحث بضرورة إدخال القرار متعدد المعايير في جميع المجالات، ولاسيما في إدارة الهدر مع ضرورة تطبيق طرق أخرى مثل AHP ومقارنتها مع PROMETHEE وبيان فيما كانت ستعطي نفس النتائج [9].
- وقام Shaher H. Zyoud وآخرون عام 2016 بتقديم دراسة لإدارة فاقد المياه في البلدان النامية وذلك بالاعتماد على طريقةFuzzy AHP مع Fuzzy TOPSIS، حيث تم تحديد الاستراتيجيات المتبعة لتخفيف الفواقد في البلدان النامية، وكذلك معايير التقييم وأظهرت النتائج أن الاستراتيجية الأفضل هي إدارة الضغط والتحكم فيه، تليها استخدام التقنيات المتقدمة ثم استراتيجية تقسيم الشبكة إلى مناطق قياس قطاعية [15].

طريقة التحليل الهرمي

تُعدّ طريقة التحليل الهرمي من أكثر طرائق اتخاذ القرار المتعدّد المعايير شيوعاً، حيث قدمت وطورت هذه الطريقة من قبل عالم الرياضيات الأمريكي العراقي الأصل Thomas Saaty. لقد وردت العديد من التعاريف التي تناولت عملية التحليل الهرمي، حيث عرفها ساعاتي بأنّها إطار عمل متكامل يجمع بين المعايير الموضوعية وغير الموضوعية، وبين المقارنات الزوجية القائمة على أساس مقياس نسبي [11]، في حين عرّفها آخرون بأنّها أداة طورت من قبل ساعاتي في عام 1970 لتحديد الأهمية النسبية للمعايير وتحديد التفضيلات لكل قرار (بديل) وفق سلّم القياس، من خلال مجموعة من المقارنات الزوجية، مع إمكانية تجزئة المعيار لمجموعة من المعايير الفرعية [18].

إنّ قوة هذا الأسلوب تكمن في كونه يوفر حلاً منظماً لمشكلات صنع القرار، وذلك من خلال تجزئة المشكلة بطريقة منطقية إلى الأجزاء المكونة لها من الأكبر إلى الأصغر بشكل تنازلي، ومن ثم تُنظّم هذه الأجزاء في بنية هرمية وفي عدة مستويات وتشمل مستوى الهدف، مستوى المعايير (الرئيسية، الثانوية) ومستوى البدائل، يوضّح الشكل (1) البناء الهرمي لمشكلة صنع القرار، أي أنّ الهدف من هذه العملية تحديد جميع مكونات القرار وتحديد العلاقة فيما بينها، ممّا يجعل من المقارنة عملية بسيطة.

وبمعنى آخر، فإنّ الخطوة الأولى في عملية التحليل الهرمي هي صياغة المسألة أو القضية المطروحة هرمياً، بحيث يتمكن المشاركون في اتخاذ القرار من استكشاف جوانب المسألة ومظاهرها على جميع المستويات، من العام إلى التفاصيل، ثمّ التعبير عنها بطرق متعددة المستويات والتي تتطلبها عملية التحليل الهرمي.



الشكل (1) البناء الهرمي لمسألة صنع القرار

ميزات طريقة التحليل الهرمي:

تعتبر طريقة التحليل الهرمي من أكثر طرق اتخاذ القرار استخداماً ويعود ذلك لميزاتها الكثيرة ومن أبرزها:

- تمكن صناع القرار على اختلاف مستوياتهم من المشاركة في التقييم من خلال عملية المقارنة الثنائية، كما أن هذه الخوارزمية تسهل من عمليات التحليل أو تفكيك المسألة decomposition وعملية المقارنة الثنائية pairwise comparison، وتقليل درجة عدم الثبات inconsistency [18].
- تجمع طريقة التحليل الهرمي بين الطريقة الكلية والجزئية في إطار مقنع كما تشمل هذه الطريقة الجوانب الكمية والنوعية معاً حيث تبرز الجوانب النوعية في تعريف المشكلة، بنائها الهرمي، تحديد الأهداف والمعايير، بينما تبرز الجوانب الكمية في التعبير عن الأحكام والأولويات بلغة الأرقام [19].
- تملك طريقة التحليل الهرمي مقدرة عالية على تحكيم الصفات الملموسة والمجردة على حد سواء وذلك من خلال عقد مقارنات ثنائية اعتماداً على قدرة العقل البشري على التمييز بين تلك الصفات بغض النظر عن كونها ملموسة أو مجردة [19].
- تتميز هذه المنهجية بقدرتها على التفاعل الجيد مع المشكلات البسيطة والمعقدة على حد سواء كما تتميز بسهولة تكوين نموذج التحليل الهرمي ومرونته الفائقة وقابليته للمراجعة وتنوع تطبيقاته، يمكن للجميع العمل على هذه الطريقة حيث لا تتطلب تخصصاً دقيقاً لإجادتها [19].
- وجود برنامج محوسب يمكن من خلاله تطبيق النظرية وبناء الأشكال الهرمية، واستخلاص النتائج بطريقة مبسطة وفعالة، كذلك فإن مبدأ التحليل الهرمي عموماً هو مبدأ سهل وقريب لطريقة التفكير المنطقي للإنسان العادي [16].

