مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (1) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (1) 2014

تخفيض تكاليف إعادة التأهيل لشبكات الصرف الصحي باستخدام المنطق الضبابي

الدكتور مازن ابراهيم*

(تاريخ الإيداع 29 / 4 / 2013. قُبِل للنشر في 26/ 2 / 2014)

□ ملخّص □

أن شبكات الصرف الصحي وكغيرها من البنى التحتية تتقادم مع تقدم الزمن. فكان على القيمين على إدارة الشبكة المحافظة عليها بإعادة تأهيلها بالشكل الاقتصادي. وهذا يتطلب معرفة ظروفها البنيوية وأدائها الوظيفي بشكل دقيق. إلا أن التقدير الشخصي والتقريبي للخبراء لهذه الظروف والأداء يحرف المعنيين عن الوصول إلى التقدير الدقيق لدرجات إعادة التأهيل اللازمة وبالتالي الكلف المثلى المخصصة لذلك. لذلك تم اقتراح مجموعة من المؤشرات والمعايير التي تعبر عن مستوى أداء الشبكة بنيويا وفنيا وبيئيا. حيث تساعد هذه المؤشرات و المعايير بتحديد الأنابيب التي تحتاج لإعادة التأهيل وفق درجات.

إلا أن درجات التقييم للأنابيب تبعا لهذه المؤشرات والمعايير يتم تقديرها من المعلومات المتوفرة عن الطبيعة البنيوية (الإنشائية) والظروف الوظيفية (الفنية) لأنابيب الشبكة. وهذه الدرجات غالبا ما يصعب تحديدها بشكل تقليدي نتيجة الغموض الذي يشوبها بالإضافة إلى الارتياب المرتكب في حال التقييم بالحالة التقليدية. لذلك تم تحويل التقييم لدرجات إعادة التأهيل من الحالة التقليدية إلى الحالة الضبابية وذلك بمساعدة محرك الاستدلال الضبابي.

وأخيرا تم التوصل إلى تخفيض تكاليف إعادة التأهيل نتيجة إمكانية التدرج الكبيرة بالتقييم التي يتمتع بها المنطق الضبابي والتي ساهمت إلى حد كبير بزيادة دقة تقدير الأداء البنيوي والوظيفي للشبكة وبالتالي دقة تقدير درجات وتكاليف إعادة التأهيل اللازمة. والتي ساهمت أيضا بالتخفيف من الهدر الناجم عن التقدير الخاطئ بالنقصان أو الزيادة لحالة عيوب الأنبوب والممكن أن يحصل بالتقييم وفق المنطق التقليدي.

الكلمات المفتاحية : شبكات الصرف الصحي – أنبوب – إعادة التأهيل – القرار – معيار – مؤشرات الأداء – المنطق الضبابي – المجموعة الضبابية – محرك الاستدلال الضبابي.

* مدرس – قسم الإدارة الهندسية والتشييد– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (1) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (1) 2014

Using Fuzzy Logic for Reducing Sewer Rehabilitation Costs

Dr Mazen Ibrahim*

(Received 29 / 4 / 2013. Accepted 26 / 2 / 2014)

□ ABSTRACT □

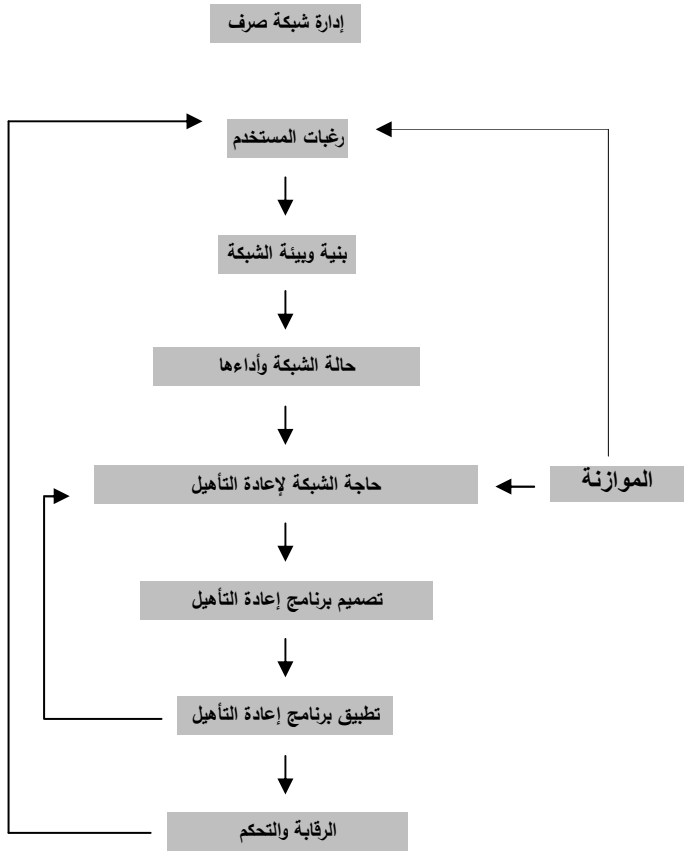
The urban sewer networks-like other infrastructures- become obsolete with the passage of time. Therefore, the network manager maintains and rehabilitates it economically. This requires accurate information about the structural nature and functional conditions of the network pipes. However, the experts' personal estimation and the approximate structural conditions and functionality of sewage network for rehabilitation prevent decision makers from getting the exact estimate of the rehabilitation degrees and their allocated costs. Therefore, the aim of this research is to propose a set of indicators and criteria that reflect the level of network performance structurally, technically, and environmentally. These indicators and criteria can assist in selecting the pipes required to be rehabilitated according to their levels. However, Piping Class ratings, according to these indicators and criteria, are obtained from the available data about the structural nature and functional conditions of the network pipes. These grades are often difficult to identify traditionally due to its fuzziness, in addition to the doubt in the evaluation of the traditional case. Therefore, depending on the fuzzy inference system, the evaluation of the rehabilitation levels is changed from the traditional case into the fuzzy one. Finally, this work has contributed to reducing the rehabilitation costs because of the possibility of large gradient assessment recognized by fuzzy logic. These results are widely contributed to the enhancement of the accuracy of estimating the structural and functional performance of the network, and increasing the accuracy of piping class ratings and the required rehabilitation costs. This reduces the waste resulting from the wrong estimation (decreasing or increasing) of the tube defects assessed by crisp logic.

Keywords: Urban Sewer Networks, Segments, Rehabilitation, Decision, Criteria, Performance Indicators, Crisp Logic, Fuzzy Logic, Fuzzy Set, Fuzzy Inference Systems.

* **Assistant Professor, Department of Engineering Management and Construction, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Syria.**

مقدمة:

تعتبر شبكات الصرف الصحي من البنى التحتية الهامة لما لها من أهمية بتوفر الخدمة والراحة لمستخدميها وضمان عدم تلوث البيئة. إلا أن هذه الشبكات، وكغيرها من البنى التحتية، تتقادم مع مرور الزمن و تصبح بحاجة لإعادة التأهيل. وهذا بدوره يفرض على القيمين على الشبكة إعادة تأهيلها بأسلوب علمي واقتصادي. فالغاية من إدارة الشبكة هي تحقيق رغبات المستخدمين لها بالارتقاء بمستوى أدائها اقتصاديا وفنيا وبيئيا. حيث تحدثت الكثير من المراجع العلمية عن نماذج لإدارة أداء المنشأ ومن بينها شبكات الصرف الصحي . حيث تتضمن هذه النماذج تحديد حاجة المنشأ لإعادة التأهيل خلال مرحلة الاستثمار والتشغيل. فرغم تعدد هذه النماذج لكنها تدور حول الآلية ذاتها المبينة بالشكل التالي [1] :



رسم توضيحي 1 : نموذج عام لإدارة إعادة التأهيل لشبكة صرف صحي

حتى يتم إعادة التأهيل للشبكة أو جزء من أنابيبها يجب معرفة ظروفها البنيوية وأدائها الوظيفي بشكل دقيق ولا يتم ذلك إلا من خلال مؤشرات أداء مقترحة. فمن ناحية تعبر وتشير هذه المؤشرات إلى أداء الشبكة بنيويا – فنيا – بيئيا واقتصاديا ومن ناحية أخرى تعكس أيضا رغبات المستخدمين للشبكة بالارتقاء بمستوى أدائها اقتصاديا وفنيا وبيئيا.