خطوات طريقة التحليل الهرمي:

من أجل الوصول إلى الخيار الأفضل باستخدام طريقة AHP، يجب اتباع الخطوات التالية التي وصفت من قبل ساعاتي ووردت في العديد من الدراسات:

- تعريف المشكلة وتحديد هدفها.

- بناء هيكل القرار على شكل هرم يبدأ من القمة التي يحتلها الهدف العام، والمعايير في المستويات المتوسطة، وتأتي البدائل في أسفل الهرم.[20]
- بناء مصفوفة المقارنة الثنائية عند جميع المستويات، حيث أن المبدأ الأساسي الذي تعتمد عليه طريقة AHP هو استخدام هذه المصفوفات من أجل الحصول على الأوزان النسبية بين المعايير والبدائل، في حين ستتم مقارنة كل معيار مع الآخر من حيث مدى مساهمته في تحقيق الهدف [4]. يتم استخدام كل عنصر من المستوى العلوي للمقارنة بين العناصر في المستوى الأقل منه مباشرةً، ومن ثم إعطاء درجات أفضلية تبين أهمية أي عنصر بالنسبة للعنصر الآخر [20]، وذلك بالاعتماد على مقياس الأفضلية لساعاتي، والذي يتراوح من 1- 9 كما هو موضح في الجدول (1).

جدول (1) مقياس الأفضلية في طريقة التحليل الهرمي [11]

أهمية أكثر					أهمية أقل				
بالدرجة الأكبر	بدرجة كبيرة جداً	بدرجة كبيرة	بدرجة متوسطة الكبر	أهمية متساوية	بدرجة متوسطة الصغر	بدرجة صغيرة	بدرجة صغيرة جداً	بالدرجة الأصغر
9	7	5	3	1	1/3	1/5	1/7	1/9
يمكن استخدام أفضليات متوسطة في عملية المقارنة الثنائية في حال تطلب ذلك								
	8	6	4	2	1/2	1/4	1/6	1/8	

التحقق من درجة ثبات الأحكام، حيث أنه وبعد إجراء جميع المقارنات الثنائية، يجب التحقق من درجة الثبات الخاصة بكل مصفوفة، وتحسب نسبة الثبات CR (Consistency Ratio) باستخدام العلاقة [18]:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

حيث:

CI :مؤشر الثبات ويحسب من خلال تطبيق المعادلة الآتية [18]:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

λ max: معامل التحول الخطي

n: حجم المصفوفة

أما(RI) Random Index، فهو يمثّل مؤشر الثبات العشوائي، وتؤخذ قيمته حسب عدد عناصر المصفوفة وفق الجدول (2):

جدول (2) مؤشر الثبات العشوائي RI [11]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

تبين درجة الثبات قدرة متخذ القرار على تحديد أهمية كل عنصر على نحو متقن، وهنا لا بد من إجراء فحص دقيق للأحكام الصادرة لتحديد الأهمية النسبية للعوامل، علماً أنّ التناقض مسموح به في AHP طالما أنه لا يتجاوز نسبة0.1 ، إذ أن ذلك دليل على أن التقييم في المصفوفة جيد [7]، وبالتالي من الضروري وجود درجة معينة من الثبات

في حساب الأولويات للعناصر أو الأنشطة بناءً على معيار معين، من أجل الحصول على نتائج مقبولة في الواقع، (وبشكل أكثر تفصيلاً تؤخَذ نسبة الثبات المقبولة 5% من أجل مصفوفة مقارنة 3×3 و9% من أجل المصفوفات 4×4 ، و10% من أجل المصفوفات الأكبر[17].

- في حال عدم تحقق درجة الثبات الخاصة بمصفوفة المقارنات الثنائية، عندئذٍ يجب إعادة النظر في أحكام الخبراء مرة أخرى، ومن ثم نستكمل العمليات الرياضية الخاصة بطريقة التحليل الهرمي، أو نعتمد على البرامج الحاسوبية المتخصصة التي تقوم بهذه العمليات بشكل سريع ودقيق.
- اعتماد الأوزان النهائية للمعايير والبدائل، والتي نتجت من تطبيق طريق التحليل الهرمي.

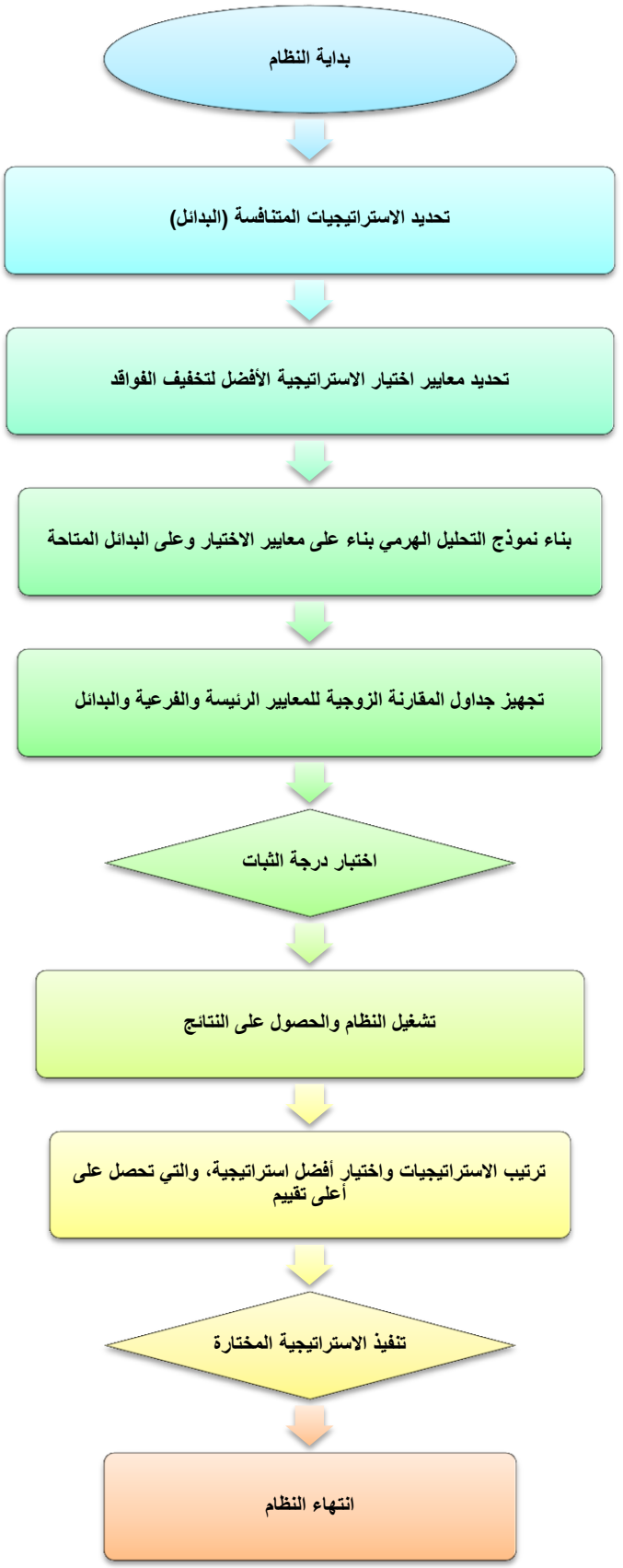
مشكلة البحث:

تعتبر مشكلة فواقد المياه من أهم التحديات التي تتعرض لها مؤسسات المياه، وخصوصاً في ظل ندرة الموارد المائية والتزايد المستمر في الطلب على المياه نتيجة الزيادة في عدد السكان، الأمر الذي يتطلب من هذه المؤسسات تطبيق استراتيجيات تخفيف الفواقد المناسبة. إنّ اختيار الاستراتيجية المناسبة يجب أن يكون مبني على أسس علمية، وهذا ما توفره طريقة AHP من خلال إجراء المقارنة الموضوعية بين عدد من البدائل، وفقاً لمعايير (أهداف) معدّة مسبقاً من قبل أصحاب القرار.

مواد البحث وطرائقه.

تم تحديد البدائل كما في الجدول (3) وكذلك المعايير الرئيسية والفرعية الجدول (4)، وذلك من خلال الاستعانة بالدراسات المرجعية السابقة للموضوع نفسه وآراء بعض الخبراء من المهندسين والفنيين والإداريين العاملين في المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في طرطوس، ووحدة مياه بانياس، حيث ضمت لجنة الخبراء 30 خبيراً (15 منهم مهندسين في قسم الدراسات، 10 مهندسين في دائرة الإصلاح والصيانة و5 خبراء هم فنين وإداريين)

تم إجراء العديد من المقابلات مع المختصين المحليين في مؤسسة المياه، حيث استخدمت المقابلة كأداة لجمع البيانات الأولية ذات العلاقة المباشرة بهذه الدراسة، تم عقد عدة مقابلات في مراحل مختلفة من الدراسة، للحصول على معلومات عامة ومن أجل مناقشة مجموعة البدائل والمعايير التي تم وضعها للتأكد من دقة معلومات الاستبيان وهل تؤدي إلى الوصول للأهداف، وكذلك للتأكد من حصر كل عوامل الاختيار المطلوبة، هذا ويوضح الشكل (2) المنهجية المتبعة في بناء النموذج العام لاختيار أفضل استراتيجية لتخفيف الفواقد.