حيث يتم تحديد درجات العيوب (وبالتالي درجات إعادة التأهيل) لأنابيب الشبكة من خلال معايير مقترحة والتي يتم تشكيلها انطلاقا من هذه المؤشرات. حيث يتم الاستفادة من الطبيعة البنيوية (الإنشائية) والظروف الوظيفية (الفنية) للشبكة كمصدر مهم للمعلومات اللازمة لتشكيل هذه المؤشرات.

وبما أن هذه المعومات ممكن أن تكون غامضة و خاصة بما يخص المنطق التقليدي المتمثل برأي الخبراء حول تقييم حالة الأنبوب البنيوية و الوظيفية. فتأتي النظرية الضبابية التي طرحها العالم الأمريكي من أصل إيراني لطفي زاده عام 1965 لتخفف من عدم الوضوح بتقييم حالة الأنبوب والخطأ الممكن أن يحصل في حال التقييم وفق المنطق التقليدي. وذلك بخلق عالم ثالث بين عالمي نعم ولا بتدرج واسع النطاق [2]. فبعد ذلك لن ينظر إلى حالة الأنبوب إما بحاجة لإعادة التأهيل أو ليس بحاجة له. بل بالحاجة له وفق درجات وذلك بطيف واسع بين الحاجة و لا الحاجة. هنا يصبح مجال الخطأ بالقرار صغيراً وخاصة بالمنطقة الانتقالية بين الحاجة و اللا حاجة.

مشكلة البحث ومبرراته:

إن التقدير الشخصي والتقريبي للخبراء حول حالة أنابيب الشبكة البنيوية والوظيفية دون الاستعانة بمؤشرات أداء تعبر عن مستوى أداء الشبكة بنيوياً وفنياً وبيئياً وكماً و أن تقييم درجات إعادة التأهيل اللازمة لأنابيب الشبكة تبعا لهذه المؤشرات وفق المنطق التقليدي يؤدي وبكلتا الحالتين إلى الكثير من الهدر الناجم عن التقدير الخاطئ بالنقصان أو الزيادة لحالة عيوب أنابيب الشبكة.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تخفيض وتوفير تكاليف إعادة التأهيل للشبكة من خلال :

- استبدال التقييم الشخصي (للخبراء أو المهندسين أثناء الكشف على الشبكة) حول حالة أنابيب الشبكة البنيوية والوظيفية بمجموعة من المؤشرات والمعايير التي تعبر عن مستوى أداء الشبكة بنيويا وفنيا وبيئيا. حيث تساعد هذه المؤشرات و المعايير بتحديد درجات إعادة التأهيل اللازمة للأنابيب المدروسة.
- زيادة الدقة بتقييم الأداء البنيوي والوظيفي للشبكة وبالتالي درجات إعادة التأهيل اللازمة وذلك بتحويل التقييم من الحالة التقليدية إلى الحالة الضبابية بمساعدة محرك الاستدلال الضبابي. حيث يساعد التحويل بالتخفيف من الهدر الناجم عن التقدير الخاطئ بالنقصان أو الزيادة لحالة عيوب الأنبوب والممكن أن تحصل بالتقييم وفق المنطق التقليدي .

طرائق البحث ومواده:

تضمنت الدراسة المقترحة ثلاث أقسام رئيسية :

1. مقدمة نظرية تتضمن دراسات مرجعية حول تعريف بعض مؤشرات الأداء للشبكة و تشكيل لمعايير إعادة التأهيل انطلاقا من مؤشرات الأداء. كما تتضمن مفهوم المنطق التقليدي والضبابي ومفهوم نظام الاستدلال الضبابي.
2. دراسة حالة تطبيقية حول المفاهيم النظرية السابقة.
3. مناقشة أهمية المنطق الضبابي بزيادة الدقة بالتقييم وترشيد التكاليف.

القسم النظري : دراسات مرجعية

معايير إعادة التأهيل

يحدد معيار إعادة التأهيل حاجة أنابيب الشبكة لإعادة التأهيل حسب درجات عيوبها. حيث تم تعريف المعايير انطلاقا من مجموعة من المؤشرات والتي تعكس أداء الأنابيب إنشائيا وفنيا وبيئيا [2]. حيث تم العمل بالمشروع الفرنسي الذي يسمى RERAU[1] على تعريف أربع مجموعات لمؤشرات الأداء وتشكيل عدد من معايير إعادة التأهيل لشبكة الصرف الصحي :

- مؤشرات أداء تعكس عيوب الحالة البنيوية لأنبوب الشبكة: مثلا الثقوب والشقوق التي من الممكن رؤيتها إما بالعين إذا سمحت أبعاد الأنبوب بدخوله أو بكمرة الفيديو بالنسبة للأنبوب صغير الأبعاد.
- مؤشرات أداء تعكس عيوب الحالة الوظيفية لأنبوب الشبكة : وهي نتيجة لعيوب الحالة البنيوية والتي من الممكن رؤيتها أيضا. مثلا تسرب مياه الصرف (INF) من الأنبوب نتيجة وجود ثقوب وشقوق بنيوية بالأنبوب. حيث تم تعريف عدة مؤشرات من عيوب الحالة الوظيفية ضمن المشروع الفرنسي وسنذكر البعض منها :

جدول 1 : مؤشر عيوب الحالة الوظيفية

الرمز	مؤشر عيوب الحالة الوظيفية
INF	تسرب مياه الصرف الصحي من الأنبوب
EXF	تسرب مياه الصرف الصحي إلى الأنبوب
DEB	الفيضان
BOU	الانسداد

- مؤشرات أداء تعكس مقدار التأثير على البيئة المحيطة بالشبكة : وهي نتيجة لتكامل مؤشر الحالة الوظيفية مع مؤشر حساسية البيئة المحيطة. مثلا التلوث (POL) الناجم من تكامل مؤشرين الأول يعكس مقدار مياه الصرف المتسربة (INF) والثاني يعكس مقدار حساسية البيئة المحيطة بالشبكة (V). حيث تم تعريف عدة مؤشرات من أنماط التأثير المحتمل على البيئة المحيطة بالشبكة ضمن المشروع الفرنسي نفسه وسنذكر بعضاً منها :

جدول 2 : مؤشر التأثير على البيئة المحيطة

الرمز	مؤشر التأثير على البيئة المحيطة
POL	تلوث المياه السطحية نتيجة مياه الصرف الصحي المتسربة
NUH	الأذى المتسبب للبيئة المحيطة نتيجة فيضان مياه الصرف
DOB	الأذى المتسبب للأبنية نتيجة مياه الصرف المتسربة بالقبو

- مؤشرات أداء تعكس مقدار حساسية البيئة المحيطة بالشبكة : حيث تتجلى حساسية البيئة المحيطة بتدني أداء محطات المعالجة وتدني نوعية المياه السطحية والجوفية والكلف الزائدة لاستثمار الشبكة و محطات المعالجة. حيث تم تعريف عدة مؤشرات من أنماط الحساسية المحتملة للبيئة المحيطة بالشبكة وسنذكر بعضاً منها :

[1] **"Réhabilitation des Réseaux d'Assainissement Urbains" – Urban sewer networks rehabilitation**

جدول 3 : مؤشر حساسية البيئة المحيطة

الرمز	مؤشر حساسية البيئة المحيطة
VES	نوعية المياه السطحية
VSN	نوعية المياه الجوفية

تقييم معايير إعادة التأهيل تبعا للمنطق التقليدي

يتم تقييم معيار إعادة التأهيل انطلاقا من تقييم المؤشرات البسيطة والمركبة المشكلة له. بالنسبة للمؤشرات البسيطة تم تقييمها وفق أربع درجات تقليدية :G1 : **درجة** خفيفة. – G2 : **درجة** متوسطة. G3 : **درجة** شديدة.– : G4 **درجة** إسعافية [2]. بالنسبة لأنبوب ما من الشبكة يمكن تقييمه وفق المؤشرات البسيطة. أما بالنسبة للمؤشرات المركبة يتم تقييمها انطلاقا من تقييم المؤشرات البسيطة المشكلة لها وذلك تبعا لطبيعة العلاقة الفيزيائية بين مؤشرات الأداء البسيطة [3]. حيث تتبع هذه العلاقة إحدى العلاقات التالية :

* علاقة التعديل : أي أن التقييم القوي لأنبوب ما وفق مؤشر الأداء الأول يتم تعديله مع التقييم الضعيف وفق مؤشر الأداء الثاني لينتج عنه تقييماً متوسطاً للأنبوب نفسه وفق مؤشر الأداء الثالث. هذه العلاقة يمكن التعبير عنها بالمعدل الوسطي.