الشكل (2) المنهجية المتبعة في بناء النموذج العام لاختيار أفضل استراتيجية لتخفيف الفواقد

جدول (3) الاستراتيجيات المستخدمة في تخفيف الفواقد

الاستراتيجية	ملاحظات
1- استبدال العدادات	لتحسين دقة القراءة ربما من الأفضل استبدال العدادات القديمة بأخرى الكترونية
2- استبدال الأنابيب	استبدال الأنابيب القديمة أو الأنابيب التي تكثر فيها الأعطال والتسربات
3- السيطرة على الوصلات غير شرعية	من خلال المراقبة الفعالة وتنفيذ القانون وحملات التوعية العامة
4- تحسين سرعة وجودة الإصلاحات.	للقضاء على الآثار السلبية الناجمة عن انقطاع الخدمة، وضمان عدم حدوث وتكرار مثل هذه الأعطال وبالتالي التسربات.
5- التحكم الفعّال بالتسرب	إجراءات استباقية للتعرّف وإصلاح التسربات التي لم يتم تسجيلها
6- التحكم السلبي في التسرب	وتتمثل في الإجراءات المتبعة لإصلاح التسربات المبلغ عنها والواضحة
7- التحكم وإدارة الضغط	تقليل قيمة الضغوط الكبيرة إلى قيم مقبولة مع الحرص على استمرار وصول المياه.
8- تقسيم الشبكة إلى قطاعات مناطق قياس قطاعية (DMAs)	تسمح بتحسين كفاءة الشبكة وذلك من خلال مراقبة التدفق الداخل والخارج من كل DMAs وكذلك تحسين الضغوط.
9- تغيير نظام التشغيل	تغيير كمية المياه المنتجة بما يتناسب مع الفترة من السنة وهذا يتطلب بناء خزان أخر لتغذية القسم الذي يتغذى مباشرة من خط السن، مما يسمح بتحديد عدد ساعات الضخ إلى الخزان وفق حاجة هذه القطاعات.
10- استخدام التقنيات المتقدمة للإصلاح والتنبؤ بالأعطال	يتطلب ذلك بناء قاعدة بيانات باستخدام نماذج نظم المعلومات الجغرافية GIS، بناء نماذج هيدروليكية، تركيب أجهزة الاستشعار، حساسات الضغط، عدادات الغزارة وأجهزة SCADA.
11- حملات التوعية العامة والتثقيف	توعية المواطنين بضرورة ترشيد استهلاك المياه، والإبلاغ عن أية أعطال

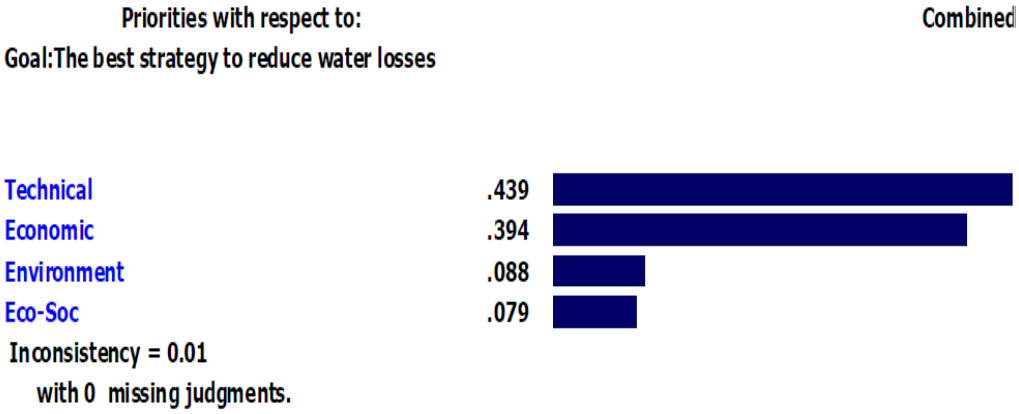
جدول (4) المعايير الرئيسية والفرعية

المعايير الرئيسية	المعايير الفرعية	ملاحظات
معايير اقتصادية	1- زيادة العائدات	إذا كان هذا الخيار يساهم في إنتاج وزيادة الإيرادات (مياه – طاقة- كلفة)
	2- التكلفة	كلفة تنفيذ هذه الاستراتيجية
	3- تكاليف التشغيل والصيانة	تكاليف التحكم وبقاء هذه الاستراتيجية قيد الاستثمار
	4- العمر المجدي للاستراتيجية	العمر الافتراضي المفيد للخيار
	5- سد الفجوة	مساهمة هذه الاستراتيجية في سد الفجوة بين الاحتياج والموارد المائية المتوفرة.
معايير بيئية	6- الحفاظ على المياه وتقليل الفاقد	تقليل الضغط على الموارد الطبيعية وتوفير كميات المياه
	7- تخفيف التلوث	إذا كان الخيار لديه القدرة على تقليل استهلاك الطاقة المطلوبة وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري وغيرها من الملوثات
معايير تقنية	8- السرعة	بقاء سرعة المياه في الشبكة ضمن الحدود المقبولة عند تطبيق هذه الاستراتيجية
	9- الضغط	بقاء قيمة الضغوط في الشبكة ضمن الحدود المقبولة عند تطبيق هذه الاستراتيجية
معايير اقتصادية- اجتماعية	10- القدرة على تحمل التكاليف للمواطن	تأثير تنفيذ هذه الاستراتيجية على تعرفة المياه
	11- جودة الخدمة	تحسين جودة المياه من خلال تطبيق هذه الاستراتيجية