* علاقة اللزوم : بمعنى أن التقييم القوي لأنبوب ما وفق مؤشر الأداء الثالث (المركب من مؤشرين) يلزمه تقييم قوي لنفس الأنبوب وفق مؤشر الأداء الأول والثاني. هذه العلاقة يمكن التعبير عنها بعلاقة min.

* علاقة الكفاية : أي أن التقييم القوي لأنبوب ما وفق مؤشر الأداء الثالث (المركب من مؤشرين) يلزمه تقييم قوي لنفس الأنبوب وفق احد المؤشرين إما الأول أو الثاني. هذه العلاقة يمكن التعبير عنها بعلاقة max.

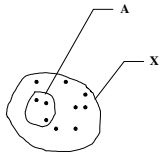
المنطق التقليدي و الضبابي

تعرف المجموعة التقليدية كما يلي : العنصر x ينتمي للمجموعة A إذا اخذ تابع انتماء العنصر x للمجموعة A القيمة واحد ولا ينتمي إذا أخذ تابع انتمائه القيمة صفر و أما بالمجموعة الضبابية تنتمي العناصر X للمجموعة A بدرجات بين الصفر والواحد [0, 1] [4]. أي هناك انتماء جزئي يعبر عنه بتابع الانتماء التالي :

$\mu_A(x) \in [0, 1]$.

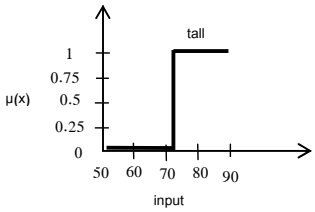
$\forall x \in X \qquad \mu_A(x) = 0 \text{ if } x \notin A$

$\mu_A(x) = 1 \text{ if } x \in A$



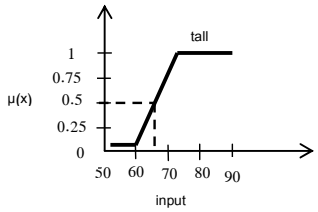
رسم توضيحي 2 : المجموعة التقليدية

فمثلا يمكننا تعريف المجموعة التي تمثل الأشخاص الطويلين وفق المنطق التقليدي و الضبابي كما يلي :



رسم توضيحي 3 : المجموعة التقليدية الممثلة للأشخاص الطويلين

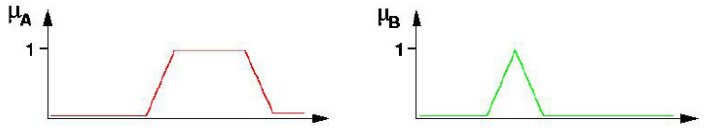
الأشخاص الطولين الذين طولهم من 72 أنش وما فوق وإما الأشخاص غير الطولين الذين طولهم من 72 أنش وما دون.



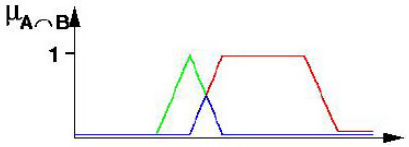
رسم توضيحي 4 : المجموعة الضبابية الممثلة للأشخاص الطويلين

الأشخاص الطويلين الذين طولهم من 72 أنش وما فوق وإما الأشخاص غير الطويلين الذين طولهم من 60 أنش وما دون وأما الأشخاص الذين طولهم من 60 إلى 72 أنش يصنفون بالأشخاص المتمتعون بدرجات من الطول وبدرجات من القصر فمثلا الأشخاص الذين طولهم 66 أنش ينتمون لمجموعة الأشخاص الطولين بدرجة 50% و لمجموعة الأشخاص غير الطولين بدرجة 50%.

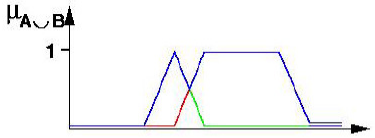
يمكننا التعبير عن العمليات الرياضية الأساسية للمنطق التقليدي من تقاطع واجتماع بالطريقة الضبابية. لنفرض انه لدينا مجموعتين ضبابيتين A – B ولدينا عنصر ما x ينتمي إلى المجموعتين بدرجات $\mu_A(x)$ – $\mu_B(x)$ ونريد تعريف التقاطع والاجتماع بينهما كما هو موضح بالشكل التالي :



رسم توضيحي 5 : المجموعة الضبابية A , B



رسم توضيحي 6 : تقاطع المجموعتين الضبابيتين A , B



رسم توضيحي 7 : اجتماع المجموعتين الضبابيتين A , B

- علاقة التقاطع : لزوم انتماء العنصر x إلى المجموعتين A و B معا. هذه العلاقة يمكن التعبير عنها بعلاقة min. بمعنى حتى تكون درجة انتماء العنصر x إلى المجموعتين A – B معا قوية يجب أن تكون درجة انتماء نفس العنصر x إلى كلتا المجموعتين A – B كلا على حدة قوية.
- علاقة الاجتماع : كفاية انتماء العنصر x إلى إحدى المجموعتين إما A أو B . هذه العلاقة يمكن التعبير عنها بعلاقة max. بمعنى حتى تكون درجة انتماء العنصر x إلى المجموعتين A – B معا قوية يجب أن تكون درجة انتماء نفس العنصر x إلى إحدى المجموعتين إما A أو B قوية.

$$\mu_{A\cap B}(x) = \min\left[\mu_A(x)\ ,\ \mu_B(x)\right]$$

$$\mu_{A\cup B}(x) = \max\left[\mu_A(x)\ ,\ \mu_B(x)\right]$$

نظام الاستدلال الضبابي

باعتبار أن عنصر ما سيتم تقييمه وفق المجموعتين الضبابيتين (A–B) :

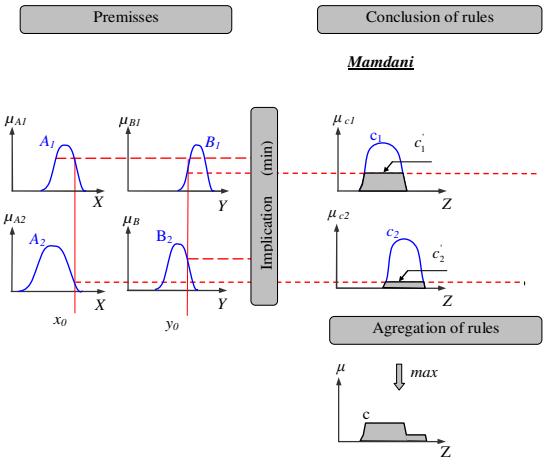
x) : درجة انتماء العنصر للمجموعة الضبابية A

y) : درجة انتماء نفس العنصر للمجموعة الضبابية B

وبأن المجموعة الضبابية (C) ناتجة عن تركيب المجموعتين الضبابيين (A×B) وفق القواعد التالية :

if (x is A) and (y is B) then (z is C)

فان للاستدلال على تقييم العنصر المذكور وفق المجموعة الضبابية C سيتم باستخدام نظام الاستدلال الضبابي [4] (Fuzzy inference systems) والذي يتكون من ثلاث مراحل رئيسية :



رسم توضيحي 8 : نظام الاستدلال الضبابي

- **مقدمة الشرط لكل قاعدة (Premises)** :

$$\mu_{A_i B_j} = \mu_{A_i} \wedge_1 \mu_{B_j} \quad \text{with } i = 1.2\ldots \text{ et } j = 1.2..$$

- **نتيجة الشرط لكل قاعدة (Implication)**

$$\mu_{A_i B_j C_k} = \mu_{A_i B_j} \wedge_2 ' \mu_{C_k} = \mu_{A_i} \wedge_1 \mu_{B_j} \wedge_2 ' \mu_{C_k}$$

$$i = 1,2\ldots$$

$$j,k = 1,2\ldots$$

- **تجميع النتائج لجميع القواعد (Agregation of rules)**

$$\mu_{C_k} = \perp_{i=1.,2,..,j=1,.2,..} \mu_{A_i B_j C_k} \quad \text{with } k = 1,.2,\ldots$$

القسم العملي : دراسة حالة

تشكيل معيار إعادة التأهيل

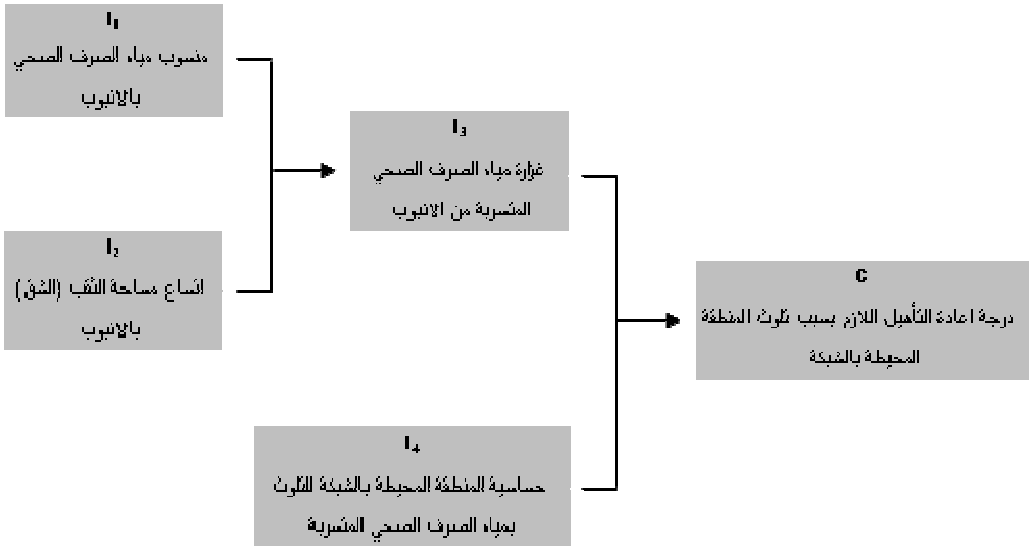
سيتم الاستفادة من المقدمة النظرية بتشكيل أحد معايير إعادة التأهيل والناجم عن تلوث المنطقة المحيطة بالشبكة. حيث يتم تشكيل المعيار بافتراض وجود مياه الصرف متسربة من الأنبوب بكمية ما. مع الأخذ بعين الاعتبار حساسية المنطقة المحيطة بالشبكة للتلوث بمياه الصرف. بالنسبة لكمية مياه الصرف المتسربة متعلقة باتساع الثقب وبمنسوب مياه الصرف ضمن الأنبوب. وبالتالي بموضع الثقب بالنسبة لمنسوب المياه ضمن الأنبوب. بمعنى آخر أن كمية المياه الصرف المتسربة تكون خفيفة بحالة الثقب فوق منسوب المياه أو بحالة اتساع الثقب صغير. وتكون كبيرة بحالة اتساع الثقب كبيرة و توضعه تحت منسوب المياه. انطلاقا من هذا التقديم يمكن التعبير عن حالة تشكيل هذا المعيار بالشكل التالي. حيث يتم تشكيل المعيار من مجموعة من مؤشرات الأداء التالية :

I_1 : مؤشر بسيط يوضح منسوب مياه الصرف ضمن الأنبوب والذي يفيد بمعرفة غزارة مياه الصرف الممكن أن تتسرب من الأنبوب في حال وجود ثقب ما بالأنبوب.

I_2 : مؤشر بسيط يعبر عن اتساع و مساحة الثقب بالأنبوب والذي يساهم في حال معرفته بمعرفة غزارة مياه الصرف الممكن أن تتسرب من الأنبوب في حال وجود مياه بالأنبوب.

I_3 : مؤشر مركب يشير إلى غزارة المياه المتسربة وهو مركب من المؤشرين السابقين.

I_4 : مؤشر بسيط يعبر عن طبيعة المنطقة المحيطة بالشبكة والتي من الممكن أن تكون زراعية – صناعية – تجارية – سكنية.



رسم توضيحي 9 : تشكيل معيار إعادة التأهيل الناجم عن تلوث المنطقة المحيطة بالشبكة.

تقييم معيار إعادة التأهيل تبعا للمنطق التقليدي

بالنسبة لأنبوب ما من الشبكة يمكن تقييمه وفق المؤشرات البسيطة بثلاث درجات تقليدية كما هو واضح بالجدول :

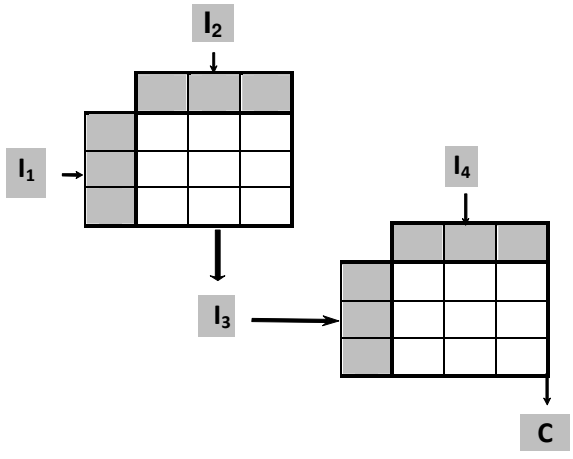
جدول 4 : درجات التقييم التقليدية لمعيار إعادة التأهيل والمؤشرات البسيطة والمركبة المشكلة له.

المؤشر	درجات تقييم المؤشر وفق المنطق التقليدي		
	الأولى	الثانية	الثالثة
I1 : منسوب مياه الصرف	منخفض (تحت الثقب)	متوسط (على سوية الثقب)	عالي (فوق الثقب)
I2 : اتساع مساحة الثقب	صغير	متوسط	كبير
I3 : غزارة المياه المتسربة	خفيفة	متوسطة	قوية
I4: حساسية المنطقة المحيطة	خفيفة (منطقة زراعية)	متوسطة (منطقة صناعية أو تجاري)	كبيرة (منطقة سكنية)
المعيار C : درجة إعادة التأهيل	قليلة (إصلاح العطب)	متوسطة (تجديد الجزء المعطوب)	كبيرة (استبدال الأنبوب بالكامل)

لتقييم أنبوب ما من الشبكة بشكل تقليدي وفق المؤشر (I_3) والناتج عن تركيب المؤشرين ($I_1 \times I_2$) تم اتباع القواعد التقليدية المنطقية والتي تفرضها طبيعة العلاقة الفيزيائية بين المؤشرين ($I_1 \times I_2$) كما أشرنا بالمقدمة النظرية :

- **علاقة التعديل :** من أجل مؤشر الأداء التقليدي (I_3) فهو ناتج عن المعدل الوسطي لتقييمي المؤشرين التقليديين (I_1) و (I_2). بمعنى إذا كان تقييم أنبوب ما من الشبكة وفق المؤشر (I_1) هو متوسط و تقييم نفس الأنبوب وفق المؤشر (I_2 هو كبير) فانَّ تقييم الأنبوب المذكور وفق المؤشر (I_3 هو بين المتوسط والقوي). ولكن المنطق التقليدي يفرض علينا الاختيار إما الدرجة الثانية أو الثالثة لذلك كان التقييم بترجيح الدرجة الثالثة.
- **علاقة اللزوم :** من أجل المعيار التقليدي (C) فهو ناتج عن علاقة min بين تقييمي المؤشرين (I_3) و (I_4). بمعنى إذا كان تقييم أنبوب ما من الشبكة وفق المؤشر (I_3 هو متوسط) و تقييم نفس الأنبوب وفق المؤشر (I_2 هو كبير) فانَّ تقييم الأنبوب المذكور وفق المعيار (C هو الأصغر بين المتوسط والقوي) أي الدرجة الثانية.

انطلاقا من ذلك يتم تقييم معيار إعادة التأهيل انطلاقا من تقييم المؤشرات البسيطة والمركبة المشكلة له كما هو موضح بالشكل التالي :



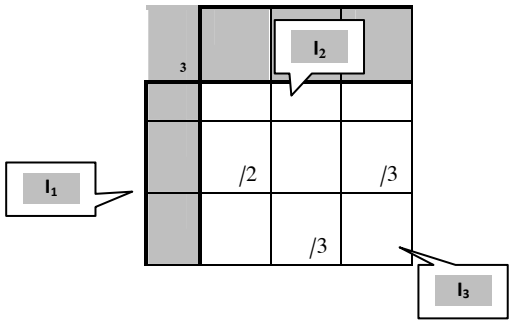
رسم توضيحي 10 : التقييم التقليدي لمعيار إعادة التأهيل انطلاقا من تقييم المؤشرات البسيطة والمركبة المشكلة له.