النتائج والمناقشة

تم إعداد الاستبيان اللازم ومن ثم توزيعه على مجموعة من الخبراء (30 خبيراً)، وذلك من أجل إعطاء أحكامهم، وبالتالي المقارنة بين المعايير الرئيسية، الفرعية والبدائل، وبناءً على ذلك تم إدخال قيم التفضيل إلى برنامج expert choiceلإجراء العمليات الحسابية وحساب الأوزان النسبية وكانت النتائج التالية :

❖ المقارنة الزوجية للمعايير الرئيسية

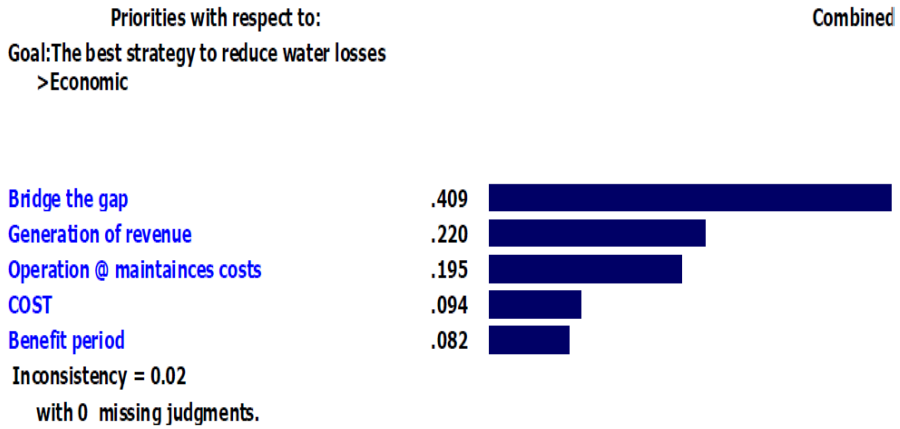


الشكل (3) نتيجة المقارنة الزوجية للمعايير الرئيسية

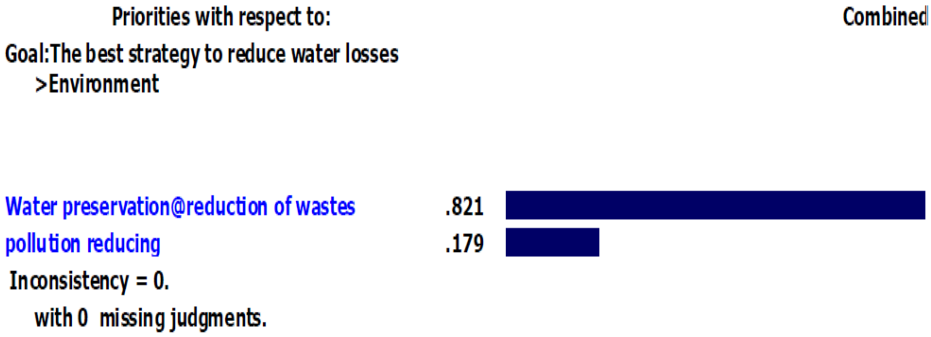
يظهر الشكل (3) نتائج المقارنة الزوجية للمعايير الرئيسية، حيث يتضح بأنّ المعيار الرئيسي وهو المعيار التقني، قد حاز على أعلى أهمية بين معايير الاختيار الرئيسة الأخرى، وذلك بحصوله على نسبة 43.9%، ويرجع الباحث ارتفاع هذه النسبة لمدى الأهمية الفعلية للمعيار التقني عن سائر المعايير الأخرى، نظراً لأنه يمثل موثوقية الخدمة، (أي ضمان وصول المياه إلى جميع المستهلكين بالضغط والغزارة المناسبين)، وهو الغرض الأساسي لتصميم شبكات توزيع المياه، وهو ما جعل الخبراء يعطونه الأفضلية. أما المعيار الرئيسي الذي حلّ في المرتبة الثانية فهو المعيار الاقتصادي، إذ حصل على نسبة 39.4%، وهو يعكس كلفة كل بديل(استراتيجية) من البدائل، وبالنسبة للخبراء والقائمين على عمل المؤسسات، من المهم الأخذ بعين الاعتبار الاستراتيجية ذات الكلفة الأقل، في حين حلّ في المرتبتين الأخيرتين كلّ من المعايير البيئية بحصولها على نسبة 8.8%، يليها المعيار (اقتصادي- اجتماعي) بنسبة 7.9%. وبالنسبة لدرجة عدم الثبات لهذه المعايير الأساسية والتي يقوم البرنامج بحسابها تلقائياً، فقد بلغت كما هو واضح في الشكل السابق 0.01 وهي قيمة مقبولة.