تقييم معيار إعادة التأهيل تبعا للمنطق الضبابي

باعتبار أن أنبوب ما من الشبكة سيتم تقييمه وفق مؤشرات الأداء الضبابية (I_1–I_2). و بأنَّ المؤشر I_3 ناتج عن تركيب مؤشري الأداء الضبابيين ($I_1 \times I_2$). فانَّه للاستدلال على تقييم الأنبوب المذكور وفق مؤشر الأداء الضبابي I_3 سيتم باستخدام نظام الاستدلال الضبابي (Fuzzy inference systems). والذي يتكون من ثلاث مراحل أساسية :

1. **تقييم الأنبوب من الشبكة وفق مؤشرات الأداء الضبابية البسيطة :** من أجل(I_1 : منسوب مياه الصرف بالأنبوب) فالتقييم يعتمد على موقع الثقب بالنسبة لسوية مياه الصرف بالأنبوب. حيث يمكن تقسيم ارتفاع المياه بين قاع الأنبوب و سوية الثقب وكذلك الارتفاع بين سوية الثقب وسقف الأنبوب إلى درجات خطية. بحيث ينتمي أي أنبوب مدروس إلى الدرجات الثلاث بنسب انتماء مختلفة حسب سوية وارتفاع مياه الصرف فيه . فمثلا الأنبوب الذي منسوب المياه فيه بالسوية الواقعة بين قاع الأنبوب و سوية الثقب بالتساوي يمكن أن نعتبر أن هذا الأنبوب ينتمي إلى الدرجة الأولى من درجات منسوب مياه الصرف بمقدار 50% والى الدرجة الثانية بمقدار 50%. وبالتالي الأنبوب الذي منسوب المياه فيه تقع بين قاع الأنبوب و سوية الثقب ولكن من جهة سوية الثقب وعلى ارتفاع يشكل ثلاثة أرباع الارتفاع بين قاع الأنبوب و سوية الثقب يمكن أن نعتبر أن هذا الأنبوب ينتمي إلى الدرجة الأولى من درجات منسوب مياه الصرف بمقدار 25% والى الدرجة الثانية بمقدار 75%. أما بالنسبة لباقي المؤشرات يمكن إعادة تعريف درجات تقييم مؤشرات الأداء وفق المنطق التقليدي إلى مجالات معرفة وفق المنطق الضبابي وهذا ما سوف يتم العمل عليه بحيث نراه بمقال آخر.

2. **قواعد التقييم الضبابية :** وهي القواعد المنطقية لتقييم مؤشر أداء ضبابي مركب (مثلا I_3) والناتج عن تركيب مؤشري أداء ضبابيين ($I_1 \times I_2$). مثلا : إذا كان مرتبة مؤشر الأداء الضبابي (I1) هي كبيرة و مرتبة المؤشر (I_2) هي متوسط فانه مرتبة المؤشر (I_3) هي بين المتوسطة والقوية بالتساوي. بمعنى آخر و من أجل أنبوب ما من الشبكة إذا كان منسوب مياه الصرف بالأنبوب كبير و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب متوسط فإنَّ غزارة مياه الصرف المتسرب من الأنبوب ستكون بين المتوسطة و القوية بالتساوي. انطلاقا من ذلك تم تشكيل تسع قواعد تتضمن جميع الحالات لتركيب المؤشر I_3 من مؤشري الأداء I_1 و I_2 كما هو مبين بالشكل الآتي :



رسم توضيحي 11 : قواعد التقييم الضبابية المتبعة لتقييم مؤشر أداء الضبابي (I_3).

جدول 5 : قواعد التقييم الضبابية المفروضة لتقييم المؤشر I_3 من تقييمي مؤشري الأداء I_1 و I_2

رقم القاعدة	توصيف القاعدة
1	إذا كان منسوب مياه الصرف الصحي بالأنبوب منخفضاً (تحت الثقب) و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب صغيراً فإنَّ غزارة مياه الصرف الصحي من بالأنبوب ستكون خفيفة.
2	إذا كان منسوب مياه الصرف الصحي بالأنبوب منخفضاً (تحت الثقب) و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب متوسطاً فإنَّ غزارة مياه الصرف الصحي من الأنبوب ستكون خفيفة.
3	إذا كان منسوب مياه الصرف الصحي بالأنبوب منخفضاً (تحت الثقب) و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب كبيرة فإنَّ غزارة مياه الصرف الصحي من الأنبوب ستكون خفيفة.
4	إذا كان منسوب مياه الصرف الصحي بالأنبوب متوسطة (على سوية الثقب) و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب صغيراً فإنَّ غزارة مياه الصرف الصحي المتسربة من الأنبوب ستكون بين الخفيفة والمتوسطة ولكن أقرب للخفيفة منها للمتوسطة (يمكن اعتبارها بالحساب : 75 %خفيفة و 25%متوسطة).
5	إذا كان منسوب مياه الصرف الصحي بالأنبوب متوسطة (على سوية الثقب) و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب متوسطة فإنَّ غزارة مياه الصرف الصحي المتسربة من الأنبوب ستكون بين الخفيفة والمتوسطة ولكن أقرب للمتوسطة منها للخفيفة (يمكن اعتبارها بالحساب : 100% متوسطة).
6	إذا كان منسوب مياه الصرف الصحي بالأنبوب متوسطة (على سوية الثقب) و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب كبيرة فإنَّ غزارة مياه الصرف الصحي المتسربة من الأنبوب ستكون بين المتوسطة والقوية ولكن أقرب للمتوسطة منها للقوية(يمكن اعتبارها بالحساب : 75 % متوسطة و 25% قوية).
7	إذا كان منسوب مياه الصرف الصحي بالأنبوب عالية (فوق سوية الثقب) و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب صغير فإنَّ غزارة مياه الصرف الصحي المتسربة من الأنبوب ستكون متوسطة.
8	إذا كان منسوب مياه الصرف الصحي بالأنبوب عالية (فوق سوية الثقب) و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب متوسطة فإنَّ غزارة مياه الصرف الصحي المتسربة من الأنبوب ستكون بين المتوسطة و القوية بالتساوي.
9	إذا كان منسوب مياه الصرف الصحي بالأنبوب عالية (فوق سوية الثقب) و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب كبيرة فإنَّ غزارة مياه الصرف الصحي المتسربة من الأنبوب ستكون قوية.

3. **الاستدلال : لكي نتمكن من تطبيق العمليات الثلاث للاستدلال نفرض انه لدينا المعطيات التالية من اجل أنبوب ما من الشبكة :**

جدول 6 : المعطيات اللازمة لتقييم أنبوب ما من الشبكة وفق الاستدلال الضبابي

التوصيف	التعبير الرياضي وفق المنطق الضبابي
مؤشر الأداء I1 : منسوب مياه الصرف الصحي فيه تقع بين قاع الأنبوب و سوية الثقب ولكن من جهة سوية الثقب وعلى ارتفاع يشكل ثلاثة أرباع الارتفاع بين قاع الأنبوب و سوية الثقب.	$\mu_{I1_1}=0.25 \quad \mu_{I1_2}=0.75 \quad \mu_{I1_3}=0$
مؤشر الأداء I2 : اتساع مساحة الثقب فيه بين الصغير و المتوسط ولكن أقرب للمتوسط.	$\mu_{I2_1}=0.25 \quad \mu_{I2_2}=0.75 \quad \mu_{I2_3}=0$
القاعدة 1 : إذا كان منسوب مياه الصرف الصحي بالأنبوب عالية و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب متوسطة فان غزارة مياه الصرف الصحي المتسربة من الأنبوب ستكون بين المتوسطة و القوية بالتساوي.	$\mu'_{I3_1}=0 \quad \mu'_{I3_2}=0.5 \quad \mu'_{I3_3}=0.5$
القاعدة 2 :إذا كان منسوب مياه الصرف الصحي بالأنبوب متوسطة (على سوية الثقب) و اتساع مساحة الثقب بالأنبوب متوسطة فان غزارة مياه الصرف الصحي المتسربة من الأنبوب ستكون متوسطة.	$\mu'_{I3_1}=0 \quad \mu'_{I3_2}=1 \quad \mu'_{I3_3}=0$

- **مقدمة الشرط لكل قاعدة**

وهي الجزء من القاعدة بعد كلمة إذا و قبل عندئذ وتتبع بطبعة الحال منطق التقاطع أي (الواو– and) ويتم التعبير عنها بالمعامل الرياضي $\Lambda_1 = \text{product}$:

$$\mu_{I1_i I2_j} = \mu_{I1_i} \Lambda_1 \mu_{I2_j} \quad \text{with } i=1....3 \text{ et } j=1....3$$

القاعدة 1 $\mu_{I1_3 I2_2} = \mu_{I1_3} \Lambda_1 \mu_{I2_2} = 0 * 0.75 = 0$

القاعدة 2 $\mu_{I1_2 I2_2} = \mu_{I1_2} \Lambda_1 \mu_{I2_2} = 0.75 * 0.75 = 0.5625$

- **نتيجة الشرط لكل قاعدة**

وهي الجزء من القاعدة بعد كلمة عندئذ والتي تعني الاقتضاء وتتبع بطبيعة الحال منطق التقاطع أي (الواو–and) ويتم التعبير عنها بالمعامل الرياضي $\Lambda_2 = \text{product}$:

$$\mu_{I1_i I2_j I3_k} = \mu_{I1_i I2_j} \Lambda_2' \mu_{I3_k} = \mu_{I1_i} \Lambda_1 \mu_{I2_j} \Lambda_2' \mu_{I3_k}$$
$$i = 1.....3$$
$$j,k = 1.....3$$

القاعدة 1 $\mu_{I1_3 I2_2 I3_2} = \mu_{I1_3 I2_2} \Lambda_2' \mu_{I3_2} = \mu_{I1_3} \Lambda_1 \mu_{I2_2} \Lambda_2' \mu_{I3_2} = (0 * 0.75) * 0.5 = 0$

القاعدة2 $\mu_{I1_2 I2_2 I3_2} = \mu_{I1_2 I2_2} \Lambda_2' \mu_{I3_2} = \mu_{I1_2} \Lambda_1 \mu_{I2_2} \Lambda_2' \mu_{I3_2} = (0.75 * 0.75) * 1 = 0.5625$

- **تجميع النتائج لجميع القواعد من اجل كل درجة :**

والتي تتبع بطبيعة الحال منطق الاجتماع أي (أو – or) ويتم التعبير عنها بالمعامل الرياضي $\perp = \text{sum}$:

$$\mu_{I3_k} = \perp_{i=1....3, j=1.....3} \mu_{I1_i I2_j I3_k} \text{ with } k = 1.....3$$

$$\mu_{I3_2} = \min\left(1;\ \mu_{I1_3 I2_2 I3_2} + \mu_{I1_2 I2_2 I3_2}\right) = \min(1;\ 0 + 0{,}5625) = 0{,}5625$$

لمزيد من التفصيل بالحساب لكل القواعد يمكننا مشاهدة الجدول التالي : حيث يساعد هذا الجدول للاستدلال لتقييم الأنبوب الأول من الشبكة وفق مؤشر الأداء الضبابي (I_3) وذلك من خلال تقييم الأنبوب نفسه وفق مؤشري الأداء الضبابيين ($I_1 \times I_2$).

جدول 7 : جدول حسابي يساعد للاستدلال لتقييم الأنبوب الأول من الشبكة وفق مؤشر الأداء الضبابي (I3)

		مؤشر I_3			
القواعد (I_1 & I_2)	مؤشر I_1	مؤشر I_2	درجة1	درجة2	درجة 3
درجة 1 & درجة1	$\mu_{I11} = 0.25$	$\mu_{I21} = 0.25$	0.25*0.25*1 = 0.0625	–	–
درجة 2 & درجة1	$\mu_{I11} = 0.25$	$\mu_{I22} = 0.75$	0.25*0.75*1 = 0.1875	–	–
درجة 3 & درجة1	$\mu_{I11} = 0.25$	$\mu_{I23} = 0$	0.25*0*1 = 0	–	–
درجة 1 & درجة2	$\mu_{I12} = 0.75$	$\mu_{I21} = 0.25$	(0.75*0.25)*0.75 = 0.141	(0.75*0.25)*0.25 = 0.0465	–
درجة 2 & درجة2	$\mu_{I12} = 0.75$	$\mu_{I22} = 0.75$	–	0.75*0.75*1 = 0.5625	–
درجة 3 & درجة2	$\mu_{I12} = 0.75$	$\mu_{I23} = 0$	–	(0.75*0)*0.75 = 0	(0.75*0)*0.25 = 0
درجة 1 & درجة3	$\mu_{I13} = 0$	$\mu_{I21} = 0.25$	–	0*0.25*1 = 0	–
درجة 2 & درجة3	$\mu_{I13} = 0$	$\mu_{I22} = 0.75$	–	(0*0.75)*0.5 = 0	(0*0.75)*0.5 = 0
درجة 3 & درجة3	$\mu_{I13} = 0$	$\mu_{I23} = 0$	–	–	0*0*1 = 0
			0.39	0.61	0

النتائج والمناقشة:

يمكن مناقشة النتائج على مستوى الأنبوب الواحد وكذلك على مستوى الشبكة بالكامل أو جزء منها. **فمن أجل بيان أهمية تقييم الأنبوب وفق المنطق الضبابي والانعكاس الإيجابي لذلك بتوفير تكاليف إعادة التأهيل** سيتم مقارنة تقييم أنبوبين من الشبكة وفق المنطق التقليدي والضبابي كما هو مبين بالجدول التالي :

جدول 8 : تقييم أنبوبين من الشبكة وفق المنطق التقليدي والضبابي

	تقييم الأنبوب											
	الأول وفق :						الثاني وفق :					
	المنطق التقليدي			المنطق الضبابي			المنطق التقليدي			المنطق الضبابي		
	μ_1	μ_2	μ_3	μ_1	μ_2	μ_3	μ_1	μ_2	μ_3	μ_1	μ_2	μ_3
مؤشر I1	0	1	0	0.25	0.75	0	0	1	0	0	0.75	0.25
مؤشر I2	0	1	0	0.25	0.75	0	0	1	0	0	0.75	0.25
مؤشر I3	0	1	0	0.39	0.61	0	0	1	0	0	0.8	0.2
مؤشر I4	0	1	0	0.25	0.75	0	0	1	0	0	0.75	0.25
المعيار	0	1	0	0.55	0.45	0	0	1	0	0	0.95	0.05

من أجل الأنبوب الأول الذي منسوب مياه الصرف فيه تقع بين قاع الأنبوب و سوية الثقب ولكن من جهة سوية الثقب وعلى ارتفاع يشكل ثلاثة أرباع الارتفاع بين قاع الأنبوب و سوية الثقب واتساع مساحة الثقب فيه بين الصغير و المتوسط ولكن أقرب للمتوسط فإن غزارة مياه الصرف المتسربة من الأنبوب ستكون بين الخفيفة والمتوسطة ولكن أقرب للخفيفة. وعندما تتدفق هذه الغزارة على منطقة القسم القليل فيها زراعي والقسم الكبير صناعي. فإن درجة الأولوية بالتدخل بإعادة التأهيل ستكون أقرب للقليلة (إصلاح العطب) منها للمتوسطة (تجديد الجزء المعطوب). وبالتالي كلفة الاصطلاح المخصصة للأنبوب يمكن أن تكون حوالي 5050 ل س (0.55*1000 +0.45*10000 = 5050 ل س). وذلك بافتراض أن كلفة إصلاح الأنبوب الذي درجة عيوبه خفيفة حوالي 1000 ل س والذي درجة عيوبه متوسطة (تجديد الجزء المعطوب) حوالي 10000 ل س وأخيرا الذي درجة عيوبه عالية (الاستبدال بالكامل) حوالي 100000 ل س. لمزيد من التفصيل بالحساب يمكننا مشاهدة الجدول التالي والذي يبين نتائج الاستدلال لتقييم الأنبوب الأول من الشبكة وفق معيار الأداء الضبابي (C) وذلك من خلال تقييم نفس الأنبوب وفق مؤشري الأداء الضبابيين ($I_3 \times I_4$) :

جدول 9 : تقييم الأنبوب الأول من الشبكة وفق معيار الأداء الضبابي (C) انطلاقا من مؤشري الأداء الضبابيين ($I_3 \times I_4$)

		C			
G3	G2	G1	I4	I3	قواعد
		0.0975	0.25	0.39	1&1
		0.2925	0,75	0.39	1&2
		0	0	0.39	1&3
		0.1525	0.25	0,61	2&1
	0.4575		0,75	0,61	2&2
	0		0	0,61	2&3
		0	0.25	0	3&1