❖ **المقارنة الزوجية للمعايير الفرعية**

كما وقد تمت المقارنة الزوجية للمعايير الفرعية في المستوى الثاني، وبحسب ما يظهر الشكل (4)، والذي يبيّن نتيجة المقارنة الزوجية للمعايير الفرعية للمعيار الرئيسي (المعيار الاقتصادي)، فإنّ نسبة عدم ثبات الأحكام لهذه المعايير الفرعية بلغت 0.02، أما بالنسبة لأهميتها فقد حاز المعيار الفرعي(سد الفجوة) على أعلى نسبة 40.9%، في حين حلّ المعيار الفرعي (زيادة العائدات)، في المرتبة الثانية من حيث الأهمية ضمن المعيار الرئيسي(المعيار الاقتصادي)، وذلك بحصوله على نسبة 22% حسب رأي اللجنة المختصة، أمّا باقي المعايير فقد حصل على المرتبة الثالثة معيار(تكاليف التشغيل والصيانة) بنسبة 19.5%، يليها معيار الكلفة بنسبة 9.4%، وأخيراً كان معيار (العمر المجدي للاستراتيجية)، وهو الأقل أهميةً بنسبة 8.2%.



الشكل (4) نتيجة المقارنة الزوجية للمعايير الفرعية للمعيار الرئيسي (الاقتصادي)



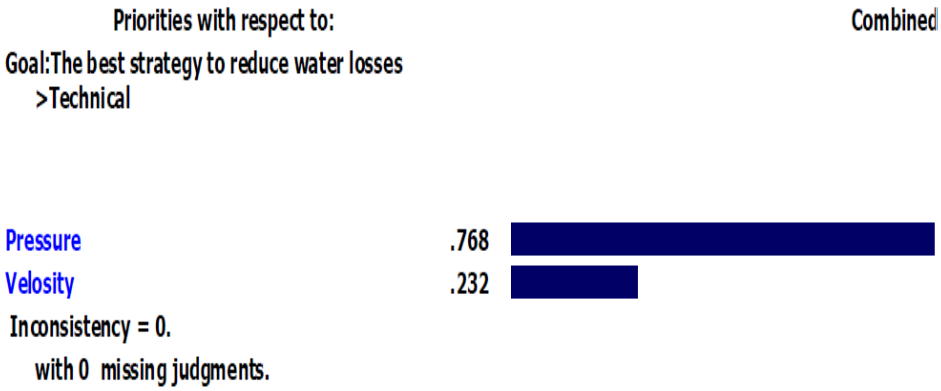
الشكل (5) نتيجة المقارنة الزوجية للمعايير الفرعية للمعيار الرئيسي(البيئي)

تظهر نتائج المقارنة الثنائية للمعايير الفرعية الخاصة بالمعيار الرئيسي (المعيار البيئي) في الشكل (5)، حيث وكما هو مبين فقد حاز المعيار الفرعي (الحفاظ على المياه وتقليل الفاقد) على المرتبة الأولى في الأهمية وذلك بنسبة 82.1%، في حين أتى المعيار الفرعي (الحفاظ على الطاقة) على المرتبة الثانية في الأهمية، وذلك بنسبة 17.9%، أمّا درجة عدم ثبات الأحكام لهذه المعايير الفرعية فقد بلغت 0.0%، أي أنّ هذه المصفوفة تتمتع بثبات تام.

أمّا نتائج مقارنة المعايير الفرعية الخاصة بالمعيار الرئيسي (المعيار التقني)، فكانت وكما يظهر الشكل (6) كالتالي:

- ✓ حاز المعيار الفرعي (الضغط) على المرتبة الأولى بالأهمية بنسبة 76.8%
- ✓ حاز المعيار الفرعي (السرعة) على المرتبة الثانية بالأهمية بنسبة 23.2%

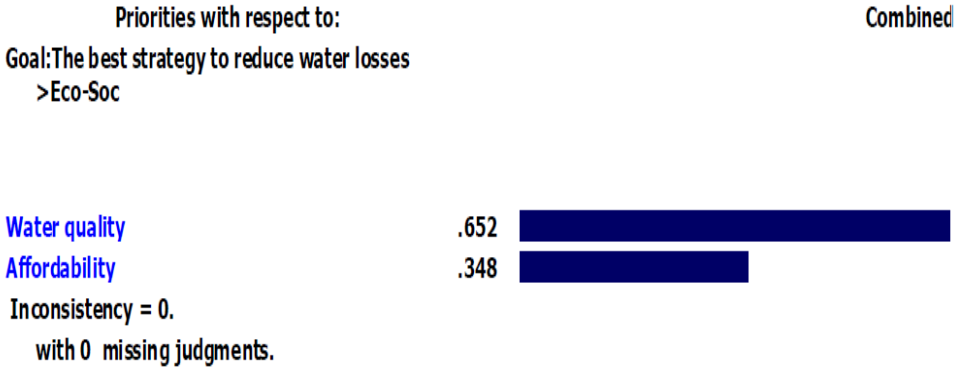
وكانت الأحكام كما هو واضح على درجة عالية من الثبات، حيث بلغت درجة عدم الثبات 0%.