	0		0,75	0	3&2
0			0	0	3&3
0	0,45	0.55			

أما من أجل الأنبوب الثاني الذي منسوب مياه الصرف فيه تقع بين سوية الثقب و سقف الأنبوب ولكن من جهة سوية الثقب وعلى ارتفاع يشكل ربع الارتفاع بين سوية الثقب و سقف الأنبوب. و اتساع مساحة الثقب فيه بين المتوسط و الكبير ولكن أقرب للمتوسط. فإن غزارة مياه الصرف المتسربة من الأنبوب ستكون بين المتوسطة والقوية ولكن اقرب للمتوسطة. وعندما تتدفق هذه الغزارة على منطقة القسم القليل فيها سكني والقسم الكبير صناعي. فان درجة التدخل بإعادة التأهيل ستكون أقرب للمتوسطة (تجديد الجزء المعطوب) منها للقوية (الاستبدال بالكامل). وبالتالي كلفة إعادة التأهيل المخصصة للأنبوب يمكن أن تكون حوالي 14500 ل س (0.95*10000 + 0.05*100000 = 14500 ل س). لمزيد من التفصيل بالحساب يمكننا مشاهدة الجدول التالي والذي يبين نتائج الاستدلال لتقييم الأنبوب الثاني من الشبكة وفق معيار الأداء الضبابي (C) وذلك من خلال تقييم الأنبوب نفسه وفق مؤشري الأداء الضبابيين ($I_3 \times I_4$) :

جدول 10 : تقييم الأنبوب الثاني من الشبكة وفق مؤشر الأداء الضبابي (I_3) انطلاقا من مؤشري الأداء الضبابيين ($I_1 \times I_2$)

		I3			
G3	G2	G1	I2	I1	قواعد
		0	0	0	1&1
		0	0,75	0	1&2
		0	0.25	0	1&3
	0	0	0	0,75	2&1
	0.5625		0,75	0,75	2&2
0.04678	0.14062		0.25	0,75	2&3
	0		0	0.25	3&1
0.09375	0.09375		0,75	0.25	3&2
0.0625			0.25	0.25	3&3
0.2	0,8	0			

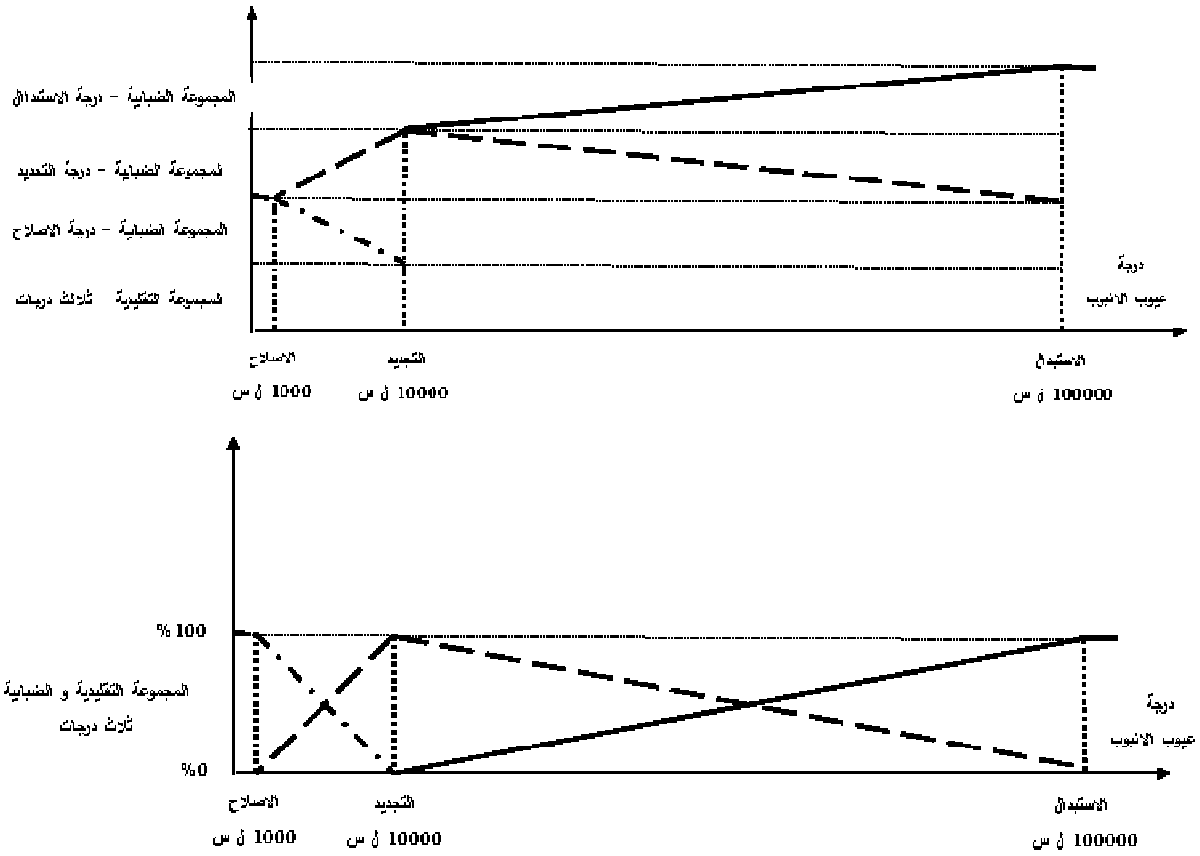
جدول 11 : تقييم الأنبوب الثاني من الشبكة وفق معيار الأداء الضبابي (C) انطلاقا من مؤشري الأداء الضبابيين ($I_4 \times I_3$).

		C			
G3	G2	G1	I4	I3	قواعد
		0	0	0	1&1
		0	0,75	0	1&2
		0	0.25	0	1&3
		0	0	0,8	2&1
	0.6		0,75	0,8	2&2
	0.2		0.25	0,8	2&3
		0	0	0.2	3&1
	0.15		0,75	0.2	3&2
0.05			0.25	0.2	3&3
0.05	0,95	0			

من الملاحظ أن الأنبوب الأول والثاني تم تقييمها وفق المنطق التقليدي درجة ثانية. أي أن كلفة إعادة التأهيل الممكن أن تكون مخصصة للأنبوب الأول والثاني يمكن أن تكون حوالي 10000 ل س بالحالتين. و من الملاحظ أيضا أن الأنبوب الأول تم تقييمه تقليديا بدرجة أعلى من تقييمه ضبابيا. وبالتالي سيصرف عليه مبالغ زائدة عن حاجته الواقعية لإعادة التأهيل وذلك بحوالي 4950 ل س. أي هناك تكاليف زائدة والتي سببها التقدير الخاطئ بالزيادة لحالة عيوب الأنبوب والتي كان من الممكن توفيرها فيما لو تم التقييم وفق المنطق الضبابي. وأما الأنبوب الثاني فقد تم تقييمه تقليديا بدرجة أدنى بقليل من تقييمه ضبابيا. بمعنى أنه سيتم إعادة تأهيله بكلفة 10000 ل س بينما كلفته الواقعية لإعادة التأهيل 14500 ل س. السؤال المطروح الآن من أجل الأنبوب الثاني أين التوفير فيما لو تم التقييم وفق المنطق الضبابي؟. الجواب هو : أن الأنبوب الثاني تم تقييمه وفق المنطق التقليدي على أساس درجة عيوب أقل من الواقع بقليل (فيما لو تم التقييم وفق المنطق الضبابي). و بالتالي سيتفاقم عيوبه لاحقا وقد تصل بالحد الأدنى إلى

الدرجة بين الثانية و الثالثة نتيجة عدم إعادة تأهيله بالشكل الكافي. و تزداد بالتالي تكاليف إعادة تأهيله لاحقا وقد تصل إلى 50000 ل س بالحد الأدنى . بمعنى أدق أن الأنبوب الثاني فيما لو أعطي حقه بإعادة التأهيل الآن وتم تخصيص مبلغ 14500 ل س وليس 100000 ل س لإصلاحه كان من الممكن توفير حوالي (10000 +50000 – 14500 = 45500 ل س بالحد الأدنى) . ففي كلا الحالتين هناك هدر بالتكاليف ولكن بالحالة الثانية سيكون الهدر أكبر بكثير نتيجة تفاقم العيوب مستقبلا. والناجم عن التقصير بإعادة التأهيل عن حاجته الواقعية لها والذي سببه التقدير الخاطئ بالنقصان لحالة عيوب الأنبوب وذلك نتيجة التقييم وفق المنطق التقليدي.