الشكل (6) نتيجة المقارنة الزوجية للمعايير الفرعية للمعيار الرئيسي(التقني)

في حين كانت نتائج مقارنة المعايير الفرعية الخاصة بالمعيار الرئيسي (اقتصادية- اجتماعية)، وكما يظهر في الشكل (7) كالتالي:

- ✓ حاز المعيار الفرعي (جودة المياه) على المرتبة الأولى بالأهمية بنسبة 65.2%
- ✓ حاز المعيار الفرعي (القدرة على تحمل التكاليف) على المرتبة الثانية بالأهمية بنسبة 34.8%، وكانت درجة عدم الثبات 0%.



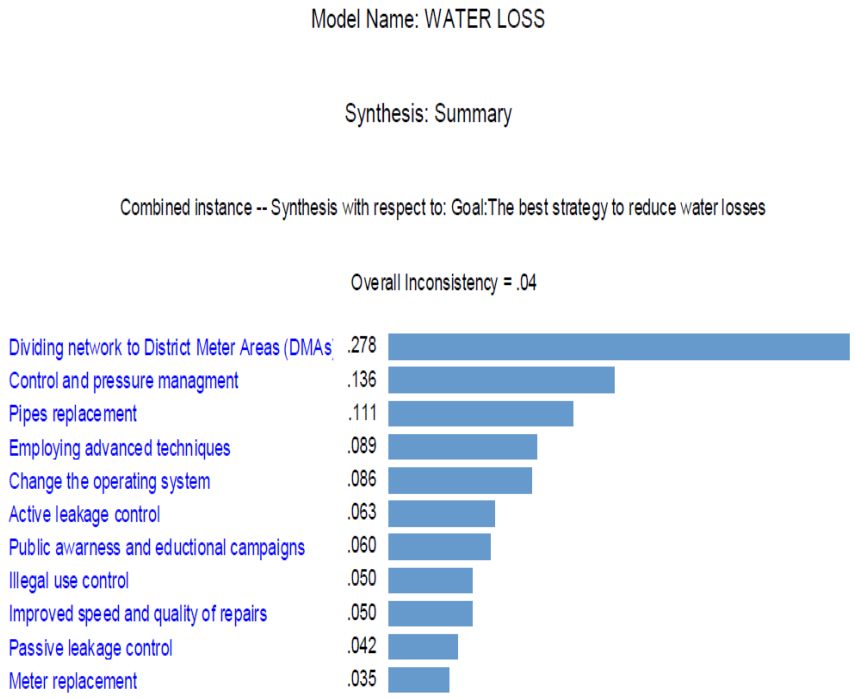
الشكل (7) نتيجة المقارنة الزوجية للمعايير الفرعية للمعيار الرئيسي (اقتصادية- اجتماعية)

❖ الترتيب النهائي للاستراتيجيات

يوضح الشكل (8) الترتيب النهائي للاستراتيجيات (البدائل) والتي كانت كالتالي:

- تقسيم الشبكة إلى مناطق قياس قطاعية منفصلة (DMAs) حاز على المرتبة الأولى، وذلك بحصوله على أعلى نسبة تقييم 27.8%.
- التحكم وإدارة الضغط حاز على نسبة 13.6%.
- استبدال الأنابيب حاز على نسبة 11.1%.
- استخدام التقنيات المتقدمة للإصلاح والتنبؤ بالأعطال حاز على نسبة 8.9%.
- تغيير نظام التشغيل حاز على نسبة 8.6%.
- التحكم الفعّال بالتسرب حاز على نسبة 6.3%.
- حملات التوعية العامة والتثقيف حاز على نسبة 6%
- السيطرة على الوصلات غير الشرعية حاز على نسبة 5%.
- تحسين سرعة وجودة الإصلاحات حاز على نسبة 5%.
- التحكم السلبي في التسرب حاز على نسبة 4.2%.

- استبدال العدادات حاز على نسبة 3.5%.



الشكل (8) الترتيب النهائي للاستراتيجيات

الخلاصة

أثبتت النتائج الواردة أعلاه فعالية استخدام طريقة التحليل الهرمي في اختيار أفضل استراتيجية لتخفيف الفواقد، حيث تمتاز بمرونة كبيرة تسمح لمتخذي القرار وضع أي عدد من البدائل، إضافةً لسهولة التحكم بالمعايير الرئيسية والفرعية، لاسيّما بوجود برنامج Expert choice، الذي يتيح إجراء أيّ تعديل على النتائج عند ورود أخطاء في مرحلة التفضيل، وعمل جميع المقارنات الزوجية بسرعة وبدقة عالية. وقد أظهرت النتائج أنّ تقسيم الشبكة إلى مناطق قياس قطاعية منفصلة (DMAs) حاز على المرتبة الأولى، وذلك بحصوله على أعلى نسبة تقييم، في حين حصلت استراتيجية استبدال العدّادات على أدنى تقييم.