من اجل بيان أهمية تقييم الشبكة أو جزء منها وفق المنطق الضبابي والانعكاس الايجابي لذلك بتوفير تكاليف إعادة التأهيل سيتم مقارنة تقييم أنابيب الشبكة أو جزء منها وفق المنطق التقليدي والضبابي كما هو مبين بالرسم التالي :



رسم توضيحي 12 : تقدير تكاليف إعادة التأهيل لأنابيب الشبكة وفق المنطق التقليدي والضبابي تبعا لدرجة عيوبها.

- كل الأنابيب التي درجة عيوبها بين إصلاح الأعطاب وتجديد للجزء المعطوب منها ولكن أقرب للتجديد منها للإصلاح (وكذلك الحال بالنسبة للأنابيب التي درجة عيوبها بين تجديد للجزء المعطوب منها واستبدال أقسام من الأنبوب أو كامل الأنبوب ولكن اقرب للاستبدال منها للتجديد) سينم التعامل معها تقليديا بالحالة الأولى على أنها كلها تجديد للأجزاء المعطوبة ويتم صرف المبالغ المخصصة للتجديد وبالحالة الثانية على أنها كلها استبدال لأقسام من

الأنابيب ويتم صرف المبالغ المخصصة لذلك وأما ضبابيا سيتم التعامل معها بدرجات من الإصلاح والتجديد وبالتالي سيتم توفير للأموال ضبابيا عما هو عليه تقليديا.

- كل الأنابيب التي درجة عيوبها بين إصلاح الأعطاب وتجديد للجزء المعطوب منها ولكن أقرب للإصلاح منها للتجديد (وكذلك الحال بالنسبة للأنابيب التي درجة عيوبها بين تجديد للجزء المعطوب منها واستبدال أقسام من الأنبوب أو كامل الأنبوب ولكن أقرب للتجديد منها للاستبدال) سينم التعامل معها تقليديا بالحالة الأولى على أنها كلها إصلاح للأجزاء المعطوبة وبالحالة الثانية على أنها كلها تجديد للأجزاء المعطوبة و بالتالي عدم إعادة تأهيلها بالشكل الكافي بالحالتين و سيصرف عليها مستقبلا مبالغ كبيرة جدا نتيجة ليتفاقم عيوبها. وأما ضبابيا سينم التعامل معها بدرجات من الإصلاح والتجديد بالحالة الأولى وبدرجات من التجديد والاستبدال بالحالة الثانية وبالتالي سيتم هدر للأموال تقليديا بالمستقبل عما هو عليه ضبابيا.

الاستنتاجات والتوصيات:

تعتبر شبكات الصرف الصحي عنصراً هاماً للبشر والبيئة الطبيعية. فبقدر ما نحافظ عليها بإعادة التأهيل الكافية والاقتصادية و المستمرة بدون تأخير بقدر ما نرتقي بأدائها فنيا وبيئيا واقتصاديا. وبالتالي بقدر ما توفر هذه الشبكات الراحة لمستخدميها من السكان وتحافظ على البيئة من التلوث.

إن التخمين الدقيق للأموال المخصصة لإعادة تأهيل شبكة صرف صحي وترشيدها لا يمكن أن يتم إلا بالتقدير الدقيق لدرجات إعادة التأهيل اللازمة لها. والذي بدوره لا يمكن أن يتم إلا بالمعرفة الدقيقة للظروف البنيوية والأداء الوظيفي لها. وهذا لا يمكن أن يتحقق بالاعتماد على التقدير الشخصي والتقريبي للخبراء ولا بالتقييم وفق المنطق التقليدي.

فإعادة التأهيل الاقتصادية للشبكة أو جزء منها يتطلب معرفة بنيتها الإنشائية وأدائها الوظيفي بشكل دقيق. وذلك من خلال مؤشرات أداء ومعايير مقترحة. إلا أن المعلومات اللازمة لتشكيل هذه المؤشرات والمعايير والتي يتم توفيرها من الطبيعة البنيوية (الإنشائية) والظروف الوظيفية (الفنية) لأنابيب الشبكة من الصعب تحديدها بدقة نتيجة الغموض الذي بشوبها. فيأتي المنطق التقليدي المستخدم لتقدير الأداء البنيوي والوظيفي للشبكة ليزيد من هذا الخطأ بالتقدير وبالتالي يزيد من التكاليف اللازمة لإعادة التأهيل. وأما المنطق الضبابي يخفف من الغموض والخطأ بالتقدير ويزيد من دقته وهذا ما يزيد من دقة تقدير درجات إعادة التأهيل وبالتالي الأموال المخصصة لها حاليا ومستقبلا ويوفر منها.

إذ إن كلفة إعادة التأهيل المخصصة للأنابيب التي تم تقييمها وفق المنطق التقليدي أعلى بجميع الأحوال من كلفة إعادة التأهيل المخصصة للأنابيب نفسها ولكن سيجري تقييمها وفق المنطق الضبابي. وهنا لابد من التمييز بين حالتين :

الحالة الأولى : تخص الأنابيب المقيمة تقليديا بدرجة أعلى من تقييمها ضبابيا. وبمعنى آخر التقدير الخاطئ بالزيادة لحالة عيوب الأنبوب. وهنا سيصرف مبالغ زائدة عن حاجة الأنابيب الواقعية لإعادة التأهيل. ويمكن أن نطلق على هذه الحالة **بالخطأ الايجابي**.

الحالة الثانية : تخص الأنابيب المقيمة تقليديا بدرجة أدنى من تقييمها ضبابيا. وبمعنى آخر التقدير الخاطئ بالنقصان لحالة عيوب الأنبوب. وهنا سيتفاقم عيوب الأنابيب نتيجة التعامل معها بإعادة التأهيل على أساس درجة

عيوب أقل من الواقع وبالتالي عدم إعادة تأهيلها بالشكل الكافي والدقيق. وهنا سيصرف مستقبلا مبالغ كبيرة جدا مقارنة مع الحالة الأولى نتيجة تفاقم وضع العيوب. ويمكن أن نطلق على هذه الحالة **بالخطأ السلبي**.

<u>بالنسبة للتوصيات يمكن تلخيصها بالنقاط التالية والتي يمكن العمل عليها بمقالات اخرى :</u>

1. إعادة تعريف درجات التقييم لمؤشرات الأداء (I_1, I_2, I_4) من المنطق التقليدي إلى مجالات معرفة وفق المنطق الضبابي. بمعنى آخر تعريف تابع التقييم الضبابية لأنبوب ما من الشبكة تبعا :
   - لمنسوب مياه الصرف بالأنبوب (I_1)
   - لاتساع مساحة الثقب (I_2)
   - لطبيعة المنطقة المحيطة (I_4)
2. يمكن العمل أكثر لتحديد القواعد المتبعة لتقييم مؤشر أداء ضبابي مركب والناتج عن تركيب مؤشري أداء ضبابيين بسيطين وذلك بمساعدة الخبراء المختصين.
3. يمكن العمل أيضا لتحديد المعاملات الرياضية الأنسب للتعبير عن علاقات التقاطع والاجتماع المستخدمة بمراحل مقدمة الشرط – نتيجة الشرط لكل قاعدة وبمرحلة تجميع النتائج لكل القواعد.
4. إعادة العمل على المعايير الأخرى المعرفة بالمشروع الفرنسي بما يناسب الواقع الوطني وذلك بتشكيل المعايير و تعريف درجات التقييم لها وفق المنطق الضبابي.
5. أخيرا يمكن القول إن هذه الدراسة يمكن تطبيقها لتحاكي نوعاً آخر من البنى التحتية كإعادة التأهيل للطرق والسدود ...الخ.

المراجع :

[1] FHWA (1999). Asset Management Primer [en ligne]. U.S. Department of Transportation-Federal Highway Administration Office of Asset Management, Disponible sur : http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/amprimer.pdf.

[2] LE GAUFFRE, P.; JOANNIS, C.; VASCONCELOS, E.; BREYSSE, D.; GIBELLO, C.; DESMULLIEZ, J.J. *Performance Indicators and Multicriteria Decision Support for Sewer Asset Management*. Journal of Infrastructure Systems U.S.A, ASCE,13(2), June 2007, 105-114.

[3] LE GAUFFRE, P.; IBRAHIM, M.; CHERQUI, F.. *Sewer asset management: fusion of performance indicators into decision criteria*. In Cabrera & Pardo (ed.) Performance Assessment of Urban Infrastructure Services. Drinking water, waste water and solid waste. London (UK) : IWA publishing, (2008), 195-205.

[4] ZADEH, L.A. (2005). What is fuzzy logic and what are its applications? Disponible sur http://www.eecs.berkeley.edu/IPRO/Summary/03abstracts/zadeh.13.html