التوصيات والمقترحات.

بناءً على النتائج التي تمّ التوصل إليها يوصي الباحثان ويقترحان ما يلي:

1. تنفيذ الاستراتيجية التي تمّ اختيارها، والتي حصلت على أعلى تقييم من قبل مؤسسة مياه طرطوس (وحدة مياه بانياس).
2. التوسّع في استخدام طرق القرار المتعدد المعايير المختلفة، وإدخالها في مختلف المجالات لما تعطيه من نتائج جيدة.
3. البحث في إمكانية دمج طرق أخرى من MCDA مع Ahp وذلك بغرض الحصول على نتائج أفضل.
4. دراسة إمكانية استخدام طرق أخرى من عائلة MCDA غير التحليل الهرمي، وذلك في عملية اختيار الاستراتيجية الأفضل لتخفيف الفواقد ومقارنتها معها.

قائمة المراجع.

أولاً- المراجع بالأجنبية:

[1] ABRISHAMCH, A and EBRAHEMIAM, A. 2005- Case Study: Application of Multi criteria Decision Making to Urban Water Supply. Journal of water resources planning and management, 326- 335.

[2]AWAD, A et al.2019- Use of the AHP hierarchical loading method in determining the appropriate sites for the distribution of peat water OMWW. Tishreen University Journal of Engineering Sciences. Volume 41, 155- 174.

[3]BROWN, A and others.2013- Guidance for Preparing Water Audits and Water Loss Reduction Plans, 1- 13.

[4] DICKY, A. 2020- Analytical Hierarchy Process (AHP), Economic Order Quantity (EOQ), and Reorder Point (ROP) in Inventory Management System Computer, Mathematics and Engineering Applications, Vol. 11 No. 1, 29- 34

[5] DONNELLY.2017- Active Water Loss Control, 2nd edition ،Version 2.0, 1- 96.

[6] FARLEY, M and others. 2008- The Manager's Non- Revenue Water Handbook, 1- 110.

[7] GOKHALE.M.2007- USE OF ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS IN UNIVERSITY STRATEGY PLANNING, Master thesis, University of MISSOURI- ROLLA, 1- 12.

[8] KINGDOM, B; LIEMBERGER, R; MARNE, P. 2006- The challenge of reducing NRW in developing countries. THE WORLD BANK GROUP, WASHINGTON, 1- 52.

[9] MUTIKANGA.E.H. 2012- Water Loss Management: Tools and Methods for Developing Countries, PhD thesis, University of Technology and of the Academic Board, 276.

[10] PILCHER and others. 2008- A Guide to the Water Loss Reduction Strategy and Application PART 1, Ankara, Turkey, 1- 44.

[11] SAATY, R. 1987- the analytical hierarchical process- what it is and how it used. PERGOMEN journals. Vol. 9, No.5, 161- 178.

[12] SAMIR, N and others. 2017- Pressure control for minimizing leakage in water distribution systems. Alexandria Engineering Journal. VOL.56, NO.11, 601–612.

[13] SAVIC, D;FERRARI, G. 2014- Design and performance of district metering areas in water distribution systems. Science and Mathematics. Vol. 89, 1136 – 1143.

[14]TRIANTAPHLLOU, E;MANN, H.S. using the analytical hierarchical process for decision making in engineering Application: some challenges. SERBIAN journal of management. Vol. 2, No.1, 1995, 35- 44.

[15] ZAYOUD, H and others. 2017- A framework for water loss management in developing countries under fuzzy environment: Integration of Fuzzy AHP with Fuzzy TOPSIS, 1- 37.

ثانياً- المراجع بالعربية:

[16] أبو وطفة، حسام (2014)، استخدام عملية التحليل الهرمي في تحديد أولويات القطاع الصناعي في فلسطين من أجل تحقيق التنمية المستدامة، بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في اقتصاديات التنمية، الجامعة الإسلامية- غزة، فلسطين.

[17] الشويكي، إياد (2008) اختيار المكاتب الاستشارية باستخدام أسلوب التحليل الهرمي من وجهة نظر متخذي القرار في قطاع غزة، بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في إدارة الأعمال، الجامعة الإسلامية- غزة، فلسطين.

[18] الميلاد، محمد (2020) تحديد نطاقات المأمولية المائية وتطوير تغذية المياه الجوفية في قطاع القدموس ـ بانياس، بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية، جامعة تشرين- اللاذقية، سوريا.

[19] حسن، عروبة (2012) مساهمة في تطوير منهجية لتقييم استثمارات إنشاء الطرق السريعة في سورية Plan " Master "، بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية، جامعة تشرين- اللاذقية، سوريا.

[20] حنوف، هلا (2017) تحديد المواقع المثلى لمطامر النفايات الصحية في محافظة اللاذقية باستخدام برنامج GIS، بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية، جامعة تشرين- اللاذقية، سوريا.

[21] عمران، جمال (2005)، القرار الهندسي والنمذجة الرياضية، مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، المجلد 27، العدد الثامن 3.